

مجموعه مقالات



دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی (آب، سیل و محیط زیست)

2nd National Conference on Natural Resources Management
(Water, Flood and Environment)



اتحادیه تعاونی های
کشاورزی و منابع طبیعی
و آبخیزداری استان گلستان



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی



پارک علم و فناوری گلستان
Golistan Science & Technology Park



وزارت نیرو
شرکت سهامی مدیریت
منابع آب ایران
شرکت سهامی آب
منطقه ای گلستان



دانشگاه علوم کشاورزی
و منابع طبیعی



اداره کل هواشناسی استان



Sponsored and Indexed by
CIVILICA
We Respect the Science





دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی (آب، سیل و محیط زیست)



۲۳ آبان ۱۳۹۸



۲۳ آبان ۱۳۹۸

مجموعه مقالات کامل

دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی

(آب، سیل و محیط زیست)

دانشگاه گنبد کاووس

۲۳ آبان ماه ۱۳۹۸

جلد اول

کد مقالات ۱۰۰-۲۰۰



دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی (آب، سیل و محیط زیست)



۲۳ آبان ۱۳۹۸

دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی

(آب، سیل و محیط زیست)

۲۳ آبان ماه ۱۳۹۸

رئیس همایش: دکتر ابوالفضل طهماسبی

نائب رئیس: دکتر علی ستاریان

دبیر علمی: دکتر معصومه فراستی

دبیر اجرایی: دکتر فاخرک طلیعی

برگزارکنندگان همایش:



با همکاری:



کمیته داوران دومین همایش ملی مدیریت منابع طبیعی



دانشگاه گنبد کاووس	دکتر ابوالفضل طهماسبی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر امین محمدی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر سید مرتضی سیدیان
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر مجید محمد اسمعیلی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر ابوالحسن فتح آبادی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر نادر جندقی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر مجتبی قره محمودلو
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر بهاره بهمنش
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر علی نخزری مقدم
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر لیلا آهنگر
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر ابراهیم غلامعلی پور علمداری
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر معصومه نعیمی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر علی راحمی کاریزکی
دانشگاه گنبد کاووس	دکتر مرتضی موسوی نوکده
اداره شهرداری تهران	مهندس علیرضا طاهری زاده
اداره شهرداری تهران	مهندس مریم عباسی
دانشگاه فسا	دکتر مهدی بهرامی
دانشگاه فسا	دکتر اسفندیار جهانتاب
دانشگاه رازی	دکتر سهیلا آفابیگی
اداره منابع طبیعی	مهندس حسن فرامرزی
دانشگاه شاهرود	دکتر مهدی دلقندی
دانشگاه شهید چمران اهواز	دکتر امیر سلطانی محمدی
اداره آب منطقه ای استان گلستان	دکتر محمد نوری
اداره آب منطقه ای استان گلستان	دکتر بختیار فتاحی
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان	دکتر مهدی ذاکری نیا
اداره آب منطقه ای استان گلستان	مهندس حسن فرازجو

کمیته اجرایی همایش



سید محمدرضا میراکبری	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
محمدحسین میردار وطن	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
میلاذحسینی	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
آزاده اسمعیلی	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
توحید یحیایی	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
احمدرضا بای	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
فرهاد قزلجه	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
بهنام اصغری	دانشجوی کارشناسی مهندسی آب
علی تنهایی	دانشجوی کارشناسی زراعت
بهزاد نعیمی	دانشجوی کارشناسی زراعت
شهرام قاسمی	دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت
سمیه غزنوی	دانش آموخته مهندسی منابع طبیعی - آبخیزداری
حسن مازنی	دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری - سیلاب رودخانه
علی رادکانی	دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری - حفاظت آب و خاک

فهرست مقالات

عنوان	شماره صفحه
۱۰۱- ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در استان خراسان رضوی با تکنیک شبکه‌بندی	۱۰۱
۱۰۲- تأثیر تغییر کاربری و تغییر اقلیم بر خطر وقوع سیلاب در حوزه آبخیز کلات	۹
۱۰۳- کاربرد تحلیل مقایسه کارکرد در بررسی خلأ عملکرد گندم در شمال شرق استان گلستان	۱۷
۱۰۴- مستندسازی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد گندم	۲۲
۱۰۵- آنالیز خط مرزی خلأ عملکرد گندم تحت تأثیر کود در شهرستان کلاله	۲۷
۱۰۶- شناسایی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای نظام مربوط به بهره‌وری آب در سطح دشت استان قزوین با استفاده از مدل SWOT	۳۲
۱۰۷- مقایسه پاسخ لرزه‌ای در بدنه سدهای خاکی دارای مخزن خالی بلند مدت در دوره پس از خشکسالی و قیاس آن با طراحی استاندارد	۴۱
۱۰۸- اثر تنش‌های شوری و خشکی بر دو گونه یونجه (MEDICAGO SCUTELLAT و MEDICAGO SATIVA) در مرحله گیاهچه	۵۰
۱۱۰- بررسی نقش تشکیلات زمین شناسی بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک	۵۵
۱۱۱- بررسی تأثیر چاله‌های فرسایشی ژئومورفولوژیکی در کاهش دبی سیلاب	۶۲
۱۱۴- بررسی تأثیر پساب مغناطیس شده و مدیریت آبیاری بر شوری خاک تحت کشت برنج	۷۰
۱۱۵- بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب به روش آبیاری زیرزمینی در گیاه برنج	۷۶
۱۱۷- ارائه راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف آب شهری مشهد	۸۲
۱۱۸- تأثیر آب نامتعارف بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه	۹۸
۱۱۹- شبیه‌سازی تغییرات دمای بیشینه و کمینه ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان طی دوره (۲۰۹۹-۲۰۱۰) با استفاده از مدل CANESM2	۱۰۳
۱۲۰- تجارب ملی و بین‌المللی در زمینه پایش و بهبود بهره‌وری آب	۱۰۹
۱۲۱- بررسی مدیریت ریسک وقوع خشکسالی در اثر تغییر اقلیم	۱۱۷
۱۲۲- (بررسی تغییرات شاخص‌های جریان سیال در سدهای خاکی پس از خشکسالی بلندمدت)	۱۲۲
۱۲۳- مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نامتعارف	۱۲۷
۱۲۴- مطالعه اثر کودهای مختلف بر عملکرد دانه کلزا در شمال شرق استان گلستان	۱۳۲
۱۲۵- بررسی تأثیر انواع کود بر عملکرد روغن دانه کلزا رقم هایولا ۵۰ در شرایط اقلیمی گنبدکاووس	۱۳۶
۱۲۶- بررسی اقدامات مؤثر در مدیریت دام و طیور در قبل و بعد از سیل	۱۴۰
۱۲۷- بررسی و تحلیل اثرات اجتماعی و زیست محیطی ناشی از سیلاب‌ها	۱۴۴
۱۲۹- برآورد دمای کمینه و دمای بیشینه شهرستان بیرجند با استفاده از سناریوهای انتشار ۴/۵ و ۸/۵ و مدل‌های گزارش پنجم	۱۵۵
۱۳۰- پیش‌بینی بارش ایستگاه بیرجند با استفاده از سناریوهای انتشار ۴/۵ و ۸/۵ و مدل‌های گزارش پنجم	۱۶۴

- ۱۳۱- ارزیابی و مدیریت خطر سیلاب در محیط شهری ۱۷۲
- ۱۳۲- بررسی نوع خاک و کاربرد آن در عملیات جاده سازی در طرح جنگلداری واشمرد ۱۸۱
- ۱۳۳- ارزیابی پنج روش محاسباتی تبخیر و تعرق مرجع با روش FAO-56 در برخی مناطق ایران ۱۸۷
- ۱۳۴- مقایسه زنده‌مانی برخی از درختان مقاوم به خشکی تحت سیستم‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی ۱۹۲
- ۱۳۵- تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات زراعی شمال استان سیستان و بلوچستان ۱۹۸
- ۱۳۶- تعیین بهره‌وری مصرف آب و عملکرد چای ترش در سطوح مختلف آبی ۲۰۲
- ۱۳۸- فناوری‌های نوین احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین ۲۰۶
- ۱۴۱- روش‌های نوین و سنتی حفاظت آب و آبیاری در مناطق خشک و بیابانی ایران ۲۱۲
- ۱۴۲- مطالعه عددی رفتار خود پالایی رودخانه کارده مشهد (ایران) ۲۱۸
- ۱۴۳- مکانیزم شکست سیل‌بند، تقویت سیل‌بند و تأثیرات شکست سیل‌بند بر سازه ۲۲۳
- ۱۴۴- مدل‌سازی سرریز جانبی غیر خطی در کانال فرعی با استفاده از نرم افزار FLOW3D ۲۳۰
- ۱۴۷- محصولات دارویی، نسل جدید آلاینده‌های پساب شهری (مطالعه موردی: آموکسیسیلین) ۲۳۸
- ۱۴۸- مروری بر روش‌های حذف ترکیبات دارویی از پساب با تأکید بر روش جذب سطحی ۲۴۴
- ۱۵۲- بررسی پتانسیل استوانه‌های مضاعف در برآورد میزان نفوذ در شرایط بارش ۲۴۹
- ۱۵۳- اثر سامانه‌های نوین آبیاری بر بهره‌وری آب و عملکرد برنج در کشت مستقیم ۲۵۵
- ۱۵۴- تأثیر سامانه‌های نوین آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در کشت نشائی ۲۶۰
- ۱۵۵- تحلیل تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش بلانی کریدل در ایستگاه سینوپتیک زابل ۲۶۶
- ۱۵۷- اثر سازه‌های آبخیزداری در مدیریت سیلاب ۲۷۴
- ۱۵۹- مروری بر عوامل مؤثر بر رفتار حفاظت از آب کشاورزان ۲۸۴
- ۱۶۰- طبقه‌بندی تناسب اراضی برای محصولات مهم زراعی (منطقه دهلران، استان ایلام) ۲۹۰
- ۱۶۱- معرفی و بررسی نتایج پایلوت سختی‌گیری از آب آشامیدنی به روش کریستالیزاسیون در رآکتور بستر سیالی ۲۹۵
- ۱۶۲- بررسی جامعه گیاهی منطقه حفاظت شده‌ی سد کاخک ۳۰۲
- ۱۶۵- فرسایش کناری رودخانه گدارخوش با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS ۳۰۷
- ۱۶۶- بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز کوپال در تشدید کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز ۳۱۲
- ۱۶۸- تعیین سطح سیلاب در شهرستان‌های سیل‌زده استان خوزستان در فروردین ۱۳۹۸ نسبت به فروردین ۱۳۹۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۳۲۰
- ۱۶۹- بررسی اهمیت حفظ و بهداشت محیط زیست در متون دین اسلام ۳۲۵
- ۱۷۰- ارزیابی آماری داده‌های بارش GPCC با داده‌های مشاهده‌ای در استانهای البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان ۳۲۹
- ۱۷۱- (زیست‌سنجی روغن معدنی روی پوره سن سوم و حشره بالغ شپشک آردآلود مرکبات) ۳۳۵
- ۱۷۲- مطالعه بهره‌وری آب محصولات صیفی‌جات با انتخاب مناسب‌ترین الگوی کشت (مطالعه موردی: دشت سمنان) ۳۴۱

- ۱۷۳- اثرات تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور گونه *ALHAGI CAMELORUM* ۳۴۶
- ۱۷۴- بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژیک گونه‌های هالوفیت گز (*TAMARIX*) در اراضی بیابانی و شور ایران (مطالعه موردی فلات ایران) ۳۴۹
- ۱۷۵- بررسی قابلیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در پایش تغییرات اراضی جنگلی و مرتعی ایران ۳۵۵
- ۱۷۶- تعیین وضعیت رطوبت سطح خاک با استفاده از شاخص‌های گیاهی و دمایی براساس نقش بارندگی ۳۶۱
- ۱۷۷- بررسی میزان تبخیر تعرق واقعی با استفاده از سنجش از دور ۳۶۷
- ۱۷۸- بررسی تغییرات پوشش گیاهی، دما و رطوبت خاک با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور ۳۷۳
- ۱۷۹- معرفی نرم افزارهای کیفیت آب در مورد خود پالایی رودخانه ۳۷۸
- ۱۸۰- تعیین ضریب دبی در سرریزهای مرکب و مرکب قوسی ۳۸۹
- ۱۸۲- تشریح سیل و علل وقوع آن در استان گلستان ۳۹۶
- ۱۸۳- راهکارهای کاهش خسارات سیل در استان گلستان ۴۰۳
- ۱۸۴- تولید پروتئازهای قلیایی توسط سویه‌های آلکالوفیل تثبیت‌شده *باسیلوس پسودوفیرموس MSB4* و *MSB22* با هدف زیست پالائی ضایعات پروتئینی ۴۰۸
- ۱۸۵- اثر جریان سد بر آلودگی فلزات سنگین در حواشی سد زاینده رود ۴۱۲
- ۱۸۶- مقایسه اثر تنش ناگهانی دمای پایین ریشه و قسمت هوایی بر میزان بازیابی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گوجه فرنگی ۴۲۰
- ۱۸۷- پهنه‌بندی شاخص کیفی و نیترات در آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود ۴۳۱
- ۱۸۸- ارزیابی مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی - ژنتیک (ANN-GA) جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه ۴۳۸
- ۱۸۹- مطالعه و برآورد انرژی خورشیدی در استان گلستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ۴۴۸
- ۱۹۰- جداسازی و شناسایی تری ترپن از گیاه نوروزک ۴۶۲
- ۱۹۱- برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای، ابزاری جهت تخصیص بهینه منابع آب ۴۶۸
- ۱۹۲- بهره‌وری و کارایی مصرف منابع آب به کمک برنامه‌ریزی درجه دوم فازی ۴۷۳
- ۱۹۳- تأثیر کاربرد همزمان زئولیت و پرلیت در خاک جهت نگهداشت آب، کاهش نیاز به کود ۴۷۸
- ۱۹۴- بررسی اثر الیسیتورها بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رنگیزه‌های فتوسنتزی زوفا (*HYSSOPUS OFFICINALIS L.*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری ۴۸۶
- ۱۹۵- رتبه بندی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شمال کشور: کاربرد روش سلسله مراتبی فازی ۴۹۱
- ۱۹۶- درس آموخته‌ها و تجارب سیلاب فروردین ۹۸ استان گلستان ۴۹۹
- ۱۹۷- ارزیابی مدل‌های تجربی در برآورد رواناب سالانه در حوزه آبخیز طغرود ۵۰۸
- ۱۹۹- بررسی معادلات تجربی محاسبه زمان تمرکز در حوزه آبخیز سولقان-زوفا ۵۱۴
- ۲۰۰- تنوع مورفولوژیکی درمنه دشتی در مراتع استپی خراسان جنوبی ۵۱۹

ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی در استان خراسان رضوی با تکنیک شبکه‌بندی

علیرضا اولیایی^۱، تیمور تیموریان^{۲*}^۱ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه تهران* و ^۲ رایانامه نویسنده مسئول: t.teimurian@ut.ac.ir

چکیده

در حال حاضر بیابان‌زایی به‌عنوان یک معضل جدی در بسیاری از کشورهای جهان می‌باشد. ارزیابی درست از وضعیت و آسیب‌پذیری بیابان‌زایی، ابزاری مفید برای مدیریت بهتر و تمرکز اقدامات مدیریتی در بخش‌های تحت خطر آن است. در تحقیق حاضر سعی بر آن شده است که با استفاده از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در بیابان‌زایی و تلفیق آن با تکنیک شبکه‌بندی، به اولویت‌بندی مکانی خطر این پدیده به منظور مدیریت پایدار در استان خراسان رضوی پرداخته شود. به همین منظور عوامل مختلف محیطی در غالب پنج معیار اصلی اقلیم، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، واحدهای زمین‌شناسی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دسته‌بندی گردید. با توجه به مقایسه زوجی معیارهای به‌کار گرفته شده و بررسی‌های انجام گرفته بر روی این معیارها، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در شناسایی پتانسیل آسیب‌پذیری بیابان‌زایی منطقه، به ترتیب معیارهای اقلیم و کاربری اراضی با اهمیت وزنی ۰/۴۱۲، ۰/۲۵۹ تعیین گردید. سپس درون هر شبکه به‌منظور افزایش دقت فاصله تأثیر عوامل مختلف، مقدار احتمالاتی این معیارها مقایسه شد و در نهایت نقشه نهایی با درون‌یابی مجموع شبکه‌ها با ارزیابی دقیق، سریع و جامعی از پتانسیل بیابان‌زایی منطقه به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی، شبکه‌بندی، تحلیل سلسله مراتبی، خراسان رضوی

۱- مقدمه

بیش از یک سوم اراضی کره زمین دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و پدیده بیابان‌زایی در این مناطق در دهه‌های اخیر شدت یافته است (۱۵). به‌طوری‌که در حال حاضر به‌عنوان یک معضل، گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای در حال توسعه می‌باشد، نتایج این فرایند از بین رفتن منابع تجدیدشونده در هر یک از این کشورهاست. بیابان‌زایی، پدیده‌ای چندعاملی و ناظر به ابعاد مختلف است (۲) و تخریب منابع طبیعی در مناطق خشک یکی از مهم‌ترین فرآیندهای آن است که در مدل‌های مختلف به‌صورت‌های متفاوت به آن توجه شده است (۶). برای ارزیابی و تهیه نقشه‌ی بیابان‌زایی، مدل‌های منطقه‌ای زیادی در داخل و خارج کشور طراحی شده است که خاص همان منطقه است و برای به‌کارگیری آن‌ها باید با شرایط جدید منطقه‌ای، تطبیق داده شود (۱۰). انتخاب بهترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی براساس معیارهای مؤثر، تأثیر بسزایی در تصمیم‌سازی مدیران مناطق بیابانی دارد (۹). سیلاخوری و همکاران (۸) مناسب‌ترین روش برای تعیین شدت خطر بیابان‌زایی را استفاده از مدل‌های تجربی می‌دانند.

۱ - فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

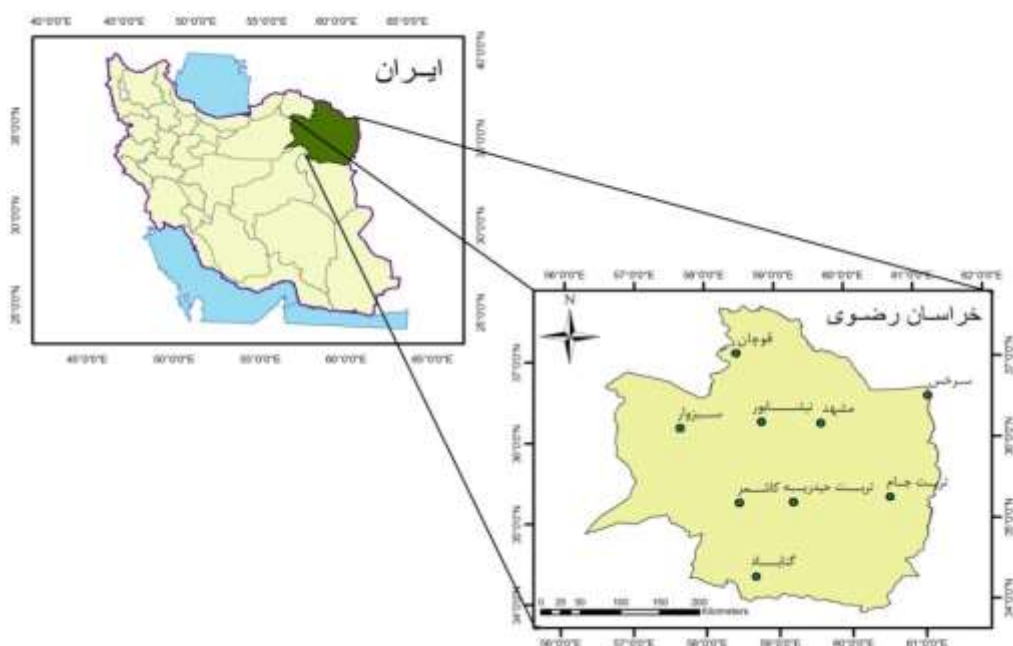
* و ۲ - نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی برای پشتیبانی تصمیم‌گیری طی چند دهه اخیر ارائه شده است. مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی معمولاً شامل مجموعه‌ای از موقعیت‌های مکانی است که می‌باید براساس چندین معیار مختلف ارزیابی شوند. پردازش‌ها و تجزیه و تحلیل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در سیستم اطلاعات جغرافیایی را می‌توان به منزله فرایندی که داده‌های مکانی و مقادیر ارزیابی‌ها را با هم ترکیب می‌کند، در نظر گرفت (۱۴). به عبارت دیگر آنالیز تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی (SMCDA) مدلی مشخص برای بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌های مکانی ارائه می‌دهد که تحقیقات بسیاری نیز تاکنون روی آن‌ها صورت گرفته است (۳). روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ابزاری توانمند جهت مرتب‌کردن معیارها در ساختار درخت تصمیم‌گیری است که با استفاده از جدول تعیین ارزش نظری ساعتی و بر پایه نظرات کارشناسی می‌توان ارزش و اهمیت نسبی معیارها را مشخص نمود (۷).

برای شناخت بیابان‌های ایران ضروری است علاوه بر دیدگاه عوامل اقلیمی، شرایط زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و اکولوژیکی نیز بررسی شود (۱). لادپاس و همکاران (۱۳) و حسین‌زاده و همکاران (۴) از شش شاخص محیطی از جمله اقلیم، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، کاربری اراضی برای تعیین شدت بیابان‌زایی استفاده کردند. شیا و آنتونی (۱۶) و یانگ (۱۷) اثر کاربری اراضی را بر بیابان‌زایی بررسی کردند. استفاده از روش شبکه‌بندی و تلفیق آن با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعات و مدل‌سازی‌های زیست‌محیطی و هیدرولوژی موفقیت بالایی را نشان داده است (۵، ۱۲). در تحقیق حاضر سعی بر آن شده است که با استفاده از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بیابان‌زایی و تلفیق آن با تکنیک شبکه‌بندی، به اولویت‌بندی مکانی خطر بیابان‌زایی به‌منظور ارائه راه‌حل‌های بهینه و مدیریت پایدار در استان خراسان رضوی پرداخته شود.

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی در این پژوهش را استان خراسان رضوی با مساحت در حدود ۱۴۵ هزار کیلومتر مربع تشکیل داده است. این استان به‌عنوان چهارمین استان پهناور کشور در شمال شرقی کشور و در محدوده مختصات ۵۵ تا ۶۱ درجه طول شرقی و ۳۰ تا ۳۸ درجه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱).



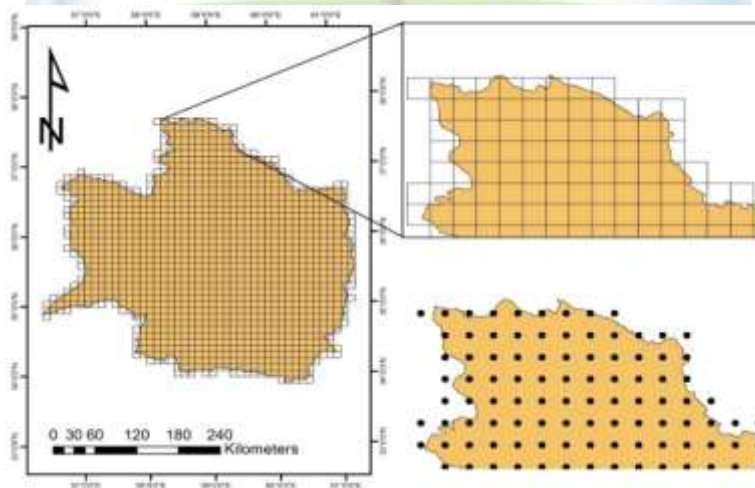
شکل (۱) نقشه منطقه مورد مطالعه

به منظور تهیه نقشه خطر بیابان‌زایی به صورت کمی، از داده‌های بارش، دما، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و داده‌های کیفیت آب زیرزمینی استفاده گردید. بدین منظور نقشه پنج معیار اصلی، که بیشترین نقش را در پدیده بیابان‌زایی ایفا می‌کنند، تهیه گردید و به هر طبقه آن وزن مناسبی اعمال گردید. برای مقایسه گزینه‌های مورد نظر، با توجه به معیارها و زیرمعیارهای انتخاب‌شده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در روش مقایسه زوجی، معیارها بر اساس نظر کارشناسی دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین گردید. مقایسه لایه‌ها با همدیگر و تعیین ارزش نسبی هر کدام توسط چندین کارشناس انجام گرفت. با توجه به ارجحیت لایه‌ها نسبت به یکدیگر، وزن‌دهی صورت گرفت و از متوسط مقایسات برای به دست آوردن وزن لایه استفاده شد. همچنین وزن هر طبقه با توجه به اهمیت نسبی آن با توجه به هدف، به وسیله مقایسات زوجی تعیین گردید. نتایج این مقایسه‌ها به صورت ماتریس وارد نرم‌افزار Expert Choice گردید و وزن هر لایه، به لایه مربوطه اعمال گردید.

برای بررسی اینکه مقایسه‌های انجام‌شده در فرایند سلسله مراتبی صحیح انجام گرفته باشد، از نرخ سازگاری^۱ استفاده شد. اگر مقدار نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد، نشانگر مقایسات زوجی قابل قبول است (۱۱). در این پژوهش میزان نرخ سازگاری برای معیارها ۰/۰۴ به دست آمد که بیانگر قضاوت‌های درست و سطح قابل قبول در مقایسات زوجی بین معیارها است. شبکه‌بندی منطقه با استفاده از تکنیک Fish Net در محیط ArcMap 9.3 به اندازه سطح منطقه ساخته شد (شکل ۳) و هر کدام از پنج پارامتر مورد نظر در درون هر شبکه محاسبه گردید. نهایتاً با بهره‌گیری از مدل وزنی طبقه‌بندی شده همپوشانی پارامترهای لایه‌های تهیه شده در هر شبکه به صورت جداگانه بر اساس رابطه ۱ انجام شده است:

$$P=W_1S_1 + W_2S_2 + W_3S_3 + \dots + W_nS_n \quad (1)$$

در این رابطه، P وزن حاصل از همپوشانی وزن پارامترها در هر شبکه، W ارزش وزنی هر یک از پارامترهای مورد استفاده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و S ارزش وزنی طبقات هر یک از پارامترها می‌باشد. با بهره‌گیری از روش‌های همپوشانی (وزنی طبقه‌بندی‌شده) بر پایه تکنیک شبکه‌بندی، کلیه لایه‌های مربوط در محیط GIS تلفیق و میان‌یابی گردید و در نهایت نقشه آسیب‌پذیری بیابان‌زایی استان خراسان رضوی به صورت کمی تهیه شد.

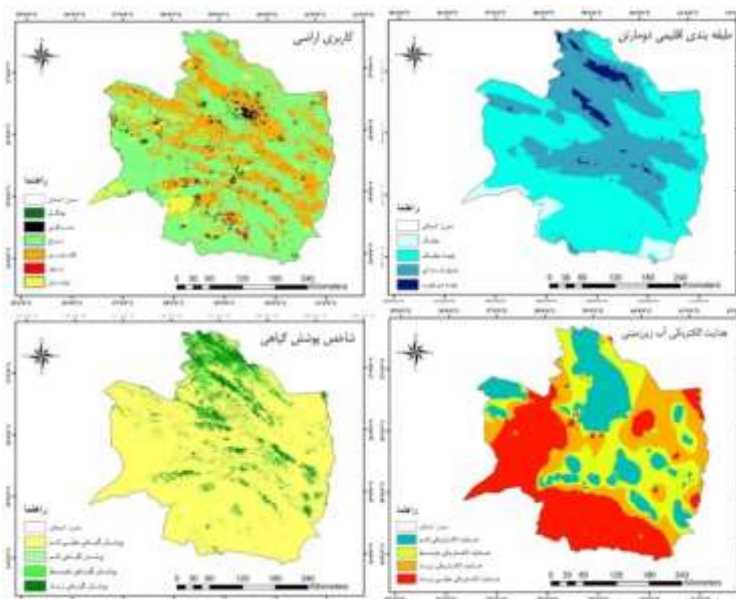


شکل (۳) نقشه شبکه‌بندی منطقه مورد مطالعه

۳- نتایج و بحث

¹ Consistency Ratio

شکل ۳ نقشه عوامل استفاده شده در مدل را نشان می‌دهد. با توجه به معیارهای مهم در فرایند بیابان‌زایی اقدام به مقایسه اهمیت نسبی هر یک از این معیارها گردید که با توجه به نظر کارشناسان، ماتریس مربوط به مقایسات زوجی به صورت جدول ۱ به دست آمد. وزن هر معیار که از ماتریس وزن‌دهی به دست آمد در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل (۲) نقشه عوامل استفاده شده در مدل

جدول (۱) ماتریس مقایسه عوامل مؤثر در فرایند بیابان‌زایی

معیارها	کاربری اراضی	سازند زمین‌شناسی	نوع اقلیم	کیفیت آب زیرزمینی	پوشش گیاهی
کاربری اراضی	۱	۳	۰/۵	۴	۲
سازند زمین‌شناسی	۰/۳۳۳	۱	۰/۲۵	۳	۰/۵
نوع اقلیم	۲	۴	۱	۵	۳
کیفیت آب زیرزمینی	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۲	۱	۰/۳۳۳
پوشش گیاهی	۰/۵	۲	۰/۳۳۳	۳	۱



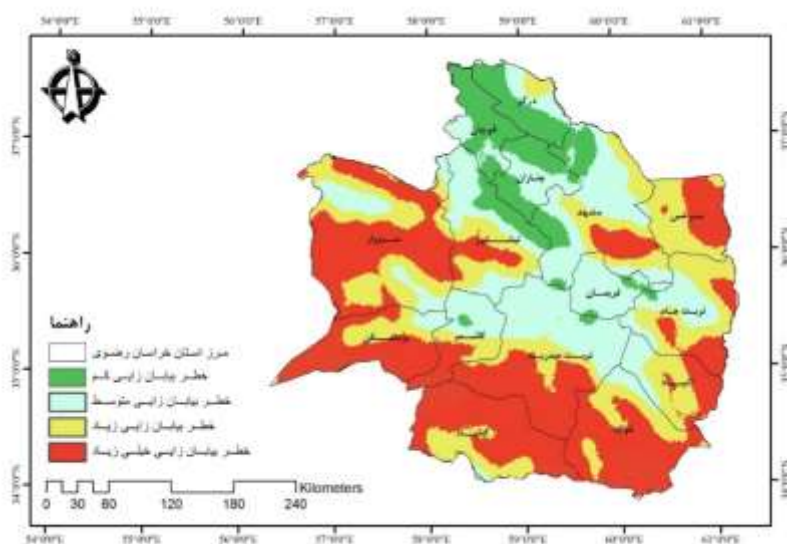
شکل (۴) وزن هر یک از معیارهای مؤثر در خروجی نرم‌افزار Expert Choice

با توجه به مقایسه زوجی معیارهای به کار گرفته شده، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در شناسایی پتانسیل آسیب‌پذیری بیابان‌زایی منطقه، به ترتیب اقلیم، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، واحدهای زمین‌شناسی و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی تعیین گردید که با نتایج فیضی کوشکی و همکاران (۹) که دو عامل فعالیت‌های انسانی و اقلیم را مهم‌ترین عوامل می‌دانند مطابقت دارد. معیار کاربری اراضی در رده بعدی اهمیت قرار دارد. عواملی مانند تبدیل اراضی مرتعی و کم‌بازده به اراضی کشاورزی، و رها کردن این اراضی بعد از یک دوره به دلیل عدم بازدهی مناسب، باعث شده است فرایند بیابان‌زایی روز به روز

سرعت بیشتری به خود بگیرد. اهمیت این معیار با توجه به اینکه تا حد زیادی قابلیت مدیریت دارد، اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. پس از طبقه‌بندی لایه‌های مؤثر در پتانسیل منابع آب زیرزمینی، وزن‌دهی به هر زیرمعیار و طبقه براساس مقایسات زوجی با توجه به هدف صورت گرفت (جدول ۲). درنهایت با ضرب لایه‌های وزن‌دار شده در طبقه‌های هر معیار و تلفیق آنها، نقشه آسیب‌پذیری بیابان‌زایی به دست آمد. شکل ۵ نقشه خطر بیابان‌زایی را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول (۲) وزن هر طبقه در ماتریس مقایسه عوامل مؤثر در فرایند بیابان‌زایی

اقلیم	نام طبقه	خشک	نیمه خشک	مدیترانه ای	نیمه مرطوب
	وزن طبقه	۰/۵۳۹	۰/۲۶	۰/۱۳۹	۰/۶۲
کاربری اراضی	نام طبقه	بیابان	بایر	کشاورزی	مرتع
	وزن طبقه	۰/۳۸۲	۰/۲۵۰	۰/۱۶۰	۰/۱۰۱
پوشش گیاهی	نام طبقه	پوشش خیلی کم	پوشش کم	پوشش متوسط	پوشش زیاد
	وزن طبقه	۰/۴۶۷	۰/۲۷۷	۰/۱۶۰	۰/۰۹۵
زمین شناسی	نام طبقه	خیلی ضعیف	ضعیف	متوسط	مقاوم
	وزن طبقه	۰/۴۱۶	۰/۲۶۱	۰/۱۶۹	۰/۰۹۶
هدایت الکتریکی	نام طبقه	EC خیلی زیاد	EC زیاد	EC متوسط	EC کم
	وزن طبقه	۰/۴۶۷	۰/۲۷۷	۰/۱۶۰	۰/۰۹۵
آب زیرزمینی	نام طبقه	EC خیلی زیاد	EC زیاد	EC متوسط	EC کم
	وزن طبقه	۰/۴۶۷	۰/۲۷۷	۰/۱۶۰	۰/۰۹۵



شکل (۴) نقشه پتانسیل بیابان‌زایی استان خراسان رضوی

در این تقسیم‌بندی، جنوب و شرق استان شامل شهرستان‌های سبزوار، بردسکن، جنوب کاشمر، گناباد، جنوب تربت حیدریه، خواف و قسمت‌های غربی تربت جام، تایباد و سرخس بیشترین پتانسیل را در گسترش بیابانی شدن دارا می‌باشند و حدود ۳۷ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده اند، بنابراین مدیریت و تمرکز بیشتر در این مناطق ضروری می‌باشد. بیشتر از ۵۰ درصد از مساحت استان را بخش‌هایی با پتانسیل بیابانی شدن متوسط و زیاد در بر می‌گیرد که اغلب در قسمت میانی استان خراسان رضوی مشاهده می‌شود که در صورت عدم برنامه‌ریزی صحیح مانند برداشت بیش از حد آب زیرزمینی و کاربری نامناسب می‌تواند به مرحله بعدی وارد گردد. همچنین جنوب شهرستان‌های درگز، قوچان، چناران و شمال شهرستان‌های مشهد و نیشابور به دلیل تمرکز عوامل مناسب مانند بارش خوب، املاح کمتر در آب زیرزمینی، پوشش گیاهی بالا

و سازندهای مناسب کمتر فرسایش پذیر از جمله سازندهای املاح دار، خطری از لحاظ گسترش و ایجاد بیابان در این مناطق ایجاد نمی کند.

در این پژوهش با بهره گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی به علت مقایسات زوجی عاملها در سطح استان خراسان رضوی و با توجه به شرایط ایران، همچنین با اضافه شدن شاخصهای دیگر به این مدل در مقایسه با تحقیقات قبلی، درصد اطمینان برای ارائه شدت بیابان زایی در منطقه بالاتر می رود و خطاهای مربوط به امتیازدهی عاملها به کمترین حد ممکن تقلیل یافت. همچنین استفاده از تکنیک شبکه بندی در تصمیم گیری چندمعیاره مکانی، موجب سیستماتیک کردن تصمیم گیریها می شود که با پژوهش آدیات و همکاران (۱۲) همخوانی دارد.

در این مطالعه بیشترین عامل مؤثر در فرایند بیابان زایی در سطح وسیع، بررسی گردید و سعی بر آن شد با بهره گیری از اطلاعات سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و جمع آوری داده های کامل منطقه، و ارزیابی پارامترها در داخل هر شبکه، به ارزیابی دقیق، سریع و جامعی از وضعیت اکوسیستمی منطقه دست یافت. بنابراین با توجه به موفقیت این مدل در پیش بینی خطر بیابان زایی در منطقه، پیشنهاد می گردد راهکارهایی برای مدیریت بهتر و الگوهای سازگارتر برای مقابله با بیابان-زایی استفاده شود، به طوری که میزان خسارت اقتصادی و زیست محیطی ناشی از آن به حداقل برسد.

۴- منابع و مراجع

۱. احمدی، ح. ۱۳۸۷. ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش بادی). انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۲. اخلاقی، س. ج.، عباسی، ح. ر.، رفیعی امام، ع و درویش، م. ۱۳۹۱. تعیین توان پذیرش جمعیتی سرزمین، معیاری مهم در ارزیابی روند بیابان زایی (مطالعه موردی: استانهای تهران و البرز). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۹ (۳): ۴۹۸-۵۱۱.
۳. چابک بلداجی، م.، حسن زاده نفوتی، م و ابراهیمی خوسفی، ز. ۱۳۸۹. مکان یابی عرصه پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: حوزه آبخیز عشق آباد طبس). علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۳: ۳۸-۳۱.
۴. حسین زاده، م. م.، نصرتی، ک و محمدی، ف. ۱۳۹۳. بررسی عوامل مؤثر بر بیابان زایی، پهنه بندی مناطق آسیب پذیر و پیشنهاد راهکارهای مؤثر برای کاهش پدیده بیابان زایی در منطقه خمین. آمایش سرزمین. ۶ (۱): ۱۵۲-۱۲۹.
۵. رحمتی، ا. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت کمی و مکان یابی مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت قروه - دهگلان). پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. دانشگاه تهران.
۶. زهتابیان، غ. ر و جعفری، ر. ۱۳۸۱. تعیین شدت تخریب منابع آب در منطقه کاشان با استفاده از مدل بیابان زایی. محیط شناسی. ۳۰: ۱۹-۳۰.
۷. سلامی، ه. ۱۳۸۵. تعیین مکان های مناسب جهت احداث سد زیرزمینی در مناطق آذرین با استفاده از دور سنجی (مطالعه موردی: دامنه شمالی کوه های کرکس). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آب شناسی. دانشگاه شهید بهشتی.
۸. سیلاخوی، ا. ا. اوق، م و سعدالدین، ا. ۱۳۹۸. ررسی توزیع مکانی خطر بیابان زایی منطقه سبزوار با استفاده از مدل IMDPA. علوم و تکنولوژی محیط زیست.
۹. فیضی کوشکی، ف. اکبری، م. معماریان، ه و اعظمی راد، م. ۱۳۹۷. ارائه برنامه های راهبردی جهت مدیریت بحران بیابان زایی با استفاده از علم آینده پژوهی. دانش پیگیری و مدیریت بحران. ۸ (۴): ۴۱۵-۴۰۱.
۱۰. محمدقاسمی، س.، زهتابیان، غ. ر و احمدی، ح. ۱۳۸۷. ارزیابی شدت بیابان زایی منطقه زابل از منظر معیار آب با مدل مدالوس. منابع طبیعی. ۸۰: ۶۷-۶۰.
۱۱. مهرگان، م. ر. ۱۳۸۳. پژوهش عملیاتی پیشرفته. چاپ اول. انتشارات کتاب دانشگاهی، تهران.
12. Adiat, K. A. N. Nawawi, M. N. M. and Abdullah, K. 2012. Assessing the accuracy of GISbased elementary multi criteria decision analysis as a spatial prediction tool – A case of predicting potential zones of sustainable groundwater resources. Journal of Hydrology. 441: 75–89.
13. Ladias, G. Todofvica, M. and Trisorio-Liuzzi, G. 2002. Characterization of area sensitive to desertification in Sotern Italy . Proc. of the 2 Conf. on new trend in water and environmental engineering for safety and life, Eco-compatible solution for aquatic environment. Capri, Italy, pp. 2-14.



14. Malczewski, J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science: 20 (7): 703–726.
15. GEF-IFAD., 2002. Talking land degradation and desertification, GEF-IFAD Partnership, 10 p.
16. Xia, L., and Anthony, C ., 2004. Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. Land Scape and Urban planning, 69: 335-354.
17. Yang, M. Shoaling, W. and Tandong, Y. 2004. Desertification and its relationship with permafrost degradation in Qinghai-Xizang (Tibet) plateau. Cold Region Science and Technology. 39: 47 -53.



Evaluate the potential of desertification in Khorasan Razavi province using gridded technique

Alireza Oliayi¹, Teimur Teimurian^{2*},
^{2.*} t.teimurian@ut.ac.ir

Abstract

Different environmental factors in the form of five main criteria of climate, land use, vegetation, geological units and the electrical conductivity of the ground water was classified. The criteria used for paired compare and analysis conducted on these criteria, the most important factor influencing potential risk of desertification in the region, were determined. Finally, using Impact Factor of the parameters and combined with gridded techniques, to prioritize areas the risk of desertification for sustainable management was studied in Khorasan Razavi province. The most important factor in the identification of potential risk of desertification in the region, respectively a measure of climate, land use with the weight of 0.412, 0.259 was determined. Then, within each grid to enhance the accuracy of the impact of various factors, the probabilities of these criteria was compared. And finally, The final map of the interpolation total grid assessment is accurate, quick and comprehensively of potential desertification showed. Due to the success of the model in predicting the risk of desertification in the region, recommended ways to better management and consistent patterns used to combat desertification, so that the economic and environmental damage caused by its minimized.

Keywords: Desertification, Khorasan Razavi, Gridded technique, Analytical Hierarchy Process

تأثیر تغییر کاربری و تغییر اقلیم بر خطر وقوع سیلاب در حوزه آبخیز کلات

علیرضا اولیایی^۱، تیمور تیموریان^{۲*}^۱ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه تهران

t.teimurian@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به تغییر اقلیم و بروز بارندگی‌های شدید و به تبع آن بروز سیلاب، شهرستان کلات متحمل زیان‌های سنگینی به خصوص در بخش‌های کشاورزی و زیرساخت‌های شهرستان شده است. بدین منظور در این پژوهش سعی گردید با توجه به اهمیت میزان بارش و نوع کاربری در وقوع سیلاب، تأثیر دو عامل تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی در هر زیرحوضه را از لحاظ بروز سیلاب جهت اقدامات لازم شناسایی شود. بدین منظور نقشه کاربری اراضی برای سه دوره گذشته، حال و آینده توسط تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست در محاسبه شد. جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین، روش زنجیره مارکف مورد استفاده قرار گرفت. همچنین به منظور ریزمقیاس‌نمایی اقلیمی از داده‌های بارش روزانه، دمای حداقل و حداکثر و تابش روزانه ۷ ایستگاه سینوپتیک خراسان استفاده شد. تولید داده‌ها توسط مدل LARS-WG ۶ صورت گرفت و مقادیر بارندگی مدل گردش عمومی GFDL-CM3 (GCM) تحت سناریوی RCP 8.5 برای دوره آتی تهیه گردید. نتایج این تحقیق از توسعه اراضی کشاورزی به جای اراضی مرتعی حکایت دارد و همچنین افزایش نوسانات اقلیمی بیانگر افزایش بارندگی در مقایسه با دوره کنونی می‌باشد. در نهایت می‌توان بیان داشت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و تغییر اقلیم به عنوان دو معیار مؤثر متغیر در هر حوضه آبخیز به‌عنوان یک ابزاری مفید در آگاه‌سازی سیاست‌گذاران در خصوص شرایط آبی و مدیران جهت برنامه ریزی بهتر شمرده می‌شود.

واژگان کلیدی: حوزه آبخیز کلات، سیل، تغییر کاربری، تغییر اقلیم

۱- مقدمه

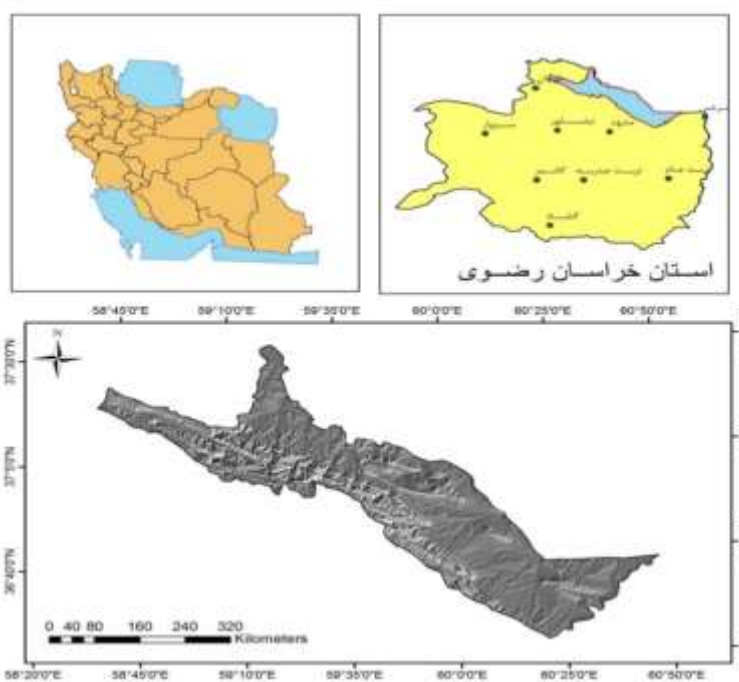
سیلاب، یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب طبیعی است که هر ساله خسارت‌های فراوانی را به دنبال دارد. هر یک از عوامل مؤثر بر رخداد سیلاب، سهم متفاوتی در میزان خطر وقوع آن در سطح حوزه آبخیز دارند، به طوری که می‌توان این عوامل را با توجه به میزان اهمیت هر یک، اولویت‌بندی نمود (۸). در این میان اقلیم و کاربری اراضی به‌عنوان دو عامل تأثیرگذار در وقوع سیلاب محسوب می‌گردند. تغییرات الگوهای کاربری زمین باعث ایجاد تأثیرات گسترده اجتماعی و محیط زیستی می‌گردد که به نوعی با تغییر الگوهای کاربری زمین بر اثر فعالیت‌های انسانی مرتبطاند، لذا درک چگونگی تغییرات کاربری و پوشش زمین به دلیل اثرات گسترده بر محیط زیست، چرخه‌های آبی، زیستگاه‌های طبیعی و مانند این‌ها، حیاتی به نظر می‌رسد. مدل درک این تغییرات بسیار مؤثرند (۵). در این میان تحقیقات گسترده‌ای در زمینه تغییر کاربری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای انجام گرفته است (۳، ۱، ۱۲، ۱۱).

تغییرات شدید اقلیم و توسعه غیراصولی کاربری اراضی موجب نابودی اکوسیستم‌های طبیعی و به تبع آن کاهش توان زیست‌محیطی سرزمین شده‌اند و در پی آن خطر و ریسک سیلاب در جهان افزایش یافته است. در مورد تغییر اقلیم بابائیان و همکاران (۲) با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۱) با

استفاده از روش ریزمقیاس نمایی آماری لارس مدل گردش عمومی CGCM3 و سیمینف و همکاران (۲۰۱۰) از چند روش مدل سازی از جمله LARS-WG استفاده کردند. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر سناریوهای فرضی تغییر کاربری و تغییر اقلیم (مبتنی بر نتایج تحقیقات سازمان‌های ذی‌ربط و آمار مشاهداتی) بر رتبه بندی اولویت زیرحوضه‌ها، در مورد خطر وقوع سیلاب صورت گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز کلات نادری در شمال شرق کشور و در استان خراسان رضوی و و غالباً در زون کپه‌داغ قرار می‌گیرد. چینه-شناسی منطقه مورد مطالعه از دوره اردوویسین مربوط به دوران پالئوزوئیک تا رسوبات دوره کواترنر را شامل می‌شود. مساحت این حوضه ۵۸۶۵ کیلومتر مربع می‌باشد که بین طول جغرافیایی $58^{\circ}63'$ تا $60^{\circ}79'$ شرقی و عرض جغرافیایی $37^{\circ}53'$ تا $36^{\circ}32'$ شمالی قرار گرفته است. ارتفاع کمینه و بیشینه این حوضه به ترتیب ۲۳۶ متر و ۳۰۶۹ متر از سطح دریا می‌باشد. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱) نقشه منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی برای این تحقیق، تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست در تاریخ‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ در نظر گرفته شد. در این پژوهش ابتدا تصاویر ماهواره‌ای از لحاظ هندسی و رادیومتری مورد بررسی قرار گرفتند و پس از انجام تصیحات مورد نیاز جهت افزایش کنتراست و وضوح داده‌های اولیه ماهواره‌ای و تشخیص بهتر پدیده‌های مختلف زمینی، تصاویر رنگی کاذب (FCC) تهیه شد. پردازش و طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ادیسی انجام گرفت. چهار مرحله اصلی در فرآیند طبقه‌بندی شامل تعیین طبقات، تعیین نمونه‌های تعلیمی، انجام طبقه‌بندی و تهیه خروجی می‌باشد. با توجه به منطقه مورد مطالعه چهار طبقه کاربری زمین شامل اراضی جنگلی و اراضی مرتعی، کشاورزی، رخنمون سنگی و مناطق مسکونی برای آن در نظر گرفته شد و نمونه‌های تعلیمی برای آن‌ها در سطح منطقه تهیه گردید. در طبقه-

¹ false colour composite

بندی تصاویر ماهواره‌ای الگوریتم‌های زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرند که بر اساس روابط آماری نمونه‌های تعلیمی عمل می‌نمایند. از آنجاکه یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین طبقه‌بندی در اکثر تحقیقات و مطالعات الگوریتم حداکثر احتمال می‌باشد (جانسون، ۲۰۰۲). از الگوریتم مذکور در طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده استفاده گردید.

برای نشان دادن تغییرات کاربری اراضی، بعد از محاسبه مساحت انواع کاربری‌ها برای تمامی تصاویر، فرآیند آشکارسازی تغییرات کاربری زمین با مقایسه نقشه‌های کاربری زمین تهیه‌شده، انجام می‌گردد. در مطالعه حاضر، نقشه‌های کاربری زمین برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مذکور تهیه شدند. با انطباق دادن نقشه کاربری هر سال مینا با کاربری اراضی سال مینای بعدی مقدار تغییرات محاسبه شد. در این پژوهش به منظور بررسی تغییرات کاربری، از مدل-سازی تغییرات کاربری زمین استفاده شد به این ترتیب که پس از آشکارسازی تغییرات کاربری، جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین، روش زنجیره مارکوف مورد استفاده قرار گرفت که کاربرد گسترده‌ای در مدل کردن تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای مناطق شهری و غیرشهری داشته است (یو، ۲۰۱۱). در روش زنجیره‌های مارکوف فرض می‌شود که تغییر کاربری زمین، روند یا پروسه‌ای تصادفی است که تغییر گروه‌های کاربری زمین به موقعیت آن‌ها برای تغییر بستگی دارد (بالتر، ۲۰۰۰). در تحقیقات مختلفی تغییر کاربری زمین با ماتریس مارکوف به گونه‌ای موفقیت آمیز پیش‌بینی و شبیه‌سازی شده است (لوپز و همکاران، ۲۰۰۱). اساس این روش به این صورت می‌باشد که ابتدا دو نقشه مربوط به دو دوره زمانی مختلف به صورت ماتریسی با یکدیگر مقایسه می‌شوند. به طوری که بر اساس حداکثر احتمال، پیش‌بینی می‌شود که هر پیکسل در هر کلاس با چه احتمالی در همان کلاس مانده یا به کلاسی دیگر تبدیل می‌شود و خروجی آن به صورت یک ماتریس احتمالاتی می‌باشد که نشان‌دهنده میزان احتمال تغییرات در یک کاربری و نیز تبدیل آن به سایر کاربری‌ها می‌باشد.

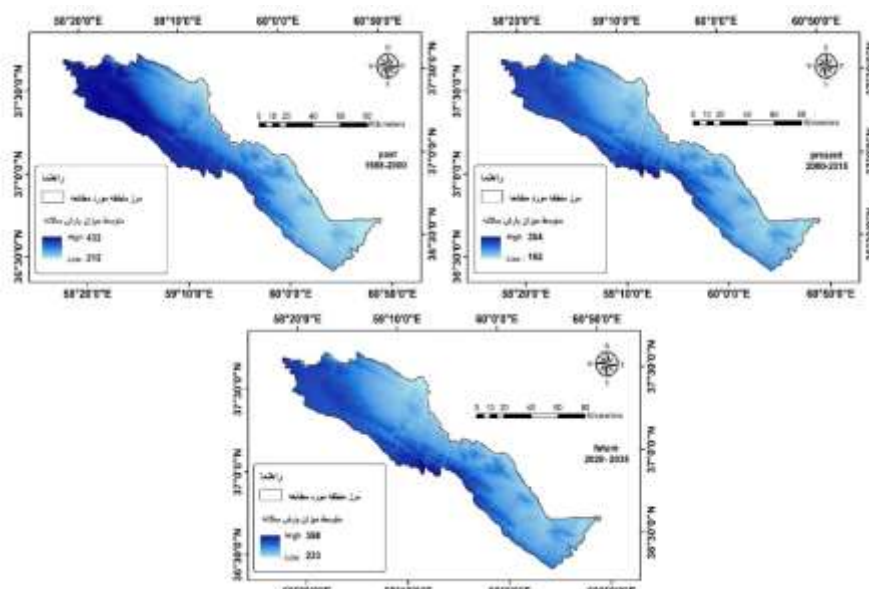
برای انجام این فرآیند، بهتر است نقشه تناسب و یا نقشه احتمال تغییر، تهیه شود. این نقشه، میزان احتمال هر پیکسل را برای تغییر با توجه به متغیرهای مستقل مورد بررسی نشان می‌دهد. مقادیر بالا در این نقشه نشان‌دهنده محل‌های با احتمال تغییر بالاتر برای تغییر است. برای اجرای مدل زنجیره‌های مارکوف، حداقل نیاز به دو تصویر شامل یک تصویر نقشه کاربری اراضی منطقه مورد نظر مربوط به سال شروع فرآیند مدل‌سازی (۱۹۸۷) و یک نقشه کاربری زمین مربوط به سال نهایی مورد نظر (۲۰۱۵) جهت وارد نمودن میزان تغییرات ایجادشده در فاصله زمانی مورد بررسی می‌باشد. پس از تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، مدل زنجیره‌های مارکوف برای دوره زمانی ۱۹۸۷-۲۰۰۱ و ۱۹۸۷-۲۰۱۵ اجرا شد. نتیجه اجرای مدل زنجیره‌های مارکوف، یک نقشه مدل شده از وضعیت طبقات کاربری زمین مورد مطالعه در سال نهایی مدل‌سازی است.

به منظور پیش‌بینی تغییر اقلیم از داده‌های بارش روزانه، دمای حداقل و حداکثر و تابش روزانه ۷ ایستگاه سینوپتیک خراسان استفاده شد. و نقشه نهایی از رگرسیون خطی بین ارتفاع (مدل رقومی ارتفاعی) و داده‌های مشاهداتی و ریز مقیاس شده خروجی نرم افزار LARS-WG 6 استفاده شد. LARS-WG مولد مصنوعی داده‌های آب‌وهوایی است که می‌تواند برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در یک مکان واحد تحت شرایط اقلیم حال و آینده بکار رود. مدل لارس جهت ارزیابی تغییرات اقلیمی در مقیاس دهه‌ای و بالاتر مناسب بوده، به شرطی که هدف از آن پیش‌بینی یک سال خاص نباشد. این مدل رفتار اقلیمی آینده را به طور کلی مدل‌سازی می‌نماید. این مدل رفتارها در بستر یک دوره اقلیمی (دوره‌ای معادل ۳۰ سال) می‌تواند به خوبی مدل‌سازی نماید. تولید داده‌ها توسط مدل LARS-WG در سه مرحله انجام می‌شود که عبارت‌اند از: کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی (۲). در این پژوهش اطلاعات مورد نیاز مدل گردش عمومی (GCM) GFDL-CM3 شامل مقادیر بارندگی و درجه حرارت (حداقل و حداکثر) روزانه در دوره‌های آتی، تحت سناریوی RCP 8.5 تهیه گردید.

پس از ترسیم زیرحوضه‌ها در نرم‌افزار Arc hydro و شناسایی ۵۶ زیرحوضه، به منظور وزن دهی به کلاس‌های مورد نظر، با توجه به معیار کاربری اراضی، بارش و کلاس‌های هر معیار، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در روش مقایسه زوجی، معیارها بر اساس نظر کارشناسی دو به دو با یکدیگر مقایسه و اهمیت آنها نسبت به یکدیگر تعیین می‌گردد. در این روش تمام معیارها با یکدیگر مقایسه می‌شوند و وزن بدست‌آمده برای آنها دقیق‌تر و دارای محدوده بیشتری است. (۹).

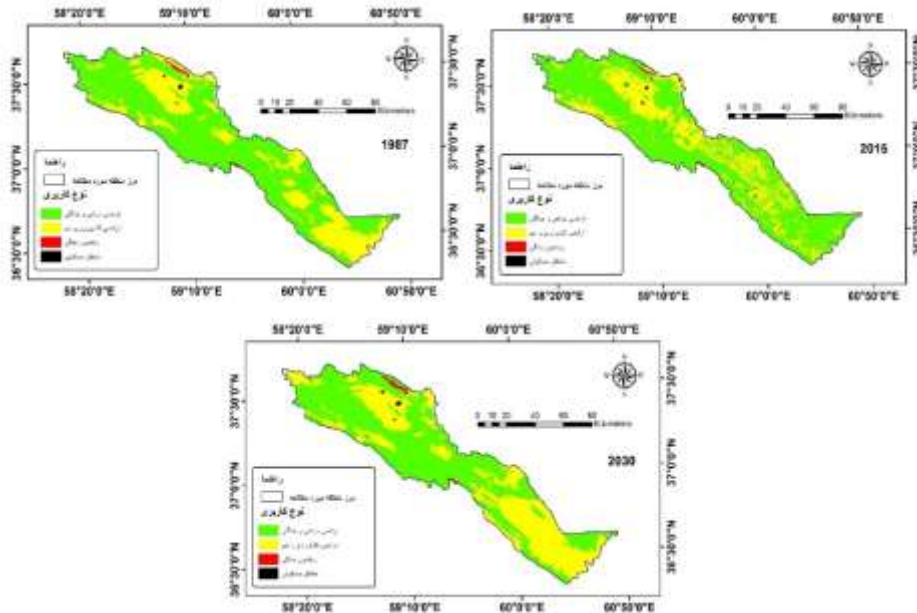
۳- نتایج و بحث

با توجه به داده‌های شبیه‌سازی شده برای ۳۰ سال آینده شاخص‌های مقدار بارش سالانه، بدست آمد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی بارش منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش رگرسیون خطی بین میزان بارش و مدل رقومی ارتفاع در نرم‌افزار Arc GIS ۱۰٫۳ انجام گرفت (شکل ۲).



شکل (۲) متوسط بارش سالانه برای سه دوره مطالعاتی گذشته، حال و آینده در منطقه مورد مطالعه

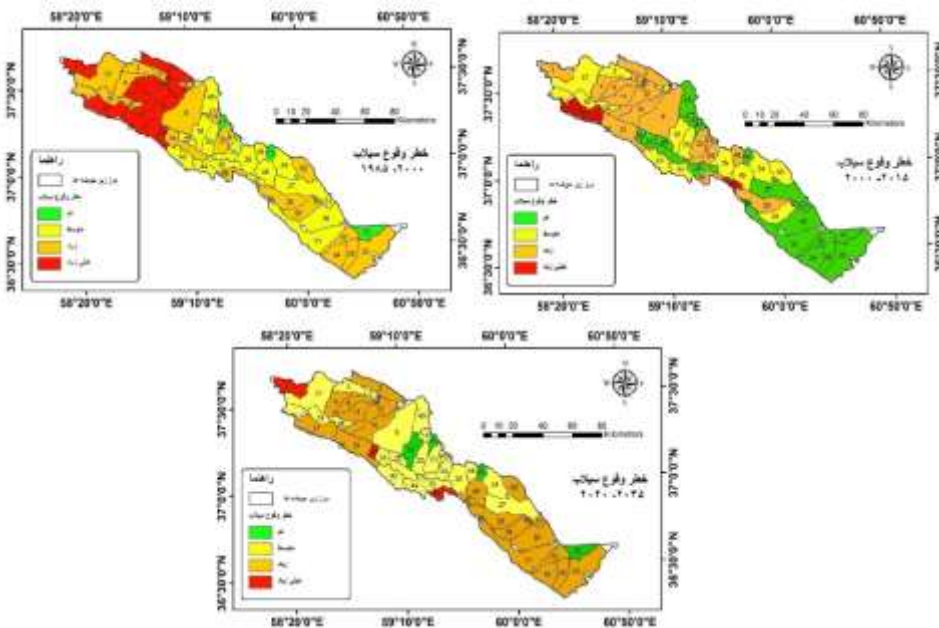
در این مطالعه مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین با روش CA-Markov در بازه زمانی ۳۰ ساله در منطقه مطالعاتی اجرا گردید. برای انجام این مراحل، ابتدا نیاز به تهیه نقشه‌های کاربری زمین چند زمانه برای بازه زمانی مورد نظر بود. این نقشه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد. سپس آشکارسازی تغییرات کاربری زمین برای تعیین تغییرات در انواع کاربری زمین اجرا گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد در منطقه توسعه اراضی کشاورزی و تبدیل مناطق مرتعی و جنگلی به کشاورزی شدت یافته است (شکل ۳). در نهایت با توجه به ضرایب به دست آمده از مقایسه زوجی بین دو معیار کاربری و اقلیم نقشه (جدول ۱) پهنه‌بندی خطر سیلاب در زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه انجام گرفت (شکل ۴).



شکل (۳) تغییرات کاربری اراضی برای سه دوره مطالعاتی گذشته، حال و آینده در منطقه مورد مطالعه

جدول (۱) وزن معیار بارش و کاربری اراضی و طبقات معیارها براساس مقایسات زوجی

خطر سیل خیزی	کلاس کم	کلاس متوسط	کلاس شدید	کلاس خیلی شدید
وزن کلاس بارندگی (۰/۶۷)	کمتر از ۲۲۰ میلیمتر ۰/۹۹	۲۲۰-۲۷۰ میلیمتر ۰/۱۶۱	۲۷۰-۳۲۰ میلیمتر ۰/۲۵۰	بیش از ۳۲۰ میلیمتر ۰/۳۸۲
وزن کلاس کاربری اراضی (۰/۳۳)	جنگلی و مرتعی ۰/۹۶	کشاورزی ۰/۲۲۷	رخنمون سنگی ۰/۲۶۱	مسکونی ۰/۴۱۶



شکل (۴) اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر خطر وقوع سیلاب برای سه دوره مطالعاتی گذشته، حال و آینده

پهنه‌بندی نهایی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در هر یک از زیرحوضه‌های منطقه مورد مطالعه با توجه به تغییرات میزان بارش و تغییر در نوع کاربری بر اساس دخالت وزن‌ها یا ارزش‌های نهایی هر یک از این معیارها و همچنین کلاس‌های هر یک از این معیارها انجام گرفت. در مقایسه زوجی بین دو معیار میزان بارش و کاربری اراضی، معیار بارش با ضریب ۰/۶۷ دارای تأثیر بیشتر نسبت به کاربری اراضی با ضریب ۰/۳۳ می‌باشد. همچنین نتایج تغییر اقلیم نشان می‌داد که بیشترین میزان بارش مربوط به دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۰ می‌باشد که پس از آن در دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ میزان بارش‌ها بسیار کاهش یافته و سپس با یک نوسان این میزان در دوره آتی افزایش خواهد یافت. نتایج نشان دهنده این مطلب است که اکنون منطقه در دوره خشک‌سالی نسبی قرار گرفته است و با نتایج گل محمدی و مساح دوانی (۷) در دهه آینده مطابقت دارد. نتایج حاصل از کاربری اراضی بیانگر این مطلب است که تخریب اراضی جنگلی و مرتعی و تبدیل آنها به اراضی کشاورزی در منطقه با گذشت زمان رو به افزایش است که با نتایج فتحی‌زاد و همکاران (۶) درباره تخریب و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی مطابقت دارد. همچنین باید برای حفظ جنگل‌های یگانه منطقه و نیز برای جبران سوء مدیریتی که تاکنون نسبت به این گنجینه اعمال شده است چاره‌ای اندیشید و در صورت عدم انجام اقدامات مدیریتی مناسب، این سرمایه ارزشمند در مدت‌زمان کوتاهی کاهش چشمگیری خواهد یافت. در نهایت می‌توان بیان داشت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و تغییر اقلیم ابزاری برای حمایت از تجزیه و تحلیل علل و پیامدهای تغییرات در کاربری اراضی و همچنین به‌عنوان یک ارزش در آگاه‌سازی سیاست‌گذاران در خصوص شرایط آتی ممکن، شمرده می‌شود.

۴- منابع و مراجع

۱. آرخی، ص، فتحی‌زاد، ح. ۱۳۹۳. مطالعه و تحلیل تخریب در حوزه آبخیز دویرج استان ایلام با استفاده از متریک‌های اکولوژیکی سیمای سرزمین (سنجش‌ازدور و GIS). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۲۱ (۳): ۴۶۶-۴۸۱.
۲. بابائیان، ا؛ نجفی نیک، ز؛ زابل عباسی، ف؛ حبیبی نوخندان، م؛ ادب، ح و ملبوسی، ش. ۱۳۸۸. ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G. جغرافیا و توسعه، ۱۶: ۱۵۲-۱۳۵.
۳. پیشداد، ل، نجفی‌نژاد، ع، سلمان‌ماهینی، ع.ر. و خالدیان، ح. ۱۳۸۶. بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک در حوضه آبخیز چراغ‌ویس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱: ۸۴-۷۵.
۴. حجازی‌زاده، ز؛ فتاحی، ا؛ مساح‌بوانی، ع؛ ناصرزاده، ح. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر هیدروگراف سیلاب در دوره‌های آتی. فصلنامه جغرافیا، سال دهم، شماره ۳۴.
۵. کامیاب، ح، سلمان‌ماهینی، ع، حسینی، س م، غلامعلی‌فرد، م. ۱۳۹۰. کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شماره ۷۶، ص ۱۱۳-۹۹.
۶. فتحی‌زاد، ح، آرخی، ص، تازه، م. ۱۳۹۲. بررسی روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: منطقه خشک مهران). خشک‌بوم. مقاله ۶، دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۵۶-۶۸.
۷. گل محمدی، م؛ مساح‌بوانی، ع. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره‌سو در دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم. نشریه آب‌و‌خاک. جلد ۲۵، شماره ۲، صفحه ۳۱۵-۳۲۶.
۸. خیری‌زاده آروق، م؛ ملکی، ج؛ عمونیا، ح. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز مردق‌چای با استفاده از مدل ANP. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، ۳۹-ص. ۵۶.
۹. مهرگان، محمدرضا. (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی پیشرفته. چاپ اول. تهران: انتشارات کتاب دانشگاهی.
10. Balzter, H. 2000. Markov Chain Models for Vegetation Dynamics, Ecological Modeling. 126, 139-154..
11. Bracchetti, L., Carotenuto, L., and Catorci, A. 2012. Land-cover changes in a remote area of central Apennines (Italy) and management directions. J. Landscape and Urban Planning. 104: 157-170.
12. Gao, J., Liu, Y., and Chen, Y. 2006. Land Cover change during agrarian restructuring in Northeast China. J. Applied Geography. 26: 312-322.
13. Jansen, L.J.M., Antonio, D.G. 2002. Parametric land cover and land-use classification as tools for environment change detection, Agriculture, Ecosystems and Environment. Volume 91, Issues 1-3, Pages 89-100.

14. López, E., Bocco, G., Mendoza, M., & Duhau, E. 2001. Predicting Land Cover and Land-use Change in the Urban Fringe, A Case in Morelia City, Mexico, *Landscape and Urban Planning*. 55(4), 271–285
15. Semenov, M. A., & Stratonovitch, P. (2010). Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Climate research (Open Access for articles 4 years old and older)*, 41(1), 1.
16. Yu, W., Zang, S., Wu, C., Liu, W., and Na, X. 2011. Analyzing and modeling land use land cover change (LUCC) in the Daqing City, China. *J. Applied Geography*. 31: 600-608.



Investigation of the Effects of land use and Climate Change on the Risk of Flood in the Kalat Watershed

Alireza Oliayi¹, Teimur Teimurian^{2,*},

^{2,*} *t.teimurian@ut.ac.ir*

Abstract

Due to climate change and the occurrence of severe rainfall and because of floods, Kalat city suffers heavy losses, especially in the agricultural sector and the city's infrastructure. For this purpose, in this study, due to the importance of rainfall and land use in the occurrence of flood, it was tried to identify the effect of two factors of climate and land use change in each sub-basin in terms of flood occurrence for the necessary measures. For this purpose, the land use map for the past, present and future periods was calculated by Landsat TM satellite imagery. Markov chain method was used to model land use change. Also, for climatic downscaling, daily precipitation, minimum and maximum temperature and daily radiation of 7 synoptic stations of Khorasan were used. Data generation was performed by Model LARS-WG and GFDL-CM3 GCM precipitation values were prepared under the RCP 8.5 scenario for the upcoming period. The results of this study indicate the development of agricultural land instead of pasture land, as well as the increase of climate fluctuations indicates rainfall increase compared to the current period. Finally, modeling land use change and climate change as two effective variables in each watershed can be considered as a useful tool in policymakers' awareness of future conditions and managers for better planning

Keywords: Kalat Basin, flood, land use change, climate change

کاربرد تحلیل مقایسه کارکرد در بررسی خلأ عملکرد گندم در شمال شرق استان گلستان

محمدشریف نوبتیانی^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، عباس بیابانی^۲، علی منصوری راد^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گنبدکاووس، ^۲ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

*رایانامه نویسنده مسوول: (alirahemi@yahoo.com)

چکیده

این مطالعه به منظور ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شهرستان کلاله با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) انجام گردید. جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز به صورت میدانی و مصاحبه شخصی با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور، ۶۰ مزرعه گندم مناطق دیم شهرستان کلاله به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریت زراعی کاشت، داشت و برداشت باشند. مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد. برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تجزیه مقایسه کارکرد استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، دفعات مصرف قارچ‌کش، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که به ترتیب ۱۴/۹، ۱۴/۳، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سهم هر متغیر در ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول بود. به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

واژگان کلیدی: عملکرد واقعی، گلستان، مدیریت زراعی.

۱- مقدمه

شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد گیاه زراعی می‌تواند سبب برطرف شدن یا کاهش خلأ عملکرد شود. یکی از روش‌هایی که برای کمی کردن خلأ عملکرد استفاده شده، تحلیل مقایسه کارکرد (CPA) است. روش CPA گزینه مناسبی است که با استفاده از آن می‌توان عوامل محدودکننده عملکرد را شناسایی کرده و سپس نسبت به حذف این عوامل کاهنده عملکرد اقدام نمود. در این روش با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام محدودیت‌های عملکرد و در نهایت مدل تولید تعیین می‌شود (۵). با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل، سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلأ عملکرد مشخص می‌گردد (۲).

در یک مطالعه (۴) با روش CPA اثر زمین و جنبه‌های مدیریتی را بر روی عملکرد ذرت مورد مطالعه قرار داد. مدل تولید به دست آمده در این مطالعه ۵۷ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود. همچنین، سلطانی و همکاران (۸) بر اساس روش CPA به ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان پرداختند. نتایج آنان نشان داد که میزان مصرف پتاسیم قبل از کاشت، مصرف نیتروژن پس از کاشت و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۱۸ و ۱۹ درصد در خلأ عملکرد نقش دارند و با بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان عملکرد گندم در گرگان را به میزان ۱۳۴۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. همچنین، نکاحی و

همکاران (۳) به بررسی خلأ عملکرد گندم در شهرستان بندرگز با استفاده از روش CPA پرداخته و عنوان کردند که چهار عامل تراکم، تاریخ کاشت، رقم و عدم استفاده از علف کش تاپیک و گرانستار مهم ترین تأثیر را در خلأ عملکرد گندم داشته اند. در مطالعه دیگری، آبروان و همکاران (۱) عوامل مدیریتی محدودکننده عملکرد کلزا در شرق استان گلستان را با استفاده از روش CPA مورد ارزیابی قرار دادند. آنان بیشترین درصد خلأ عملکرد (۲۵/۵ درصد) را به میزان مصرف کود نیتروژن نسبت دادند به طوری که با حذف این عامل محدودکننده، عملکرد کلزا به میزان ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. با توجه به اهمیت بررسی خلأ عملکرد گندم در منطقه شرق استان گلستان که یکی از مناطق استراتژیک تولید گندم در استان است، این مطالعه به منظور ارزیابی عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شهرستان کلاله با استفاده از روش تحلیل مقایسه کارکرد انجام گردید.

۲- مواد و روشها

شهرستان کلاله با مساحت ۱۷۲۸ کیلومترمربع بین ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی در شرق استان گلستان واقع شده است. اطلاعات مورد نیاز به صورت پیمایشی در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ از روستاهای انتخابی در دوره های مختلف جمع آوری شد. جهت جمع آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد گندم انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور ۶۰ مزرعه گندم واقع در ۱۰ روستا در مناطق دیم شهرستان کلاله انتخاب شدند. عملیات پایش طی فصل رشد محصول و به صورت هفته ای انجام شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریتی زراعی مربوط به عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر مزرعه از طریق مشاهده، ملاقات چهره به چهره با کشاورزان و یا اندازه گیری، تکمیل گردیدند. جهت آنالیز و اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، بعد از برداشت محصولات پائیزه از مزارع انتخابی نمونه خاک تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی خصوصیات هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، درصد ازت کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد رس، سیلت، ماسه و همچنین کلاس بافت خاک اندازه گیری شدند. مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد. جهت تعیین مهم ترین متغیرهای مدیریتی مؤثر بر عملکرد و مدل عملکرد از رگرسیون گام به گام استفاده شد که در این رگرسیون عملکرد در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته لحاظ گردید و سایر متغیرها از قبیل سن و تجربه کشاورز، تاریخ کاشت، تراکم بوته در مترمربع، مدیریت بقایای گیاهی، نوع خاک ورزی، مصرف کودهای پایه و سرک، مقدار مصرف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاس، مصرف آفت کش و علف کش، مصرف کود بیولوژیک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند.

برای تجزیه و تحلیل داده ها از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. در این بررسی ها دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام شده در مزارع گندم و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند، مشخص شدند. برای تعیین میزان خلأ عملکرد و شناسایی عوامل ایجادکننده آن از تجزیه مقایسه کارکرد استفاده شد (۷). در این روش رابطه بین تمام متغیرهای اندازه گیری شده (کمی و کیفی) و عملکرد با استفاده از روش رگرسیون چندگانه مورد بررسی قرار گرفت. در این بخش ابتدا برای تعیین اینکه کدام متغیرها باید در مدل نهایی تولید گنجانده شوند، از گزینش متغیر با استفاده از روش گام به گام استفاده شد (رضایی و سلطانی، ۱۳۸۲). انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد (۶). با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها (xها) در ۶۰ مزرعه بررسی شده در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه و سپس با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده شده متغیرها در مدل، حداکثر عملکرد قابل دستیابی محاسبه شد. اختلاف بین این دو عملکرد به عنوان خلأ عملکرد در نظر گرفته شد. اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان متغیر نشان دهنده مقدار خلأ عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است. نسبت خلأ عملکرد برای هر متغیر به کل خلأ عملکرد، نشان دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلأ عملکرد می باشد و به صورت درصد نشان داده شد (۹).

۳- نتایج و بحث

نتایج حاکی از آن بود که از بین متغیرهای مورد بررسی، مدل (معادله نهایی رگرسیون) با هفت متغیر مستقل انتخاب شد که در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل آورده شده است. این مدل ۶۴ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه نمود ($P < 0.001$) که مدل عملکرد به صورت معادله ۱ بود:

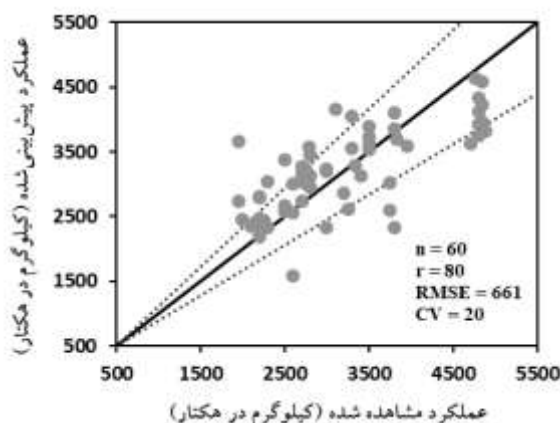
$$Y = 2455.2 + 18.7X_1 - 13.9X_2 + 7.3X_3 + 634.1X_4 + 135.4X_5 + 65.9X_6 + 3.1X_7 \quad (\text{معادله ۱})$$

که در آن Y : عملکرد (کیلوگرم در هکتار)، X_1 : تجربه کشاورز در کشت گندم (سال)، X_2 : میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_3 : میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، X_4 : دفعات مصرف قارچ کش، X_5 : درصد مواد آلی خاک، X_6 : مقدار فسفر قابل جذب در خاک، X_7 : مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک هستند. در جدول ۱ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین تجربه کشاورز در کشت گندم، میزان بذر مصرفی، میزان نیتروژن مصرفی، دفعات مصرف قارچ کش، درصد مواد آلی خاک، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و عملکرد واقعی آورده شده است.

جدول ۱. مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین متغیرهای انتخاب شده در مدل CPA

متغیرها	میانگین	حداکثر	حداقل
تجربه کشاورز (سال)	۲۲/۹	۶۵	۱
میزان بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	۲۰۹/۳	۲۵۰	۱۶۰
میزان نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	۸۵/۴	۱۴۲/۵	۳۴/۵
دفعات مصرف قارچ کش	۱/۱	۲	۱
مواد آلی خاک (درصد)	۰/۶۵	۱/۱۵	۰/۳۵
مقدار فسفر قابل جذب در خاک	۷/۸	۱۷	۱/۲
مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک	۲۲۴/۳	۳۷۸	۵۸
عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار)	۳۱۷۶/۴	۴۸۹۰	۱۹۵۰

شکل ۱ رابطه بین عملکردهای واقعی مزارع و عملکرد تخمین زده شده توسط مدل تولید با ضریب همبستگی ۰/۸۰ را نشان می‌دهد. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب تغییرات مدل به ترتیب ۶۶۱ کیلوگرم در هکتار و ۲۰ درصد می‌باشد. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلأ عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود.



شکل ۱. رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده. خطوط منقطع نشان دهنده اختلاف ۲۰ درصد بالا و پایین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده هستند. خط وسط (ممتد)، خط ۱:۱ می باشد.

در این آزمایش، بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی (به ترتیب ۷۲۴۸ و ۳۱۷۶ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۴۰۷۲ کیلوگرم وجود داشت که از بین متغیرهای مورد بررسی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، دفعات مصرف قارچ کش، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که به ترتیب ۱۴/۹، ۱۴/۳، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سهم هر متغیر در ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول بود. بنابراین به نظر می رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده عملکرد گندم با استفاده از راهکارهایی نظیر استفاده از کودهای پایه بر مبنای نتایج آنالیز آزمون خاک مزارع، استفاده از قارچ کش ها در مراحل حساس رشد گیاه و استفاده از کود سرک و تقسیط مناسب آن می توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

۴- منابع و مراجع

1. Abravan, P., Soltani, A., Majidian, M., and Mohsenabadi, G. (2016). Study of field management factors and underlying reasons limiting yield of oilseed rape in east of Golestan province using CPA method. *Journal of Agroecology*. 7(2), 46-6.
2. De Bie, C.A. (2000). Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands. 234 p.
3. Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siyahmarguee, A., and Bagherani, N. (2014). Yield gap associated with crop management in wheat: Case study, Golestan province-Bandar Gaz. *Electronic Journal of Crop Production*. 7(2), 135-136.
4. Pradhan, R. (2004). The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 52 p.
5. Rezaei, A., and Soltani, A. (2008). Introduction to Applied Regression. Esfahan Jahad Daneshgahi Press. 294p.
6. Soltani, A. (2007). Application of SAS in Statistical Analysis. Mashhad Jahad Daneshgahi Press. 182p.
7. Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, E. (2000). Analysis of the Constraints on Wheat Production in Golestan Province.
8. Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., and Zeinali, E. (2011). Analyzing Wheat Yield Constraints in Gorgan with Comparative Performance Analysis (CPA) method, Golestan. Research Report, Iran.
9. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, A. (2012). Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Journal of Crop Production*. 4(4), 1-17.

Use of Comparative Performance Analysis in evaluation of wheat yield gap in northeast of Golestan Province

Mohammad Sharif Nobatiani¹, Ali Rahemi Karizaki², Abas Biabani², Ali Mansouri Rad²

1. M.Sc. Student of Agronomy at Gonbad Kavus University

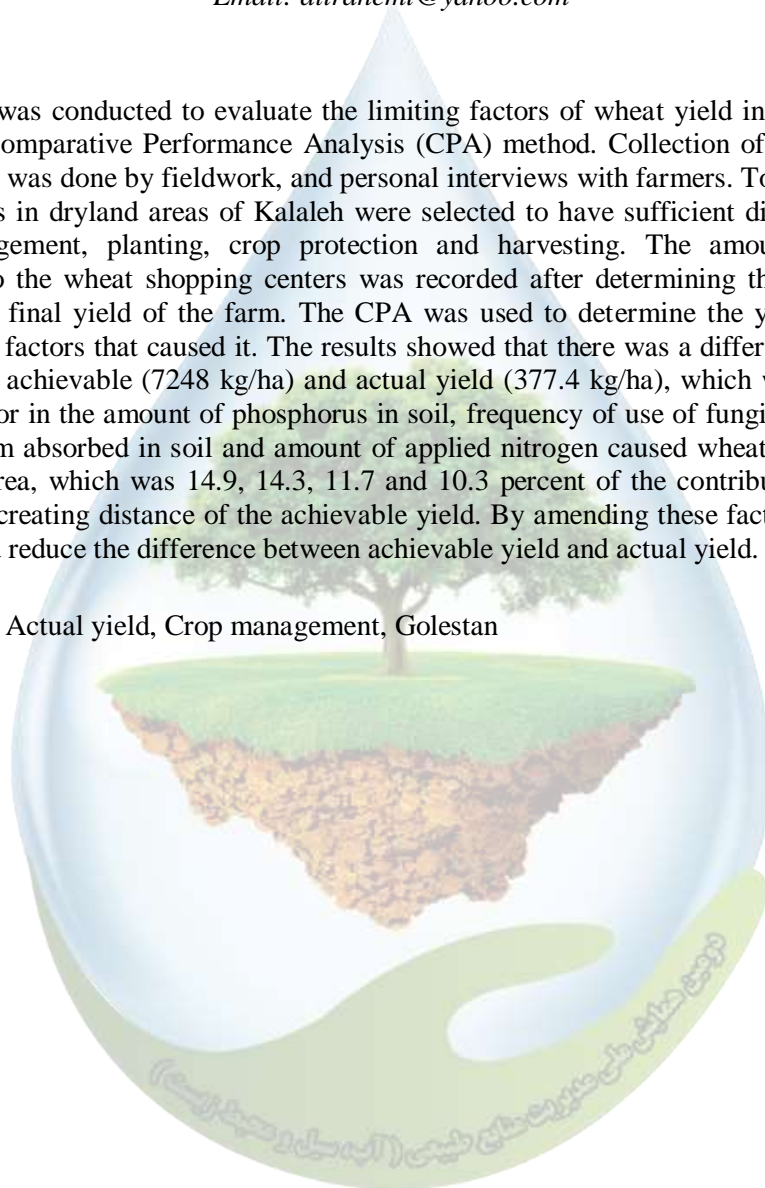
2. Assistant professor, Plant Production Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gonbad Kavus University

Email: alirahemi@yahoo.com

Abstract

This study was conducted to evaluate the limiting factors of wheat yield in Kalaleh city using the Comparative Performance Analysis (CPA) method. Collection of the required information was done by fieldwork, and personal interviews with farmers. To this aim, 60 wheat fields in dryland areas of Kalaleh were selected to have sufficient diversity in all crop management, planting, crop protection and harvesting. The amount of grain delivered to the wheat shopping centers was recorded after determining the amount of drop as the final yield of the farm. The CPA was used to determine the yield gap and identify the factors that caused it. The results showed that there was a difference of 4072 kg between achievable (7248 kg/ha) and actual yield (377.4 kg/ha), which was the most critical factor in the amount of phosphorus in soil, frequency of use of fungicide, amount of potassium absorbed in soil and amount of applied nitrogen caused wheat yield gap in the study area, which was 14.9, 14.3, 11.7 and 10.3 percent of the contribution of each variable in creating distance of the achievable yield. By amending these factors, it seems that it could reduce the difference between achievable yield and actual yield.

Keywords: Actual yield, Crop management, Golestan



مستندسازی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد گندم

محمدشریف نوبتیانی^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، عباس بیابانی^۲، علی منصوری راد^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گنبد کاووس، ^۲ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه گنبد کاووس

*رایانامه نویسنده مسوول: (alirahemi@yahoo.com)

چکیده

یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری از اراضی موجود، شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد و تلاش برای رفع موانع تولید و به تبع آن کاهش خلأ عملکرد می‌باشد لذا این مطالعه به منظور مستندسازی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد گندم در ۶۰ مزرعه شهرستان کلالة واقع در شمال شرقی استان گلستان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. در این مطالعه کلیه اطلاعات مربوط نحوه مصرف کودهای پایه، سرک و خصوصیات خاک ثبت و اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، شش متغیر تجربه کشاورز، میزان مصرف بذر، تعداد دفعات کود دهی و مقدار کودهای مصرفی نیتروژن، فسفر و پتاسه سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند. ۷۵ درصد کشاورزان تجربه کشت ۳۰ سال و یا کمتر از آن را داشتند. در ۵۰ درصد مزارع میزان بذر مصرفی ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار و یا کمتر از آن بود. همچنین، کشاورزان در مزارع مورد بررسی از ۲ تا ۵ مرتبه اقدام به مصرف کودهای شیمیایی نموده بودند و در ۶۵ درصد مزارع در طی فصل رشد گندم، سه نوبت کود مصرف شده بود که بیشترین درصد فراوانی مصرف کودهای شیمیایی را به خود اختصاص داده بود. ۷۵ درصد کشاورزان ۱۰۳ کیلوگرم نیتروژن و یا کمتر از آن مصرف کردند. ۸۵ درصد کشاورزان ۵۰ کیلوگرم فسفر و یا کمتر از آن مصرف کرده بودند و در ۱۷ درصد مزارع کودهای پتاسه مصرف شده بودند.

واژگان کلیدی: بذر، تجربه کشاورز، کود دهی، مستندسازی

۱- مقدمه

با توجه به رشد جمعیت جهان و دو برابر شدن تقاضا برای غذا، با توجه به تغییر عادات تغذیه‌ای، درآمد بالاتر و در نتیجه مصرف بیش‌تر مواد غذایی، ارائه راه‌کارهایی برای افزایش عملکرد گیاهان زراعی اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. تولید جهانی محصولات کشاورزی برای پاسخ‌گویی به تقاضای غذا تا سال ۲۰۵۰ باید تا ۷۰ درصد افزایش یابد (۷). این تقاضای رو به رشد برای غذا در دهه‌های آتی، افزایش پایدار در تولید محصولات کشاورزی را نیاز خواهد داشت (۶). پیش‌بینی ادامه رشد جمعیت و افزایش درآمد سرانه همراه با تقاضای اضافی برای سوخت‌های زیستی، افزایش قابل توجهی را در تقاضای جهانی برای تولید محصولات کشاورزی طی دهه‌های آینده ایجاد می‌کند که ضرورت افزایش تولید محصولات کشاورزی به دلیل رشد جمعیت انسانی مستلزم کاهش خلأ عملکرد است (۹). این پیش‌بینی‌ها موجب احیاء نگرانی‌ها در مورد ظرفیت آینده جهان، جهت تغذیه جمعیت رو به رشد با قیمت‌های مقرون‌به‌صرفه، به‌وجود آمدن سؤالاتی درباره پیش‌بینی‌ها برای تولید محصولات

کشاورزی و بخصوص عملکرد محصول شده است. اصطلاح خلأ عملکرد در مقالات چندین دهه اخیر به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته است. تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد، مبنایی برای شناسایی مهم‌ترین محصول و عوامل مدیریتی و خاکی محدودکننده عملکرد فعلی کشاورزان و نیز بهبود وضعیت فعلی جهت کاهش خلأ عملکرد می‌باشد (۱۰) و همچنین روشی برای افزایش عملکرد محصول و تأمین مواد غذایی است (۸). خلأ عملکرد از طریق اختلاف بین عملکرد پتانسیل و متوسط عملکرد کشاورزان مورد سنجش قرار می‌گیرد (۱۰). به دلیل وجود تنوعی که در زمان و مکان در یک ناحیه جغرافیایی مشخص وجود دارد متوسط عملکرد به صورت میانگین عملکردهای (در مکان و زمان) به دست آمده توسط کشاورزان در منطقه، تحت شیوه‌های مدیریتی مختلف (تاریخ کاشت، رسیدگی رقم و تراکم گیاهی، مدیریت مواد غذایی و حفاظت از محصول) تعیین می‌شود. وجود خلأ عملکرد بزرگ به این مفهوم است که پتانسیل بیش‌تری برای بهبود عملکرد وجود دارد (۵).

سطح کل اراضی زراعی روند نسبتاً یکسانی را در طی این مدت داشته است و با توجه به شرایط اقلیمی کشور و حاکم شدن خشک‌سالی در اکثر مناطق ایران، امکان افزایش سطح کشت عملاً بعید به نظر می‌رسد و می‌بایست تمام سعی و تلاش‌ها در جهت افزایش بهره‌وری از اراضی زراعی موجود باشد که یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری از اراضی موجود، شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد و تلاش برای رفع موانع تولید و به تبع آن کاهش خلأ عملکرد می‌باشد لذا این مطالعه به منظور مستندسازی عوامل مؤثر در خلأ عملکرد گندم در مزارع شهرستان کلاله انجام گردید.

۲- مواد و روش‌ها

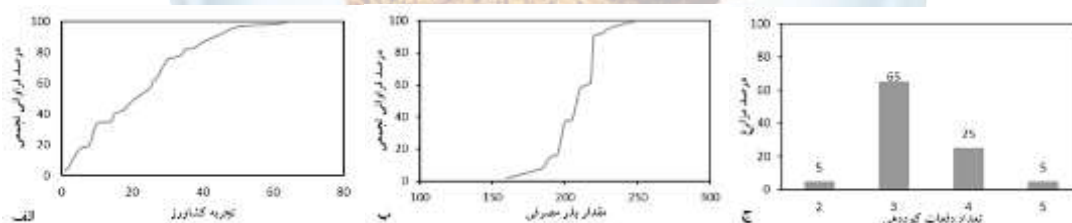
شهرستان کلاله با مساحت ۱۷۲۸ کیلومترمربع بین ۵۵ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۲ دقیقه عرض شمالی در شرق استان گلستان واقع شده است. این شهرستان از شمال با شهرستان مراوه‌تپه و بخش داشلی برون گنبدکاووس و از جنوب با شهرستان گالیکش و از غرب با بخش داشلی برون و مرکزی گنبدکاووس و از شرق با پارک ملی گلستان و شهرستان مراوه‌تپه هم‌جوار است. برای این تحقیق ۱۰ روستا واقع در مناطق دیم شهرستان کلاله انتخاب شدند. این روستاها در سال‌های گذشته بیش‌ترین سطح زیر کشت گندم را داشتند. اطلاعات مورد نیاز به صورت پیمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در روستاهای انتخابی، در دوره‌های مختلف جمع‌آوری شد. ۶۰ مزرعه با تنوع در سطح زیر کشت و عملیات زراعی و همچنین عملکرد برداشت شده بر اساس اطلاعات موجود جهت بررسی انتخاب شدند. جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد گندم در سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور، ۶۰ مزرعه گندم واقع در ۱۰ روستا در مناطق دیم شهرستان کلاله انتخاب شدند. محدوده‌ی جغرافیایی مورد مطالعه مورد پایش قرار گرفتند. عملیات پایش طی فصل رشد محصول و به صورت هفته‌ای انجام شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریت زراعی مربوط به عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر مزرعه از طریق مشاهده، ملاقات چهره به چهره با کشاورزان و یا اندازه‌گیری تکمیل گردیدند. جهت آنالیز و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک، بعد از برداشت محصولات پائیزه از مزارع انتخابی نمونه خاک تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، درصد ازت کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد رس، سیلت، ماسه و همچنین کلاس بافت خاک اندازه‌گیری شد. مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از توزیع فراوانی تجمعی یا نسبی استفاده شد. در این بررسی‌ها دامنه تغییرات و شیوه انجام هر عملیات مدیریتی انجام شده در مزارع گندم و همچنین نسبتی از کشاورزان که از شیوه‌های مختلف هر یک از این عملیات مدیریتی استفاده کرده بودند مشخص شدند.

۳- نتایج و بحث

از لحاظ تجربه (سابقه کشت) بین کشاورزان تفاوت فاحشی وجود داشت. دامنه تجربه کشاورزان از کسانی که برای اولین بار اقدام به کشت گندم نمودند تا کسانی که ۶۵ سال سابقه کشت داشتند متغیر بود و در بین کشاورزان مورد مطالعه در حدود ۵۰ درصد افراد تجربه کشت ۲۱ سال گندم را داشتند. ۷۵ درصد کشاورزان تجربه کشت ۳۰ سال و یا کمتر از آن را داشتند (شکل ۱-الف). نکاحی و همکاران (۴) با بررسی سابقه و مهارت تولیدکنندگان در غرب استان گلستان گزارش نمودند که دامنه تجربه کشاورزان از ۱۴ تا ۵۸ سال نوسان داشت و ۵۰ درصد افراد از لحاظ سابقه کشت گندم در رده ۲۳ تا ۴۹ سال قرار داشتند.

یکی از عوامل مهم مدیریتی جهت دستیابی به حداکثر عملکرد در واحد سطح، فراهمی تراکم مطلوب گیاهی است که با میزان بذر مصرف شده در هکتار حاصل می‌شود. نتایج نشان داد که میزان بذر مصرفی در مزارع مورد مطالعه از ۱۶۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. در ۵۰ درصد مزارع میزان بذر مصرفی ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار و یا کمتر از آن بود (شکل ۱-ب). میزان بذر مصرف شده توسط کشاورزان عمدتاً بیشتر از میزان بذر توصیه شده توسط مراکز تحقیقاتی است به طوری که برای شرایط دیم مصرف ۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم توصیه شده است که علت مصرف زیاد بذر به احتمال زیاد به دلایلی نظیر شرایط خاک متفاوت و نامناسب، عدم تهیه بستر مناسب و از بین رفتن بذور به علت شرایط محیطی یا آفات و بیماری‌ها برمی‌گردد (۲). در مطالعه ترابی و همکاران (۱) میزان بذر مصرفی در کشت گندم از ۱۴۰ تا ۲۶۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود که علت مصرف زیاد بذر را به کیفیت بستر بذر و تاریخ کاشت نسبت دادند.

تولید هر تن دانه گندم در هر هکتار باعث برداشت ۵۱ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۲۵/۴ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۱۵/۳ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) و تولید هر تن کلس گندم سبب برداشت ۱۵ کیلوگرم نیتروژن (N)، ۳/۷ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) و ۲۶/۱ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) می‌گردد (۳)، بنابراین تولید گیاهی به شدت به میزان ذخیره این مواد وابسته است. کشاورزان در مزارع مورد مطالعه، بسته به توان مالی و وضعیت کلی عناصر غذایی موجود در خاک منطقه و همچنین بر اساس نتایج آنالیز خاک از یک یا چند نوع کود و همچنین به دفعات مختلف از کودهای در دسترس استفاده می‌کنند. نتایج نشان داد که کشاورزان در مزارع مورد بررسی، از ۲ تا ۵ مرتبه اقدام به مصرف کودهای شیمیایی نموده بودند و در ۶۵ درصد مزارع در طی فصل رشد گندم، سه نوبت کود مصرف شده بود که بیشترین درصد فراوانی مصرف کودهای شیمیایی را به خود اختصاص داده بود (شکل ۱-ج).



شکل ۱- درصد فراوانی تجمعی تجربه کشاورز، مقدار بذر مصرفی گندم و تعداد دفعات کود دهی در مزارع گندم مورد مطالعه

دامنه مصرف کود نیتروژن در بین کشاورزان مورد بررسی از ۳۴/۵ تا ۱۴۲/۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار متغیر بود. نتایج نشان داد که ۷۵ درصد کشاورزان ۱۰۳ کیلوگرم نیتروژن و یا کمتر از آن مصرف کردند (شکل ۲-الف). میزان مصرف کود فسفر در مزارع مورد بررسی از ۲۳ تا ۶۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. منابع کودهای فسفره که کشاورزان استفاده کرده بودند شامل سوپرفسفات تریپل و سوپرفسفات ساده بود و ۸۵ درصد کشاورزان ۵۰ کیلوگرم فسفر و یا کمتر از آن مصرف کرده بودند (شکل ۲-ب). اما با توجه به غنی بودن خاک‌های منطقه مورد مطالعه از نظر پتاس، معمولاً مقدار مصرف کودهای پتاس به مراتب کمتر از مصرف کودهای فسفره می‌باشد و منابع کودهای پتاسه که در دسترس کشاورزان قرار دارد شامل کودهای کلروپتاس و

سولفات پتاس است که عمده مصرف کشاورزان را کود کلروپتاس در برمی گیرد. دامنه مقدار مصرف کود پتاس از ۰ تا ۳۹ کیلوگرم در هکتار در مزارع مورد بررسی متغیر بود و در ۱۷ درصد مزارع کودهای پتاسه مصرف شده بودند (شکل ۲-ج).



شکل ۲- درصد فراوانی تجمعی عناصر ماکروی مصرف شده در مزارع گندم مورد مطالعه

در این مطالعه، نتایج نشان داد که از بین متغیرهای مورد بررسی، شش متغیر تجربه کشاورز، میزان مصرف بذر، تعداد دفعات کود دهی و مقدار کودهای مصرفی نیتروژن، فسفر و پتاسه سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند. بنابراین به نظر می رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده عملکرد گندم با استفاده از راه کارهای ذیل می توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد: ۱- افزایش سطح معلومات و دانش کشاورزی بهره برداران از طریق برگزاری کارگاه های آموزشی و انتقال یافته های نوین تحقیقاتی ۲- استفاده از کودهای پایه بر مبنای نتایج آنالیز آزمون خاک مزارع.

۴- منابع و مراجع

۱. ترابی، ب.، سلطانی، ا.، گالشی، س.، زینلی، ا. و کاظمی کرگهی، م. ۱۳۹۲. اولویت بندی عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد گندم در منطقه گرگان. مجله تولید گیاهان زراعی ۱۶(۱): ۱۸۹-۱۷۱.
۲. حجارپور، ا. ۱۳۹۵. ارزیابی خلأ عملکرد گندم در استان گلستان. رساله دکتری. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۳۰ ص.
۳. شهبازی، ک. و بشارتی، ح. ۱۳۹۲. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی ۱۱(۱): ۱۵-۱.
۴. نکاحی، م.ز.، سلطانی، ا.، سیاهمرگویی، آ. و باقرانی، ن. ۱۳۹۳. خلأ عملکرد مرتبط با مدیریت زراعی در گندم (مطالعه موردی: استان گلستان - بندرگز). مجله تولید گیاهان زراعی ۱۷(۲): ۱۵۶-۱۳۵.
5. Egli, D.B and Hatfield, J.L. 2014. Yield gaps and yield relationships in central U.S. soybean production systems. *Agronomy Journal*. 106: 560-566.
6. Godfray, C., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S.M and Toulmin, C. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 327: 812-818.
7. Lark, R.M., Milne, A.E. 2016. Boundary line analysis of the effect of water-filled pore space on nitrous oxide emission from cores of arable soil. *European Journal of Soil Science*. 67: 148-159.
8. Lobell, D.B., Cassman, K. G. and Field, C.B. 2009. Crop yield gaps: Their importance, magnitudes, and causes. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34(2): 179-204.
9. Ruffo, M.L., Gentry, L.F., Henninger, A.S., Seebauer, J.R. and Below, F.E. 2015. Evaluating management factor contributions to reduce corn yield gaps. *Agronomy Journal* 107: 495-505.
10. van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Tittoneli, P. and Hochm, Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance—A review. *Field Crops Research*. 143: 4-17.

Documentation of effective factors in wheat yield gap in 60 fields of Kalaleh County

Mohammad Sharif Nobatiani¹, Ali Rahemi Karizaki², Abas Biabani², Ali Mansouri Rad²

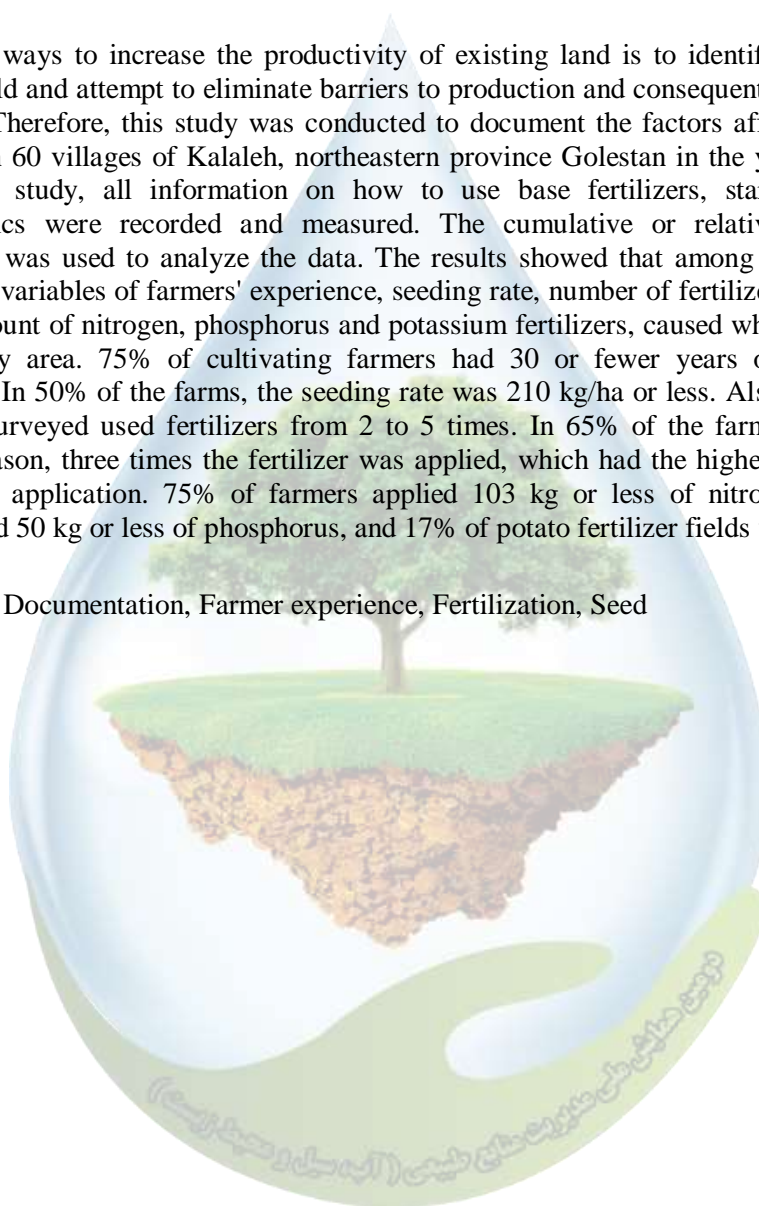
¹ M.Sc. Student of Agronomy at Gonbad Kavus University, ²Assistant professor, Plant Production Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gonbad Kavus University

Email: alirahemi@yahoo.com

Abstract

One of the ways to increase the productivity of existing land is to identify the factors limiting yield and attempt to eliminate barriers to production and consequently reduce the yield gap. Therefore, this study was conducted to document the factors affecting wheat yield gap in 60 villages of Kalaleh, northeastern province Golestan in the year of 2015-16. In this study, all information on how to use base fertilizers, starter and soil characteristics were recorded and measured. The cumulative or relative frequency distribution was used to analyze the data. The results showed that among the variables studied, six variables of farmers' experience, seeding rate, number of fertilizer application and the amount of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, caused wheat yield gap in the study area. 75% of cultivating farmers had 30 or fewer years of cultivation experience. In 50% of the farms, the seeding rate was 210 kg/ha or less. Also, farmers in the fields surveyed used fertilizers from 2 to 5 times. In 65% of the farms during the growing season, three times the fertilizer was applied, which had the highest percentage of fertilizer application. 75% of farmers applied 103 kg or less of nitrogen. 85% of farmers used 50 kg or less of phosphorus, and 17% of potato fertilizer fields were used.

Keywords: Documentation, Farmer experience, Fertilization, Seed



آنالیز خط مرزی خلأ عملکرد گندم تحت تأثیر کود در شهرستان کلاله

محمدشریف نوبتیانی^۱، علی راحمی کاریزکی^{۲*}، عباس بیابانی^۲، علی منصوری راد^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گنبدکاووس، ^۲ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه گنبدکاووس

*رایانامه نویسنده مسوول: (alirahemi@yahoo.com)

چکیده

از عمده‌ترین مشکلات تولید گندم به‌خصوص در استان گلستان خلأ عملکرد است که ناشی از اختلاف قابل توجه بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول می‌باشد. به‌منظور بررسی خلأ عملکرد گندم، مطالعه‌ای در شهرستان کلاله و در ۶۰ مزرعه به‌صورت پیمایشی و بر اساس روش تابع خط مرزی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. در این مطالعه کلیه اطلاعات مربوط نحوه مصرف کودهای پایه، سرک و خصوصیات خاک ثبت و اندازه‌گیری شدند و با استفاده از روش آنالیز خط مرزی رابطه بین عملکرد و متغیرها مورد بررسی قرار گرفت و درنهایت میزان خلأ عملکرد گندم و نیز سهم هر یک از این عوامل در ایجاد خلأ عملکرد برآورد شد. نتایج نشان داد بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی اختلاف قابل توجهی وجود داشت که از بین متغیرهای مورد بررسی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، درصد مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که به ترتیب ۱۴/۹، ۱۲/۷، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سهم هر متغیر در ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول بود. لذا به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده عملکرد گندم و با استفاده از راهکارهایی می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد.

واژگان کلیدی: آنالیز خط مرزی، کودهای شیمیایی، گندم، کاهش عملکرد.

۱- مقدمه

با توجه به رشد جمعیت جهان، تولید جهانی محصولات کشاورزی برای پاسخ‌گویی به تقاضای غذا تا سال ۲۰۵۰ باید تا ۷۰ درصد افزایش یابد (۶). پیش‌بینی روند رو به رشد عدم تعادل بین عرضه و تقاضا، اهمیت افزایش بهره‌وری از اراضی زراعی موجود را برای جمعیت رو به رشد افزایش می‌دهد (۲). یکی از روش‌های افزایش بهره‌وری از اراضی موجود، شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد و تلاش برای رفع موانع تولید و به تبع آن کاهش خلأ عملکرد می‌باشد. شناخت عوامل ایجادکننده خلأ عملکرد و تعیین سهم هریک از آن‌ها می‌تواند ما را در تلاش برای کاهش خلأ عملکرد کمک نماید (۷). تجزیه و تحلیل خلأ عملکرد، مبنایی برای شناسایی مهم‌ترین محصول و عوامل مدیریتی و خاکی محدودکننده عملکرد فعلی کشاورزان و نیز بهبود وضعیت فعلی جهت کاهش خلأ عملکرد می‌باشد (۸). از بین گیاهان زراعی، گندم مهم‌ترین گیاه از خانواده غلات است که در شهرستان کلاله کشت می‌شود به‌طوری‌که در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ سطح کشت این محصول به ۵۱۱۳۲ هکتار رسیده است

که ۷۵ درصد از سطح اراضی زراعی شهرستان را شامل شده (۱) و نشان‌دهنده جایگاه ویژه این شهرستان در تولید گندم می‌باشد.

یکی از روش‌هایی که توانایی تخمین عملکرد پتانسیل، میزان خلأ عملکرد و همچنین توانایی تعیین حدود بهینه هر عامل مدیریتی را دارد آنالیز خط مرزی است (۳). آنالیز خط مرزی ابزار مفیدی برای تفسیر و توضیح تغییرات داده‌های عملکرد در برابر متغیرهای مختلف مدیریتی و محیطی در یک مکان خاص است (۹) که به کمک آن می‌توان واکنش عملکرد به یک عامل محیطی یا مدیریتی را در شرایطی که سایر عوامل نیز متغیر هستند و ثابت نشده‌اند، کمی نمود. در واقع روش آنالیز خط مرزی پاسخ عملکرد به عامل مورد نظر را در شرایطی که سایر عوامل مناسب باشند، مشخص می‌کند (۹). شناسایی پتانسیل‌ها و نیز میزان و نحوه تأثیر هر عامل محدودکننده عملکرد به صورت تکی، نقش مهمی در مدیریت برای نیل به حداکثر عملکرد دارد. تحقیق حاضر با استفاده از روش آنالیز خط مرزی برای تعیین هم‌زمان بهترین عملیات مدیریتی و برآورد پتانسیل و خلأ عملکرد گندم در شهرستان کلالة استان گلستان انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

جهت جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای کمی‌سازی تولید و برآورد خلأ عملکرد گندم در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام کار میدانی و مصاحبه شخصی (چهره به چهره) با کشاورزان صورت گرفت. بدین منظور ۶۰ مزرعه گندم واقع در ۱۰ روستا در مناطق دیم شهرستان کلالة انتخاب شدند. محدوده‌ی جغرافیایی مورد مطالعه مورد پایش قرار گرفتند. عملیات پایش طی فصل رشد محصول و به صورت هفته‌ای انجام شد. مزارع انتخابی جهت پایش به گونه‌ای انتخاب شدند که دارای تنوع کافی در کلیه عملیات مدیریت زراعی مربوط به عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر مزرعه از طریق مشاهده، ملاقات چهره به چهره با کشاورزان و یا اندازه‌گیری، تکمیل گردیدند. جهت آنالیز و اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک، بعد از برداشت محصولات پائیزه از مزارع انتخابی نمونه خاک تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، درصد ازت کل، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، درصد رس، سیلت، ماسه و همچنین کلاس بافت خاک اندازه‌گیری شد. مقدار دانه تحویلی به مراکز خرید گندم بعد از تعیین مقدار افت به‌عنوان عملکرد نهایی مزرعه ثبت شد.

با استفاده از آنالیز خط مرزی ارتباط عوامل مورد مطالعه با عملکرد، با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۳). هرچند جهت آنالیز خط مرزی، پروتکل توافق شده‌ای وجود ندارد و در مواردی محققین به صورت کاملاً اختیاری خط مرزی را به داده‌ها برازش می‌دهند (۴). ولی در مجموع به منظور استفاده از آنالیز خط مرزی می‌توان پنج مرحله کلی را در نظر گرفت (۵) که عبارتند از: ۱- بررسی نمودار پراکنش داده‌ها، ۲- دسته‌بندی و گروه‌بندی نقطه داده‌ها، ۳- حذف داده‌های پرت و خارج از محدوده‌های مشخص شده، ۴- تشخیص بالاترین عملکردها در هر زیرگروه، ۵- برازش یک تابع مناسب.

۳- نتایج و بحث

در مزارع مورد بررسی حداقل، حداکثر و میانگین مقدار مصرف کود نیتروژن به ترتیب ۳۴/۵، ۱۴۲/۵ و ۸۵/۴ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه گندم در این مزارع به ترتیب ۱۹۵۰، ۴۸۹۰ و ۳۲۲۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). واکنش بیش‌ترین عملکردهای گندم در مزارع مورد بررسی از نظر مقدار مصرف کود نیتروژن نشان داد که نقاط از یک تابع دو تکه‌ای تبعیت می‌کنند (شکل ۲). بدین ترتیب که با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن تا ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه گندم افزایش یافت و پس از آن افزایش مقدار مصرف کود نیتروژن تأثیری بر عملکرد دانه گندم نداشت و روند ثابتی داشت (شکل ۲). عملکرد پتانسیل نیتروژن محدود ۴۸۴۸ کیلوگرم در هکتار بود که با مصرف حداقل ۵۸/۳ کیلوگرم نیتروژن خالص به دست آمده بود و در ۲۰ درصد مزارع مورد مطالعه مقدار نیتروژن مصرفی خارج از حد بهینه بود و خلأ عملکرد حاصل از عدم مصرف بهینه کود نیتروژن در مزارع مورد بررسی ۳۴/۴ درصد (۱۶۷۱/۶ کیلوگرم در هکتار) بود. به

عبارتی با مصرف بهینه کود نیتروژن امکان افزایش عملکرد گندم به مقدار ۱۶۷۱/۶ کیلوگرم در هکتار وجود دارد. نتایج یک مطالعه (۳) نشان داد که عملکرد پتانسیل گندم در منطقه دیم پرباران با مصرف حداقل ۹۳/۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل می‌شود.

جدول ۱- نتایج آنالیز خط مرزی به همراه محاسبه پتانسیل و خلأ عملکرد گندم در شهرستان کلاله

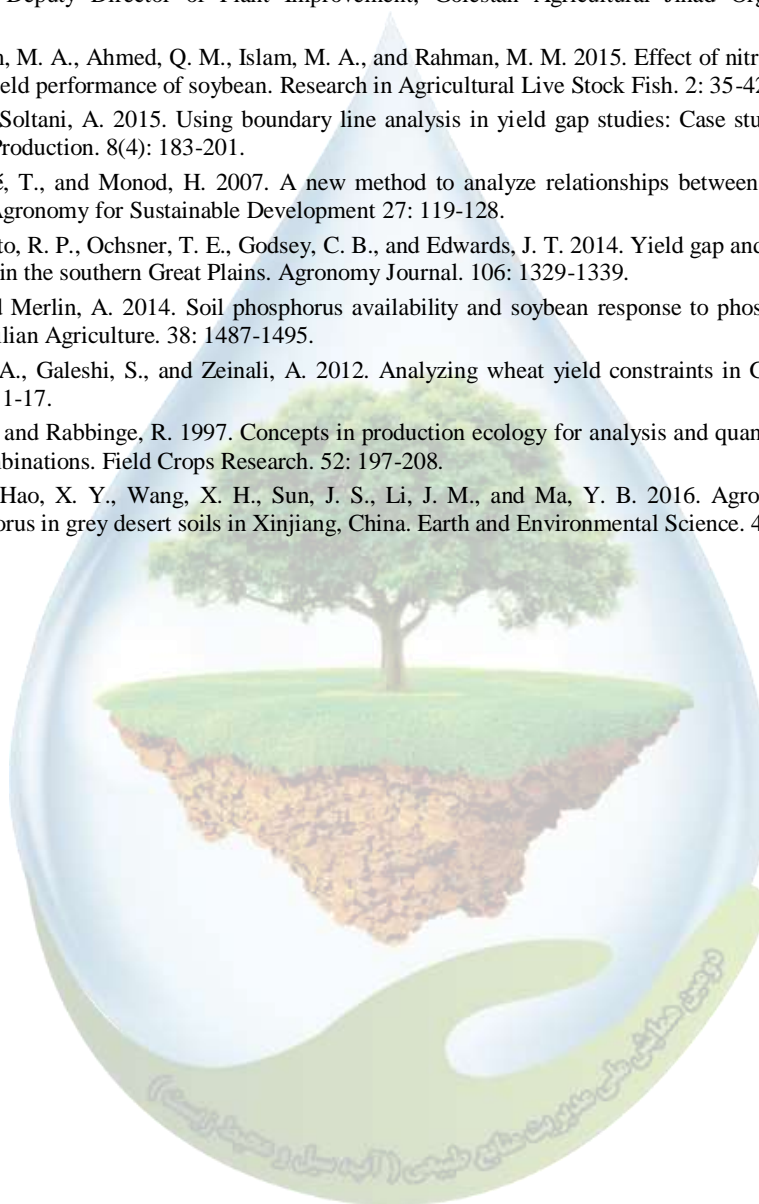
مدیریت/نهاد	حداقل	حداکثر	حداقل (بازه) مطلوب	درصد مزارع خارج از حد بهینه	عملکرد پتانسیل (کیلوگرم در هکتار)	متوسط عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	خلأ عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	درصد خلأ عملکرد
تجربه کشاورز (سال)	1	65	≥ 9.9	33.3	4819	3176.4	1642.6	34
مقدار بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	160	250	≤ 215	40	4858	3176.4	1681.6	34.6
تاریخ کاشت (روز از اول فروردین)	230	271	≤ 255	45	4916	3176.4	1739.6	35.4
تراکم (بوته در مترمربع)	340	440	≤ 398	31.7	4831	3176.4	1654.6	34.2
مقدار نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	34.5	142.5	≥ 58.3	20	4848	3176.4	1671.6	34.4
مقدار فسفر مصرفی (کیلوگرم P_2O_5 در هکتار)	23	69	≥ 40.7	35	4832	3176.4	1655.6	34.2
اسیدیته	7.48	7.83	≤ 7.65	31.7	4864	3176.4	1687.6	34.7
مواد آلی خاک (درصد)	0.35	1.15	≥ 0.54	33.3	4768	3176.4	1591.6	33.4
مقدار فسفر قابل جذب (پی پی ام)	1.2	17	≥ 10.8	68.3	4850	3176.4	1573.6	34.5
مقدار پتاسیم قابل تبادل (پی پی ام)	58	378	≥ 153	33.3	4828	3176.4	1651.6	34.2
مقدار شن در خاک (درصد)	8	13	≥ 9.9	30	4851	3176.4	1674.6	34.5
مقدار سیلت در خاک (درصد)	60	66	≤ 62.6	40	4863	3176.4	1686.6	34.7
مقدار رس در خاک (درصد)	25	29	≤ 26.9	16.7	4850	3176.4	1673.6	34.5

در این مطالعه بین عملکرد قابل حصول (۷۲۴۸/۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد واقعی (۳۱۷۶/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلافی به میزان ۴۰۷۱/۷ کیلوگرم وجود داشت. که از بین متغیرهای مورد بررسی، مقدار فسفر قابل جذب در خاک، درصد مواد آلی خاک، مقدار پتاسیم قابل جذب در خاک و مقدار نیتروژن مصرفی سبب ایجاد خلأ عملکرد گندم در منطقه مورد مطالعه شده بودند که به ترتیب ۱۴/۹، ۱۲/۷، ۱۱/۷ و ۱۰/۳ درصد سهم هر متغیر در ایجاد فاصله از عملکرد قابل حصول بود. بنابراین به نظر می‌رسد که با اصلاح این عوامل محدودکننده عملکرد گندم با استفاده از راهکارهای ذیل می‌توان اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی را کاهش داد. ۱- افزایش سطح معلومات و دانش کشاورزی بهره‌برداران از طریق برگزاری کارگاه‌های آموزشی و انتقال یافته‌های نوین تحقیقاتی. ۲- استفاده از کودهای پایه بر مبنای نتایج آنالیز آزمون خاک مزارع. ۳- افزایش مواد آلی خاک با استفاده از حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک و توسعه خاک‌ورزی حفاظتی. ۴- خلأ عملکرد حاصل از مقدار نیتروژن مصرفی ۳۴/۴ درصد بود که برای حذف خلأ عملکرد ناشی از مقدار نیتروژن مصرفی بایستی حداقل ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مصرف شود. ۵- مقدار مصرف نامناسب کود فسفر سبب ۳۴/۲ درصد خلأ عملکرد شده بود که برای حذف آن بایستی حداقل ۴۰/۷ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار مصرف شود. ۶- اسیدیته خاک سبب ۳۴/۷ درصد خلأ عملکرد شده بود که برای حذف خلأ عملکرد حاصل از اسیدیته خاک، بایستی اسیدیته خاک کم‌تر از ۷/۶۵ باشد. ۷- خلأ عملکرد حاصل از کافی نبودن مواد آلی خاک ۳۳/۴ درصد بود که برای حذف خلأ عملکرد ناشی از آن، می‌بایست مواد آلی خاک حداقل ۰/۵۴ درصد باشد. ۸- میزان خلأ عملکرد ناشی از مقدار فسفر قابل جذب در خاک ۳۴/۵ درصد بود که برای حذف خلأ عملکرد ناشی از آن، می‌بایست حداقل فسفر قابل جذب در خاک ۱۰/۸ پی پی ام باشد. ۹- میزان خلأ عملکرد حاصل از مقدار پتاسیم قابل تبادل در خاک ۳۴/۲ درصد بود که برای حذف خلأ عملکرد حاصل از آن، مقدار پتاسیم قابل تبادل در

خاک باید حداقل ۱۵۳ پی پی ام باشد. ۱۰- مقدار شن، سیلت و رس در خاک به ترتیب سبب ۳۴/۵، ۳۴/۷ و ۳۴/۵ درصد خلأ عملکرد شده بود که برای حذف خلأ عملکرد حاصل از آن‌ها، می‌بایست مقدار درصد سیلت و رس خاک به ترتیب حداکثر ۶۲/۶ و ۲۶/۹ درصد و برای درصد شن خاک، حداقل ۹/۹ درصد باشد.

۴- منابع و مراجع

1. Anonymous, 2018. Deputy Director of Plant Improvement, Golestan Agricultural Jihad Organization, Ministry of Agriculture. Iran.
2. Begum, M. A., Islam, M. A., Ahmed, Q. M., Islam, M. A., and Rahman, M. M. 2015. Effect of nitrogen and phosphorus on the growth and yield performance of soybean. *Research in Agricultural Live Stock Fish*. 2: 35-42.
3. Hajjarpoor, A., and Soltani, A. 2015. Using boundary line analysis in yield gap studies: Case study of wheat in Gorgan. *Journal of Crop Production*. 8(4): 183-201.
4. Makowski, D., Doré, T., and Monod, H. 2007. A new method to analyze relationships between yield components with boundary lines. *Agronomy for Sustainable Development* 27: 119-128.
5. Patrignani, A., Lollato, R. P., Ochsner, T. E., Godsey, C. B., and Edwards, J. T. 2014. Yield gap and production gap of rain-fed winter wheat in the southern Great Plains. *Agronomy Journal*. 106: 1329-1339.
6. Rosolem, C. A., and Merlin, A. 2014. Soil phosphorus availability and soybean response to phosphorus starter fertilizer. *Research in Brazilian Agriculture*. 38: 1487-1495.
7. Torabi, B., Soltani, A., Galeshi, S., and Zeinali, A. 2012. Analyzing wheat yield constraints in Gorgan. *Journal of Crop Production*. 4(4): 1-17.
8. van Ittersum, M. K., and Rabbinge, R. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*. 52: 197-208.
9. Wang, B., Liu, H., Hao, X. Y., Wang, X. H., Sun, J. S., Li, J. M., and Ma, Y. B. 2016. Agronomic threshold of soil available phosphorus in grey desert soils in Xinjiang, China. *Earth and Environmental Science*. 41: 120-131.



Boundary Line Analysis of wheat yield gap affected by fertiliser in Kalaleh County

Mohammad Sharif Nobatiani¹, Ali Rahemi Karizaki², Abas Biabani², Ali Mansouri Rad²

1. M.Sc. Student of Agronomy at Gonbad Kavus University

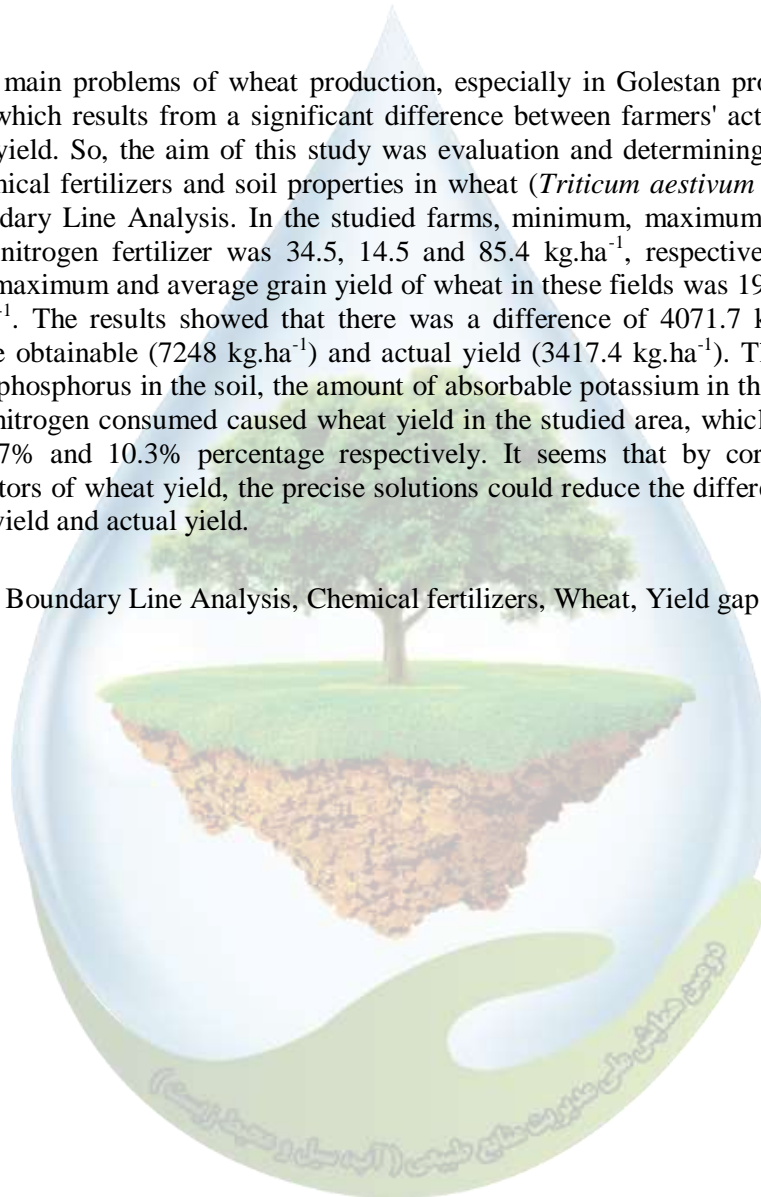
2. Assistant professor, Plant Production Department, Faculty of Agricultural and Natural Resources Sciences, Gonbad Kavus University

Email: alirahemi@yahoo.com

Abstract

One of the main problems of wheat production, especially in Golestan province, is the yield gap, which results from a significant difference between farmers' actual yield and obtainable yield. So, the aim of this study was evaluation and determining the share of macro chemical fertilizers and soil properties in wheat (*Triticum aestivum* L.) yield gap using Boundary Line Analysis. In the studied farms, minimum, maximum and average amount of nitrogen fertilizer was 34.5, 14.5 and 85.4 kg.ha⁻¹, respectively. Also, the minimum, maximum and average grain yield of wheat in these fields was 1950, 4890 and 3227 kg.ha⁻¹. The results showed that there was a difference of 4071.7 kg.ha⁻¹ (56%) between the obtainable (7248 kg.ha⁻¹) and actual yield (3417.4 kg.ha⁻¹). The amount of absorbable phosphorus in the soil, the amount of absorbable potassium in the soil and the amount of nitrogen consumed caused wheat yield in the studied area, which was 14.9%, 14.3%, 11.7% and 10.3% percentage respectively. It seems that by correcting these limiting factors of wheat yield, the precise solutions could reduce the difference between obtainable yield and actual yield.

Keywords: Boundary Line Analysis, Chemical fertilizers, Wheat, Yield gap



شناسایی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای نظام مربوط به بهره‌وری آب در سطح دشت استان قزوین با استفاده از مدل SWOT

محمدنوید فرح‌زاد^۱، بیژن نظری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، ^۲ استادیار گروه علوم و

مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

۲ و * رایانامه (Email) نویسنده مسوول: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای نظام مربوط به بهره‌وری آب در سطح دشت استان قزوین با استفاده از مدل SWOT مورد مطالعه قرار گرفت. به‌طور کلی ۱۳ نقطه قوت، ۲۱ نقطه ضعف، ۱۷ فرصت و ۹ تهدید توسط کارشناسان ارزیابی شد. براساس نتایج به دست آمده از پژوهش مهم‌ترین نقطه قوت، فرهنگ و تفکر پذیرش سیستم‌های جدید آبیاری، با اهمیت‌ترین نقطه ضعف، ضعف در مدیریت بازار و کنترل و تنظیم قیمت محصولات آب‌بر، با اهمیت‌ترین فرصت در سطح دشت، وجود پتانسیل کارشناسی علمی و فنی، مهم‌ترین تهدید، برداشت مازاد از آبخوان قزوین و افت سطح آب می‌باشد. همچنین میانگین نقاط قوت و ضعف به دست آمده از پژوهش به ترتیب ۳/۴۴ و ۳/۸ و میانگین فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب ۳/۶ و ۴/۰۸ است. لذا نقاط ضعف و تهدیدها بیشتر وجود دارند. و در عرصه بهره‌وری آب نقاط ضعف و تهدیدها، توجه بیشتر کارشناسان بهره‌وری را معطوف خود ساخته است. و همچنین انحراف معیار محاسبه شده برای نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب عبارت از ۰/۸۶، ۰/۸، ۰/۸۳ و ۰/۶۹ است. اختلاف نظر قابل توجه کارشناسان در تحلیل وضعیت بهره‌وری آب، ضرورت برگزاری نشست‌هایی برای بارش فکری و رسیدن به اجماع نظر در برنامه‌ریزی‌های بهبود بهره‌وری آب را مطرح می‌سازد.

واژگان کلیدی: بهره‌وری آب، قزوین، SWOT

۱- مقدمه

پیش‌بینی می‌شود جمعیت ۷/۶ میلیاردی جهان به ۸/۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۳۰ و تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۸ میلیارد نفر برسد (۱۰). با افزایش جمعیت و نیاز غذایی رو به رشد و ثابت ماندن منابع آبی تجدیدپذیر، ارتقای بهره‌وری آب، ضرورتی انکار ناپذیر است. البته در کشورهای مختلف با توجه به جمعیت، الگوی مصرف و سرانه منابع آب، این نیاز به افزایش بهره‌وری آب متفاوت خواهد بود. کشور ایران با یک سوم متوسط بارش جهانی جزو مناطق خشک جهان محسوب می‌شود. و در کنار آن مدیریت نامناسب منابع آب سطحی و زیرزمینی و همچنین بهره‌وری پایین آب در بخش کشاورزی منجر به هدر رفت این منابع ارزشمند و افت شدید ذخایر موجود شده است. بسیاری از کارشناسان نگران آن هستند که استفاده از منابع آب در ایران بدون در نظر گرفتن محدودیت آن در آینده مشکلات جدی را ایجاد کند (۳). تاکنون پژوهش‌های متعددی در مقوله بهره‌وری آب در بخش کشاورزی صورت گرفته است.

علی و تالوکسر (۲۰۰۸) در بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب، نوع محصول، نحوه مصرف آب، تکنولوژی آبیاری و واریته گیاه را از عوامل مؤثر در این زمینه عنوان کردند (۷). حقیقی و همکاران (۱۳۹۴) توصیه نمودند که برای افزایش

بهره‌وری آب به فرایند انتخاب ارقام بذر از نظر زودرس و مقاوم بودن به خشکی توجه بیشتری شود (۱). مرسلی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی نقش فرایندها، بیشترین تأثیر در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی کشور را، فرایند اصلاحی محصول کشاورزی، اصلاح تولید محصول کشاورزی، مصرف مجدد (بازچرخانی) آب کشاورزی معرفی نمودند (۶). عباسی و همکاران (۱۳۹۶) عنوان نموده‌اند اساساً میزان تولید به ازای واحد سطح، وقتی محدودیت دسترسی به آب وجود دارد، نمی‌تواند معیار ارزیابی باشد، وقتی محدودیت دسترسی به آب وجود دارد، ضرورت دارد که بقیه نهاده‌ها نیز بهینه و ضایعات محصول کمینه گردد (۴). وارن و همکاران استفاده از تکنولوژی‌های آبیاری از جمله آبیاری زیرزمینی را پیشنهاد می‌دهند که در این روش سطح پوشش آبیاری در مزرعه کاهش می‌یابد و باعث افزایش بهره‌وری آب می‌گردد (۱۱). مولدن و همکاران مناطقی را که در آن امکان قابل توجهی افزایش بهره‌وری آب وجود دارد به ترتیب، مناطقی که فقر بالاست و بهره‌وری آب کم می‌باشد، مناطقی که بهره‌وری فیزیکی آب کم و رقابت برای آب بالاست، مناطقی که با افزایش کم منابع آب می‌توان تغییرات بزرگی ایجاد کرد و مناطقی که اکوسیستم‌های وابسته به آب تخریب شدند را معرفی نموده‌اند (۹).

ارتقای بهره‌وری آب نیازمند یک برنامه مسنجم و هماهنگ در تمام سطوح (مقایس) است. روش تجزیه و تحلیل SWOT^۱، مدل تحلیلی مختصر و مفیدی است که به شکل نظام‌یافته هر یک از عوامل درونی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) را شناسایی کرده و سپس وضعیت موجود سیستم مورد مطالعه را تعیین می‌کند. در این روش تلاش‌هایی برای تجزیه و تحلیل وضعیت بیرونی و وضعیت درونی به عمل آمده و براساس آن راهبرد مناسب برای بقاء سیستم طراحی می‌شود. در این مدل فرصت‌ها و تهدیدها نشان‌دهنده چالش‌ها مطلوب و یا نامطلوب عمده‌ای است که در محیط فراروی سیستم (محیط اجتماعی، طبیعی، اقتصادی، سیاسی و فرهنگی) وجود داشته و درمقابل، نقاط قوت و نقاط ضعف وضعیت محیط داخلی (ظرفیت‌ها و عدم ظرفیت‌ها: سرمایه مالی، سرمایه فیزیکی، سرمایه طبیعی، سرمایه اجتماعی و سرمایه انسانی) تشکیلات مورد مطالعه را به نمایش می‌گذارد. با استفاده از مدل SWOT پژوهش‌های متعددی در حوزه‌ی مطالعات آب صورت گرفته است.

رحمتی‌پور و معروفی (۱۳۹۶) با استفاده از مدل SWOT و ماتریس QSPM به برنامه‌ریزی، تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب دشت سنقر پرداخته‌اند (۲). دایمنتوپولو و دوریس (۲۰۰۸) در بهینه‌سازی مدیریت منابع آب در جزیره زاگینت در دریای یونان از مدل SWOT استفاده نموده‌اند (۸). گزایی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل و ارزیابی راهبردهای حفاظتی تالاب هورالعظیم با استفاده از ماتریس‌های SWOT و QSPM پرداخته‌اند (۵). تحلیل حاضر به دنبال شناسایی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای نظام مربوط به بهره‌وری آب در سطح دشت استان قزوین با استفاده از مدل SWOT است.

۲- مواد و روش‌ها

استان قزوین در حوزه مرکزی بین ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی از نصف‌انهار گرینویچ و ۳۵ درجه ۲۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرار دارد. مجموع اراضی زیر کشت سالانه استان قزوین به‌طور متوسط بیش از ۲۴۴/۷۸ هزار هکتار بوده که از این مقدار حدود ۱۵۰/۴ هزار هکتار (معادل ۶۱/۴ درصد) آبی و حدود ۹۴/۴ هزار هکتار (معادل ۳۸/۶ درصد) به‌صورت دیم بوده است.

در ابتدا با استفاده از مرور تحقیقات قبلی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در سطح دشت استان مورد مطالعه و جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از پانل تخصصی و دیدگاه صاحب‌نظران مورد بازبینی قرار گرفت و با توجه به ماهیت مساله پرسش‌نامه نهایی تدوین شد. در گام بعدی پس از اصلاح پرسش‌نامه نهایی جمع‌آوری داده‌ها، پرسش‌نامه در بین کارشناسان مختلف در زمینه مدیریت منابع آب، توزیع شد. همچنین برای تعیین روایی و یا اعتبار یافته‌های این تحقیق تعدادی از

تهدیدها: Threats- فرصت‌ها: Opportunities- نقاط ضعف: Weaknesses- نقاط قوت: Strengths^۱-

کارشناسان به عنوان نمونه انتخاب شده و نتایج آن با نتایج از نمونه اصلی مقایسه شد. و در مجموع ۱۶ پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت. در پرسشنامه تهیه شده از طیف لیکرت (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) جهت ارزیابی اهمیت هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدها استفاده می‌شود که عدد ۵ به معنی اهمیت گویه خیلی زیاد و عدد ۱ بدین معنی است که اهمیت گویه خیلی کم می‌باشد. پس از تکمیل پرسشنامه‌ها توسط کارشناسان، میانگین و انحراف معیار برای هر گویه محاسبه می‌شود. رتبه‌بندی اهمیت براساس میزان شاخص مرکزی میانگین (به ترتیب نزولی) و رتبه‌بندی اختلاف نظر بین کارشناسان براساس میزان شاخص پراکندگی انحراف معیار (به ترتیب نزولی) است و در صورت هم رتبه بودن، در یک رتبه قرار می‌گیرند. و در آخر میزان اهمیت و اختلاف نظر برای عوامل درونی و بیرونی از دیدگاه کارشناسان مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نقاط قوت

در جدول (۱) میزان اهمیت و اولویت بندی نقاط قوت ارائه شده است. این نکته قابل ذکر است که از شاخص مرکزی میانگین برای اولویت بندی نقاط قوت استفاده شده است و از شاخص پراکندگی انحراف معیار برای شناخت میزان اختلاف نظر بین کارشناسان استفاده شد.

جدول ۱- شناسایی و اولویت بندی نقاط قوت در سطح دشت

ردیف	گویه نقاط قوت در سطح دشت	میانگین	انحراف معیار	رتبه بندی اهمیت	رتبه بندی اختلاف نظر
۱	تنوع در فعالیتهای کشاورزی (زراعت و باغبانی، دامپروری و شیلات) و محصولات مرتبط	۳/۶۹	۰/۵۸	۵	۱۰
۲	عملکرد بالا برای برخی از محصولات کشاورزی مانند گندم و ذرت	۳/۶۳	۰/۹۹	۷	۳
۳	کیفیت خوب آب در اکثر مناطق دشت	۳/۸۱	۰/۸۱	۴	۸
۴	خاک نسبتاً مرغوب در اکثر مناطق دشت	۴	۰/۷۱	۱	۹
۵	وجود زیرساختها مناسب در سطح دشت جهت توسعه صنایع کشاورزی	۳/۸۷	۰/۸۸	۳	۶
۶	قدمت کشاورزی در سطح دشت و وجود تجربه کشاورزی در منطقه	۳/۹۳	۰/۸۸	۲	۶
۷	وجود شرکت‌های تولید نشاء در منطقه	۳/۸۷	۰/۹۶	۳	۴
۸	وجود شبکه‌های نوین آبیاری و زهکشی	۳/۶۷	۰/۴۷	۷	۱۱
۹	فرهنگ و تفکر پذیرش سیستم‌های جدید آبیاری	۴	۰/۸۲	۱	۷
۱۰	وجود سیستم‌های آبیاری مدرن	۳/۳۳	۰/۴۷	۶	۱۱
۱۱	اجرای خاکورزی حفاظتی و کشاورزی پایدار	۲/۶۷	۰/۹۴	۹	۵
۱۲	اجرای برنامه‌های پایش و کاهش تبخیر	۲	۱/۴۱	۱۱	۱
۱۳	استفاده از ظرفیتهای گلخانه‌ای	۲/۳۳	۱/۲۵	۱۰	۲

در رابطه با نقاط قوت در سطح دشت باید بیان داشت که مهم‌ترین آن‌ها شامل فرهنگ و تفکر پذیرش سیستم‌های جدید آبیاری، قدمت کشاورزی در سطح دشت و وجود تجربه کشاورزی در منطقه، وجود شرکت‌های تولید نشاء در منطقه و کیفیت خوب آب در اکثر مناطق دشت است.

۲-۳- نقاط ضعف

نقاط ضعف در سطح دشت اشاره به مشکلات درونی دارد که موجب اختلال در تحقق بهبود و ارتقاء بهره‌وری آب می‌گردد. به‌طور کلی، برپایه دیدگاه صاحب‌نظران و مرور ادبیات پیشین، نقاط ضعف در سطح دشت در راستایی بهبود و ارتقاء بهره‌وری آب در ۲۱ گویه ارایه شد. و در قالب طیف لیکرت توسط کارشناسان مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول (۲) میزان اهمیت، رتبه‌بندی یا اولویت‌بندی و میزان اختلاف نظر در رابطه با نقاط ضعف ارایه شده است.

جدول ۲- شناسایی و اولویت‌بندی نقاط ضعف در سطح دشت

ردیف	گویه نقاط ضعف در سطح دشت	میانگین	انحراف معیار	رتبه‌بندی اهمیت	رتبه‌بندی اختلاف نظر
۱	ضعف در مشارکت و تعامل بهره‌برداران در طرح‌های منابع آب	۳/۸۸	۰/۷۸	۸	۱۱
۲	نگهداری و بهره‌برداری نامناسب از سازه‌های آبی و سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی	۳/۵۳	۱/۰۹	۱۱	۲
۳	توجه صرف به توسعه فیزیکی شبکه‌های آبیاری بوده و عدم توجه به مسائل بهره‌برداری از شبکه‌ها و مشارکت کشاورزان در امر مدیریت، نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌ها	۳/۸۱	۰/۷۳	۹	۱۴
۴	عدم توازن در عرضه و تقاضا آب در بخش کشاورزی	۳/۸	۰/۹۱	۱۰	۶
۵	تخریب پوشش کانال‌ها به شکل‌های مختلف	۳/۸۸	۰/۸۶	۸	۷
۶	عملکرد نامناسب سازه‌های تنظیم و توزیع آب	۳/۳۸	۰/۸۶	۱۲	۷
۷	پایین بودن بازده شبکه‌های آبیاری	۴/۰۶	۰/۶۶	۶	۱۴
۸	رسوب‌گذاری و رشد علف‌های هرز در بستر کانال‌ها	۳/۸۱	۰/۷۳	۹	۱۳
۹	خسارت عمد یا غیر عمد به تاسیسات شبکه توسط کشاورزان	۳/۲۵	۱/۰۳	۱۵	۳
۱۰	نیروی کاری ناکارآمد و کم‌تجربه در مدیریت بهره‌برداری از شبکه	۴/۱۹	۰/۶۳	۴	۱۵
۱۱	نبستن به موقع قرداد‌های آبیاری توسط بهره‌برداران	۳/۲۷	۰/۸۵	۱۴	۸
۱۲	عدم رعایت الگوی کشت پیشنهادی توسط سازمان جهاد	۴/۰۶	۱/۱۴	۵	۱
۱۳	عدم رعایت حریم‌های تعیین شده تاسیسات آبیاری و زهکشی شبکه	۳/۱۹	۰/۸۱	۱۶	۱۰
۱۴	عدم رعایت قانون توزیع آب توسط بهره‌برداران (شکستن قفل‌ها و دریچه‌ها، سرقت آب)	۳/۲۵	۰/۹۷	۱۵	۴
۱۵	عدم انگیزه کافی برای کاهش مصرف آب کشاورزی	۴/۲۵	۰/۷۵	۳	۱۲
۱۶	عدم توجه به استفاده پایدار آب و خاک در سطح دشت	۳/۹۴	۰/۶۶	۷	۱۴
۱۷	ضعف در مدیریت بازار و کنترل و تنظیم قیمت محصولات آبر	۴/۶۷	۰/۴۷	۱	۱۸
۱۸	عدم توجه به کشت محصولات کم‌آبر	۴	۰/۸۲	۶	۹
۱۹	عدم استفاده از فناوری‌های جدید آبیاری (هوشمند و ...)	۴/۳۳	۰/۴۷	۲	۱۶
۲۰	عدم استفاده از استراتژی‌های مناسب آبیاری (کم آبیاری و ...)	۳/۳۳	۰/۹۴	۱۳	۵
۲۱	عدم استقبال مدیران دشت از برنامه و ایده‌های جدید در عمل	۴	۰/۸۲	۷	۹

با اهمیت ترین نقاط ضعف ارایه شده شامل ضعف در مدیریت بازار و کنترل و تنظیم قیمت محصولات آب بر، عدم استفاده از فناوری های جدید آبیاری (هوشمند و ...)، عدم انگیزه کافی برای کاهش مصرف آب کشاورزی و نیروی کاری ناکارآمد و کم تجربه در مدیریت بهره برداری از شبکه است.

۳-۳- فرصت ها

فرصت های ارایه شده در سطح دشت نشان دهنده سطح مطلوبیت شرایط محلی و منطقه ای است. لذا، فرصت های خوبی وجود دارد ولی آن چه مهم است شناسایی و بهره مندی از آن است. یک نظام در صورتی قابلیت بهره مندی از فرصت ها را دارد که از لحاظ درونی پتانسیل پذیرش آن را داشته باشد. در جدول (۳) فرصت های شناسایی شده برای بهبود و ارتقاء سطح بهره وری آب در سطح دشت ارایه شده است.

جدول ۳- شناسایی و اولویت بندی فرصت ها در سطح دشت

ردیف	گویه فرصت ها در سطح دشت	میانگین	انحراف معیار	رتبه بندی اهمیت	رتبه بندی اختلاف نظر
۱	تقویت شرکت های بهره برداری از شبکه جهت ارتقاء بهره وری آب	۳/۷۵	۰/۶۶	۵	۱۳
۲	تصفیه پساب و استفاده مجدد از آن	۳/۸۸	۰/۸۶	۴	۸
۳	امکان ترویج گونه های زراعی و باغی با بهره وری بالاتر	۴	۰/۸۷	۳	۷
۴	امکان آبیاری تکمیلی و کم آبیاری	۴	۰/۷۹	۳	۹
۵	اجرای شیوه های نوین آبیاری	۴/۱۹	۰/۵۳	۲	۱۴
۶	ایجاد زمینه مشارکت مردمی در بهبود وضعیت شبکه	۳/۳۳	۱/۰۱	۱۱	۴
۷	امکان تشکیل اتحادیه های بازاریابی محصولات کشاورزی	۲/۸	۰/۹۸	۱۴	۵
۸	امکان تشکیل شرکت های خدمات آبیاری	۳/۵۳	۰/۸۸	۹	۶
۹	بروز رسانی سند نیاز آبی گیاهان و اصلاح برنامه ریزی آبیاری	۴/۱۹	۰/۸۸	۲	۶
۱۰	پتانسیل راه اندازی صنایع جانبی	۳/۴	۰/۷۱	۱۰	۱۲
۱۱	امکان توسعه کشت دیم برای برخی از محصولات کشاورزی	۳/۱۹	۰/۷۳	۱۲	۱۱
۱۲	امکان اصلاح تناوب کشت با رویکرد متناسب با اقلیم منطقه	۳/۶۹	۰/۷۷	۶	۱۰
۱۳	امکان بهسازی و اتوماسیون سازی شبکه آبیاری	۳/۵۶	۱/۰۶	۸	۲
۱۴	وجود ردیف بودجه برای دشت قزوین	۳/۴	۱/۰۲	۱۰	۳
۱۵	نزدیکی دشت قزوین به بازارهای مصرف (تهران)	۳/۶۷	۱/۰۷	۷	۱
۱۶	وجود مستندات متعدد (مقالات، گزارشات، پایان نامه و ...) در سطح دشت	۲/۸۸	۰/۸۶	۱۳	۸
۱۷	وجود پتانسیل کارشناسی علمی و فنی	۴/۳۳	۰/۴۷	۱	۱۵

با اهمیت ترین فرصت ها در سطح دشت به ترتیب شامل وجود پتانسیل کارشناسی علمی و فنی، بروزرسانی سند نیاز آبی گیاهان و اصلاح برنامه ریزی آبیاری و امکان آبیاری تکمیلی و کم آبیاری است.

۴-۳- تهدیدها

در سطح دشت، تهدیدها اشاره به چالش‌های محیطی دارد که ناشی از شرایط اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و محیط‌زیستی است. لذا شناسایی و اولویت‌بندی تهدیدها می‌تواند از آسیب‌پذیری جلوگیری کند. در جدول (۴) تهدیدهایی که در سطح دشت موجب ایجاد اختلال در بهبود و ارتقاء بهره‌وری آب می‌گردد مطرح شده است.

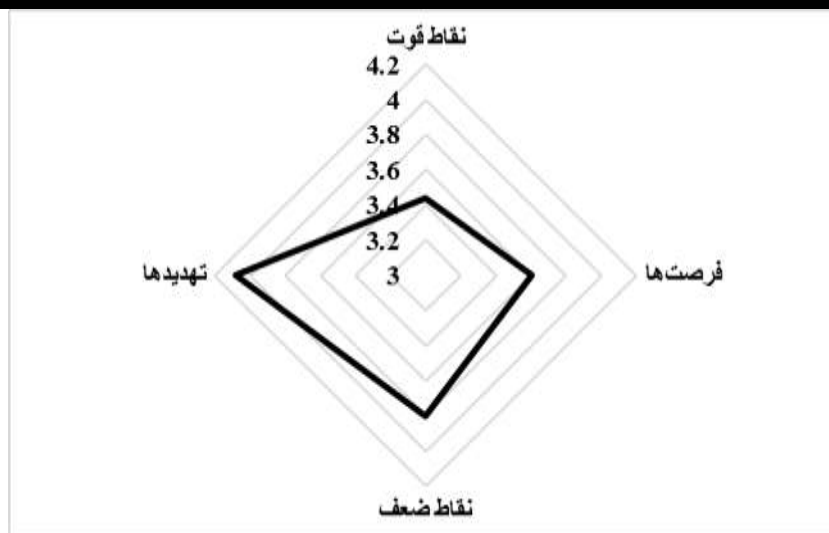
جدول ۴- شناسایی و اولویت‌بندی ضعف‌ها در سطح دشت

ردیف	گویه تهدیدها در سطح دشت	میانگین	انحراف معیار	رتبه‌بندی اهمیت	رتبه‌بندی اختلاف نظر
۱	برداشت مازاد از آبخوان قزوین و افت سطح آب	۴/۸۱	۰/۳۹	۱	۹
۲	فقدان همسویی در نهادها و سازمان‌های متولی آب و کشاورزی	۴/۱۳	۰/۶	۵	۵
۳	افت کیفی منابع آب و خاک (شورشدن آب‌های زیرزمینی و خاک)	۴/۲۵	۰/۵۶	۴	۸
۴	استفاده غیر اصولی از پلاستیک‌های پلی‌اتیلن (پت) و از بین رفتن منابع خاک به دلیل عدم جمع‌آوری پلاستیک‌ها پس از پایان دوره کشت	۴/۴	۰/۷۱	۲	۳
۵	تنش‌های ناشی از تشدید رقابت بین متقاضیان آب	۳/۶۷	۱/۰۱	۸	۲
۶	فرونشست زمین	۳/۶۹	۱/۰۴	۷	۱
۷	پیشروی شوره‌زار دشت قزوین به دلایل مختلف از جمله کاهش آورد رودخانه‌ها و برداشت مازاد آب زیرزمینی	۴/۳۱	۰/۵۸	۳	۶
۸	کاهش آب‌های سطحی ورودی به استان به دلیل توسعه برداشت آب در بالادست رودخانه ابهررود	۳/۹۳	۰/۵۷	۶	۷
۹	کم شدن آب تخصیص یافته به شبکه آبیاری به واسطه تخصیص به تهران	۳/۵۶	۰/۷	۹	۴

مهم‌ترین تهدیدهایی که در سطح دشت مطرح می‌گردد به ترتیب شامل برداشت مازاد از آبخوان قزوین و افت سطح آب، استفاده غیراصولی از پلاستیک‌های پلی‌اتیلن (پت) و از بین رفتن منابع خاک به دلیل عدم جمع‌آوری پلاستیک‌ها پس از پایان دوره کشت و پیشروی شوره‌زار دشت قزوین به دلایل مختلف از جمله کاهش آورد رودخانه‌ها و برداشت مازاد آب زیرزمینی است. هر کدام از این تهدیدها در سطح دشت موجب اختلال در بهبود و ارتقای بهره‌وری از منابع آب می‌گردد.

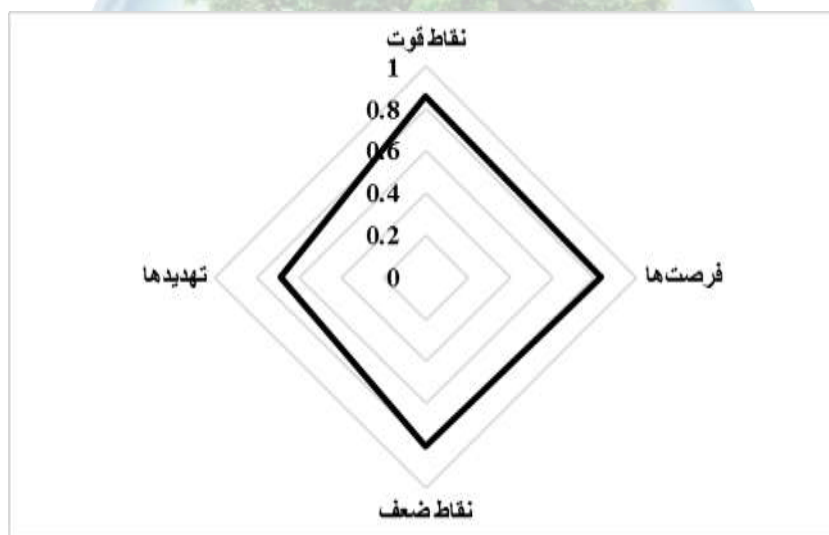
۵-۳- میزان اهمیت و اختلاف نظر برای عوامل درونی و بیرونی

میزان اهمیت عوامل درونی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) از دیدگاه کارشناسان مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور کلی ۱۳ نقطه قوت (۱۳ گویه)، ۲۱ نقطه ضعف (۲۱ گویه) ۱۷ فرصت (۱۷ گویه) و ۹ تهدید (۹ گویه) توسط کارشناسان در سطح دشت مورد ارزیابی قرار گرفت. طیف ارزیابی هر کدام از گویه‌ها یک طیف رتبه‌بندی شده بین اهمیت خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵) است. پس از آن که میانگین هر کدام از گویه‌ها با توجه به پاسخ کارشناسان محاسبه شد، همچنین به‌طور کلی میانگین هر کدام از عوامل درونی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) معین گردید. میانگین نقاط قوت و ضعف به ترتیب ۳/۴۴ و ۳/۸ است و میانگین فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب ۳/۶ و ۴/۰۸ است. با توجه به مقادیر میانگین، نمودار تار عنکبوتی شکل (۱) ترسیم شده است. ملاحظه می‌گردد که نمودار بیشتر به سمت چپ (تهدیدها) و پایین (نقاط ضعف) کشیده شده است.



شکل ۱- میزان اهمیت عوامل درونی و بیرونی از دیدگاه کارشناسان

در ادامه میزان اختلاف نظر کارشناسان در رابطه با تعیین میزان اهمیت هر کدام از عوامل درونی و بیرونی توصیف شده است. شکل (۴) براساس میانگین گرفتن از انحراف معیارهای هر کدام از عوامل رسم شده است. انحراف معیار محاسبه شده برای نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب عبارت از $0/۸۶$ ، $0/۸$ ، $0/۸۳$ و $0/۶۹$ است. برپایه نمودار آرایه شده در شکل (۴-۶) مشخص می‌گردد که کارشناسان پاسخگو، در گویه‌های نقاط قوت بیشترین اختلاف نظر را دارند.



شکل ۲- میزان اختلاف نظر کارشناسان در رابطه با عوامل درونی و بیرونی

۴- نتیجه‌گیری

براساس نتایج به دست آمده از پژوهش مهم‌ترین نقاط قوت در سطح دشت شامل فرهنگ و تفکر پذیرش سیستم‌های جدید آبیاری، قدمت کشاورزی در سطح دشت و وجود تجربه کشاورزی در منطقه، وجود شرکت‌های تولید نشاء در منطقه و کیفیت خوب آب در اکثر مناطق دشت است. با اهمیت‌ترین نقاط ضعف آرایه شده شامل ضعف در مدیریت بازار و کنترل تنظیم قیمت محصولات آبربر، عدم استفاده از فناوری‌های جدید آبیاری (هوشمند و ...)، عدم انگیزه کافی برای کاهش مصرف

آب کشاورزی و نیروی کاری ناکارآمد و کم تجربه در مدیریت بهره‌برداری از شبکه است. با اهمیت‌ترین فرصت‌ها در سطح دشت به ترتیب شامل وجود پتانسیل کارشناسی و علمی و فنی، بروزرسانی سند نیاز آبی گیاهان و اصلاح برنامه‌ریزی آبیاری و امکان آبیاری تکمیلی و کم‌آبیاری است. مهم‌ترین تهدیدهایی که در سطح دشت مطرح می‌گردد به ترتیب شامل برداشت مازاد از آبخوان قزوین و افت سطح آب، استفاده غیر اصولی از پلاستیک‌های پلی‌اتیلن (پت) و از بین رفتن منابع خاک به دلیل عدم جمع‌آوری پلاستیک‌ها پس از پایان دوره کشت و پیشروی شوره زار دشت قزوین به دلایل مختلف از جمله کاهش آورد رودخانه‌ها و برداشت مازاد آب زیرزمینی است. میانگین نقاط قوت و ضعف به دست آمده به ترتیب ۳/۴۴ و ۳/۸ و میانگین فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب ۳/۶ و ۴/۰۸ است. لذا نقاط ضعف و تهدیدها بیشتر وجود دارند. و در عرصه بهره‌وری آب نقاط ضعف و تهدیدها، توجه بیشتر کارشناسان بهره‌وری را معطوف خود ساخته است. و همچنین انحراف معیار محاسبه شده برای نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به ترتیب عبارت از ۰/۸۶، ۰/۸، ۰/۸۳ و ۰/۶۹ است. اختلاف نظر قابل توجه کارشناسان در تحلیل وضعیت بهره‌وری آب، ضرورت برگزاری نشست‌هایی برای بارش فکری و رسیدن به اجماع نظر در برنامه‌ریزی‌های بهبود بهره‌وری آب را مطرح می‌سازد.

۵- منابع و مراجع

۱. حقیقی، ب، برومند، س، ناصری، ع، ۱۳۹۴، تأثیر مدیریت‌های مختلف کم‌آبیاری در روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری بر عملکرد سبب زمینی و بهره‌وری آب، نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۲۹، شماره ۲.
۲. رحمتی پور، ع. معرفی، ص. ۱۳۹۶. برنامه‌ریزی، تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای توسعه پایدار منابع آب دشت سنقر با استفاده از مدل تحلیلی SWOT و ماتریس QSPM، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال ۸، شماره ۲۹.
۳. شاهنوشی، ن. نقوی، س. اعظم رحمتی، ا. ۱۳۹۵. بازخوردهای کلان اقتصادی-زیست‌محیطی اتخاذ سیاست "افزایش جمعیت" در ایران. نشریه آب و توسعه پایدار. سال سوم، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵، صفحات ۳۱ تا ۴۶.
۴. عباسی، ف. عباسی، ن. توکلی، ع. ۱۳۹۶. بهره‌وری آب در بخش کشاورزی؛ چالش‌ها و چشم اندازه‌ها. یادداشت تحلیلی، نشریه آب و توسعه پایدار. سال چهارم، شماره ۱.
۵. گزاسبی‌زاده، م. سبزیبانی، غ. دشتی، س. ۱۳۹۷. تحلیل و ارزیابی راهبردهای حفاظتی تالاب هورالعظیم با استفاده از ماتریس‌های SWOT و QSPM. نشریه علوم و مهندسی آبیاری. جلد ۴۱، شماره ۴، ص ۴۵-۵۹.
۶. مرسلی، ا. حیدری، ن. زارع، ع. حاتمی، ح.ر. ۱۳۹۶. بررسی نقش فرآیندها در ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی ایران، نشریه پژوهش آب در کشاورزی. جلد ۳۱، شماره ۲.
7. Ali, M.H. and M.S.U. Talukser. 2008. Increasing water productivity in crop production-A synthesis. Agric. Water Manage. 95:1201-1213 Available at: WWW.home.alltel.net/bsundquist1.ir6c.html.
8. Diamantopoulou, P. Voudouris, K. 2008. Optimization of water resources management using SWOT analysis: the case of Zakynthos Island, Ionian Sea, Greece. Environmental Geology. Volume 54, Issue 1, pp 197-211.
9. Molden, D. Oweis, Th. Steduto, P. Bindraban, P. Hanjra, M. Kijine, J. 2010. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. Agricultural Water Management. 97 (2010) 528-535.
10. United Nations (UN). 2017. World Population Prospects, the 2017 Revision.
11. Warren, J., Stoecker, A., Gatlin, J., Ramaswamy, K., Jones, R., Campiche, J., Paul, A., 2016. Optimizing The Economic Value Water From Ogallala Aquifer used for irrigation. Final Technical Report. Oklahoma State University.

Identification and Analysis of the Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats of the Water Productivity System in Qazvin Province Plain Using the SWOT Model

Mohammad Navid Farahza¹, Bijan Nazari^{2,*}

¹MSc Candidate of Irrigation and Drainage Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran, ²Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
b.nazari@eng.ikiu.ac.ir*

Abstract

In this research, the strengths, weaknesses, opportunities and threats of the water productivity system in Qazvin province were studied using the SWOT model. In general, 13 strength points, 21 weaknesses, 17 opportunities and 9 threats were evaluated by experts. According to the results of the research, the most important point of strength, the culture and thinking of accepting new irrigation systems, the most important weaknesses, the weakness in market management and the control and adjustment of the price of products, the most important opportunity in the plain, the potential of scientific and technical Expert The most important threat is the excessive withdrawal of Qazvin aquifers and the drop in water levels. Also, the average strengths and weaknesses obtained from the research were 3.44 and 3.8, respectively, and the mean of opportunities and threats was 3.6 and 4.8, respectively. So there are more weaknesses and threats. And in terms of water productivity, weaknesses and threats have attracted more attention from productivity experts. The calculated standard deviation for strengths, weaknesses, opportunities and threats is respectively 0.86, 0.8, 0.83 and 0.69, respectively. The significant controversy of experts in analyzing the state of water productivity, the need for holding meetings for intellectual rainfall and reaching a consensus on water improvement plans.

Keywords: Water Productivity, Qazvin, SWOT

مقایسه پاسخ لرزه‌ای در بدنه سدهای خاکی دارای مخزن خالی بلند مدت در دوره پس از خشکسالی و قیاس آن با طراحی استاندارد

علیرضا ترکاشون^۱، عباس علی قزل‌سوفلو^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، ^{۲*} استادیار و عضو هیات علمی گروه عمران، واحد

مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

^{۲*}(ghezelsofloo@gmail.com)

چکیده

در این پژوهش ضمن بررسی آثار خشکسالی بر سدهای خاکی این نتیجه حاصل می‌شود که خشکسالی می‌تواند ضمن ایجاد و گسترش ترک‌های عمیق در مصالح بدنه سد موجب تضعیف اساسی عملکرد سازه در مهار سیلاب و یا حتی قابلیت نگهداشت مخزن گردد. وقوع پیامدهای متأثر از شرایط فرسایش در دوره خشکسالی مانند افزایش ضریب نوسان سازه در لرزه دینامیکی خصوصاً در نزدیکی تاج سد، تغییر رفتار الاستیک سازه به سمت رفتار پلاستیک و تغییرات ارتفاع آزاد نیز عوامل مهم و مؤثری هستند که عملکرد هسته و پایداری شیب‌ها و توان روگذری سد را شدیداً کاهش داده و الزام به معرفی و افزایش سطح جدیدی در ضرایب اطمینان برای دوره زمانی جغرافیای دچار خشکسالی را تشدید می‌نمایند. یادآوری این موضوع که تاکنون تحلیل عملکردی سدهای خاکی نسبت به زمان، کاملاً الاستیک و با فرض ثبات شرایط عملکردی مصالح بدنه و پارامترهای محیطی بوده است در کنار نتایج حاصل از این پژوهش، ضرورت تحلیل دینامیکی عملکرد سد نسبت به زمان را خصوصاً در شرایط ناپایداری یا تغییرات اقلیمی مؤکد نموده و نتایج تحلیلی یک مدل غیرخطی و متغیر از رفتار پارامترهای مصالح خاکی در این پژوهش، نمایانگر کاهش عملکردی سازه و امکان رابطه‌سازی جهت تجدیدنظر در ضرایب اطمینان نسبت به حالت طراحی اولیه می‌باشد.

کلیدواژه: سد خاکی، مخزن خالی، خشکسالی، فرسایش، فرونشست

۱. مقدمه

پیامدهای خشکسالی موجب تضعیف ساختار و مقاومت خاک و همچنین ایجاد ترک‌های گسترده و نشست زمین می‌شود. لازم به ذکر است که میزان کربن آلی در خاک‌ها عامل زنده نگاه‌داشتن خاک و حفظ ساختار خاک می‌باشد و افزایش اکسیداسیون کربن آلی خاک در اثر خشکسالی موجب تضعیف ساختار و تغییر خواص مکانیکی خاک شده و نشست موضعی یا پهنه‌ای را به دنبال خواهد داشت که این موضوع موجب تغییر در رفتار بستر پی و تغییر شیب آبراه‌ها و مخزن خواهد گردید. و این در حالی است که در طراحی سدها با محاسبه حداکثر آورد رودخانه در دوره بازگشت‌های طولانی، ارتفاع مشخصی برای سد به علاوه ارتفاع آزاد در جهت اطمینان طرح می‌گردد که در فرایند نشست زمین کاهش یافته و یا به کلی از دست می‌رود و سازه را در معرض خطر جدی در مواجهه با سیلاب قرار می‌دهد. همچنین تغییرات ساختاری خاک که مصالح اصلی تشکیل‌دهنده بدنه سد می‌باشد نیز به‌تنهایی، پایداری ترانشه‌ها را مورد سوال قرار خواهد داد. همچنین کلیه مباحث و ضعف‌های متأثر از دوران طویل خشکسالی زمانی در عملکرد ساختاری مصالح در سدهای خاکی زمانی حائز اهمیت می‌گردند

که خشکسالی موجب تغییر سیکل نرمال بارش و متعاقبا تضعیف ساختار خاک شده و از طرفی فقدان رطوبت بلند مدت خاک موجب کاهش آمادگی خاک جهت جذب آب می‌گردد و بارندگی شدید در منطقه می‌تواند احتمال شکست ناشی از بروز سیلاب را افزایش دهد. در این به بررسی عواملی نظیر از بین رفتن ارتفاع آزاد در اثر نشست نامتعادل، کاهش تراکم ناشی از هوازگی در فضای تراکم، روانگرایی ماسه‌های غیراشباع، عدم تطبیق محاسبات تنش ناشی از زلزله بر متغیرهای فشار آب منفذی در زمان فقر لزجت داخلی، کاهش تنش مؤثر خاک بدنه سد و تقلیل مقاومت برشی در بدنه سد پرداخته می‌شود.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تنفس خاک در پلات خشکی با هدرروی کربن افزایش یافته و تخریب کربن خاک، فرضیه تغییر ظرفیت نگهداری رطوبت خاک به دلیل هدرروی ماده آلی خاک را تأیید می‌کند (۵). از طرف دیگر تغییرات مشاهده شده در جرم مخصوص ظاهری خاک نیز کاهش می‌یابد که پیامد آن به معنای عدم احتمال بازگشت سریع به سطوح اولیه رطوبت خاک پس از توقف خشکسالی و به مفهوم شرایط ناپایدار جدید برای رطوبت خاک پس از خشکسالی‌های پی در پی می‌باشد (۶). لذا می‌توان گفت در پدیده خشکسالی ابتدا فرسایش تدریجی مواد آلی باعث بازسازی لایه آلی و کاهش ویژگی نگهداری رطوبت می‌گردد (۸) و پس از آن تغییرات رطوبت خاک (به دلیل دوره خشکی شدید) تا جایی بر حجم مصالح تأثیر می‌گذارد که سطوح رطوبت خاک هیچ‌گاه به حالت اشباع نرسیده و رفتار خاک پس از در این دوره دگرگون شده و مرز میان نقطه اشباع و اتمسفر به زهکشی آزاد تغییر می‌کند.

در خصوص بررسی تراوش در پایداری سدهای خاکی نیز می‌توان گفت در هر سطح خاک در شرایط مخزن پر، فشار آب حفره‌ای در طول بدنه سد ثابت خواهد بود اما اگر بنا به دلایل مختلف برای مدت بسیار طولانی مخزن سد خالی باقی بماند فشار خارجی هیدرواستاتیکی پایدارکننده کاهش می‌یابد و موجب گسترش فشار آب حفره‌ای اضافی داخل خاکریز و کاهش ضریب اطمینان شیب بالادست می‌گردد. همچنین در اثر افت تراز آب، گرادیان هیدرولیکی معکوسی به سمت بالادست سد ایجاد می‌گردد که متعاقبا تراز آب سد به تدریج در طول جریان خروجی دچار پسروی می‌شود (۷). باید اذعان داشت که مقدار فشار آب حفره‌ای اضافی درون خاکریز سد، به شدت وابسته به وضعیت نفوذپذیری مصالح سد می‌باشد و با توجه به تغییرات شدید شاخص جذب رطوبت خاک در دوره خشکسالی، موجب بروز شرایط عدم اطمینان در عملکرد سازه سد در مواجهه با سیلاب محتمل می‌گردد (۱). امروزه در طراحی سدهای خاکی فرض بر اشباع بودن محیط خاک می‌باشد اما این ساده‌سازی و صرف‌نظر از جریان غیراشباع برای مصالح فرسایش‌یافته صحیح نمی‌باشد، لذا لازمه مدل‌سازی جریان در محیط غیراشباع تعیین و استفاده از منحنی‌های مشخصه رطوبتی خاک و توابع هیدرولیکی وابسته به آن است. زیرا در خاک‌های غیراشباع حجم آب محبوس در میان حفره‌ها با توجه به مقدار مکش در میان آن‌ها و منافذ تغییر می‌کند و با توجه به آن که مکش به صورت تفاوت میان فشار هوا و فشار آب تعریف می‌شود و محتوای آب در زمان و مکان تغییر می‌کند لذا تابعی نیاز است تا چگونگی تغییرات محتوای آب را در فشارهای متفاوت داخل خاک مشخص کند. به‌طور معمول گسترش شکاف هیدرولیکی در چهارچوب مکانیک شکست الاستیک خطی بررسی می‌شود اما در دهه اخیر پژوهشگران با ارائه راه حل عددی جهت کرنش مسطح برای گسترش شکاف هیدرولیکی (۲) به بررسی اثر پروالاستیسیته در گسترش شکاف هیدرولیکی پرداخته‌اند (۹). همچنین محققین با مدل‌سازی دو بعدی پروالاستیک برای گسترش شکاف هیدرولیکی مفهوم پروالاستیسیته را در مدل PKN وارد نموده و اظهار داشته‌اند که تأثیر پروالاستیسیته می‌تواند سبب افزایش فشاری شود که در جهت بسته شدن شکاف عمل می‌کند (۴). از این رو مدل‌سازی دو بعدی گسترش شکاف هیدرولیکی با استفاده از روش اجزای محدود نشان داده است که در محیط پروالاستیک فشار لازم برای گسترش شکاف هیدرولیکی بیش از مقدار مشابه در محیط الاستیک است (۳).

در این پژوهش با فرض پارامترهای مصالح و محیط به بررسی و آنالیز نتایج حاصل از آثار خشکسالی مانند فرونشست‌های ادواری و آفت قابلیت جذب رطوبت توسط مصالح در یک سد خاکی نسبت حالت طراحی نرمال پرداخته خواهد شد. همچنین آثار ثانویه فرسایش مانند جابجایی ریزدانه‌ها و ترک‌های موضعی نیز در شرایط عملکرد بحرانی سازه مانند زمین‌لرزه یا ورود

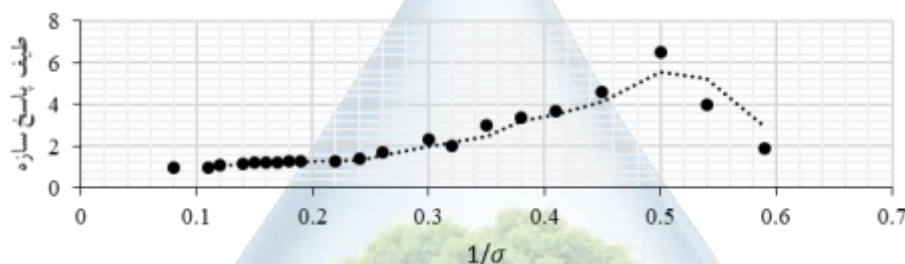
سیلاب مدل‌سازی شده و برای هر یک از شاخص‌های عملکردی سد، سطوح اطمینان در دوره فرسایش برآورد می‌گردد. موضوع مهم در خصوص مدل‌سازی با نرم‌افزارهای کنترل پایداری و تراوش در سدهای خاکی این است که این نرم‌افزارها پارامترهای متغییری برای تغییر حرکت عمودی و بلند مدت در بستر که تداعی کننده فرونشست باشد در نظر نمی‌گیرند و کلیه حرکت‌های محیطی آن‌ها در شبیه‌سازی زمین‌لرزه (تغییر مکان سریع و مقطعی) خلاصه می‌شود. همچنین مشخصات مصالح بدنه سد در هیچ یک از این نرم‌افزارها در طول زمان تغییر نمی‌کند و در تمام مراحل تحلیل ثابت فرض می‌شود. از این رو با تغییر در کدنویسی داده‌های استاتیکی مصالح در نرم‌افزار Geostudio تلاش گردیده است تا شبیه‌سازی تغییرات مشخصات مصالح در بازه زمانی طولانی به شکل دینامیکی اعمال شود. همچنین به منظور شبیه‌سازی تغییرات بستر در بازه زمانی فرسایش، دامنه تغییر مکان‌های عمومی در یک دوره چهل ساله تغییر داده شده است لذا در این پژوهش با استفاده از روش بیشاپ اصلاح شده به کنترل پایداری برای خطوط شکست و ضرائب اطمینان در ۱۴۸ نمونه از فرسایش زمانی فرضی پرداخته شده است. نکته حائز اهمیت در کنترل تغییر مکان‌های نسبی بین روش‌های تحلیل دینامیکی و استاتیکی در تثبیت حدود حرکت در بدنه بستر می‌باشد به طوری که در آنالیز شبه استاتیکی، حرکت افقی در چپ و راست بستر ثابت می‌شوند اما در تحلیل دینامیکی کاملاً در جهت حرکت عمودی محدود می‌گردند. همچنین در هر دو حالت، تغییر مکان افقی و عمودی در کف بستر نیز محدود است. لذا می‌توان گفت ضرورت بررسی تغییر مکان‌های گرهی در المان ویژه منوط به گسیختگی مش‌های هم‌مرز در نقاط ویژه است. در این پژوهش پاسخ و تشدید لرزه‌ای در تاج سد تحت رکوردی با محتوای فرکانسی نزدیک به فرکانس طبیعی سد با در نظر گرفتن رفتار ویسکوالاستیک خطی در نظر گرفته شده و سپس به منظور بررسی اثر پلاستیسیته بر پاسخ لرزه‌ای سد در چارچوب مدل رفتاری الاستوپلاستیک مورکولمب با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح به روش تفاضل محدود و پس از اعمال تغییرات پارامتری خاک ناشی از فرسایش مورد بررسی واقع گردیده است.

همچنین جهت تعیین ظرفیت باربری مجاز پی‌های سنگی با استفاده از معیار شکست غیرخطی، روش سرانو و اولالا براساس معیار غیرخطی هوک و براون استفاده شده است و برای تعیین ظرفیت باربری از هیچ یک از روش‌های جریان و روش‌های زهکشی نشده استفاده نمی‌گردد زیرا خاک فشرده شده فاصله زیادی تا صلب بودن دارد و وضعیت کاملاً زهکشی‌نشده نیز حتی با فرض مصالح تقریباً نفوذناپذیر برای طولانی‌ترین حالت عدم وجود تراز آب در مخزن نیز اتفاق نمی‌افتد (۱). لذا انجام تحلیل عددی بر روی موقعیت خط سطح آزاد آب در سد خاکی در هر دو شرایط جریان پایدار و در شرایط مخزن خالی بلندمدت (با تغییر مشخصات خاک) صورت می‌گیرد و مدل‌سازی جریان بر مبنای دو محیط اشباع و غیراشباع و در حالت جریان غیر ماندگار مورد بررسی قرار گرفته که بدین منظور از بخش پایین پنجه بالادست به عنوان مقطع بحرانی که دارای بیشترین حجم خاکریزی و بیشترین تراز آب در مخزن خود می‌باشد استفاده شده است. در ادامه و برای برآورد اثر اندرکنش خاک بر سازه سد، دو سیستم در نظر گرفته شده است که در سیستم اول حرکت ورودی به پای سازه صلب اعمال گردیده و در سیستم دوم ابتدا حرکت ورودی به پای یک سیستم خاک لایه‌ای بر بستر سنگی وارد شده و سپس پاسخ آن در تراز میدان آزاد زمین محاسبه می‌شود. در گام بعد، پاسخ هر دو سیستم در بالای سازه محاسبه می‌شود و نسبت نتایج پاسخ طیفی حاصل از سیستم‌های فوق محاسبه می‌گردد که مقادیر حاصله بزرگ‌نمایی پاسخ سازه‌ای را نشان می‌دهد. در این حالت اثرات اندرکنش خاک و سازه بر پاسخ سازه‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و نتایج حاصله با نتایج به دست آمده از تحلیل‌های بخش‌های قبل که در آن‌ها اثرات اندرکنش خاک و سازه نیز در نظر گرفته شده است مقایسه می‌گردد. با توجه به آن که تحلیل الاستوپلاستیک روش کارآمدی برای بررسی پایداری سدها در برابر بارگذاری لرزه‌ای می‌باشد، تغییر مکان‌های بدست آمده تحت بارگذاری لرزه‌ای برای ارزیابی پایداری سد مورد استفاده قرار می‌گیرد و به بررسی پاسخ سد پس از فرسایش متأثر از خشکسالی و با در نظر گرفتن اندرکنش آب و خاک که تأثیر چشمگیری در پاسخ لرزه‌ای سد دارد پرداخته می‌شود. لازم به ذکر است که افت انرژی در خاک و سنگ هیسترتیک بوده و در هر سیکل بارگذاری و باربرداری کرنش برشی مستقل از سرعت می‌باشد ولی به دامنه بارگذاری بستگی دارد و از طرفی با توجه به این مسئله که مدل‌های غیرخطی پیچیده بوده و نیاز به

معرفی پارامترهای گسترده‌ای می‌باشد از مدل الاستوپلاستیک مورکولمب که قادر به ایجاد افت مدول برشی و منحنی‌های نسبت میرایی می‌باشد استفاده می‌گردد.

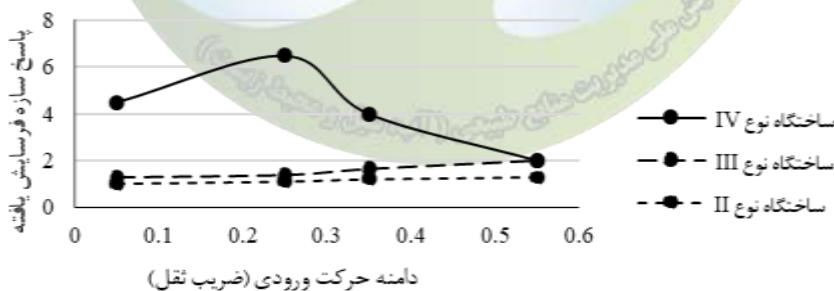
۳. نتایج و بحث

از منظر پاسخ سازه‌ای و اثر سختی متغیر مصالح، نتایج پژوهش حاکی از آن است که اگر پارامتر h به صورت فاصله پاشنه سد تا مرکز ثقل جرمی سد و سرعت موج برشی وابسته به کرنش لایه خاکی باشد و T پریود اصلی سازه سد با پای صلب تعریف شده باشند روند تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ سازه‌ای می‌تواند نسبت به سختی نسبی سازه سد به خاک که به وسیله پارامتر $\frac{1}{\sigma} = h/(v_i \cdot T)$ کمی سازی شده است، سنجیده شود و نتایج سازه حاصل مطابق شکل ۱ خواهد بود.

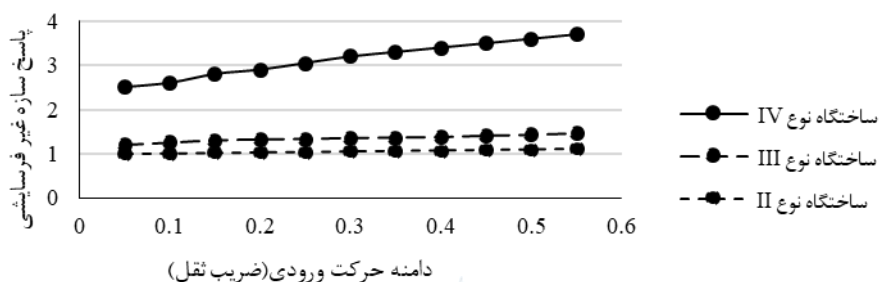


شکل ۱- تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه‌ای در برابر نسبت سازه به سختی مصالح

همچنین به دلیل وجود اثرات میرایی و رفتار غیرخطی وابسته به کرنش برشی خاک در زیر سازه سد، سطح شتاب ورودی می‌تواند اثر قابل توجهی بر پاسخ آن داشته باشد به طوری که با افزایش سطح شتاب ورودی، سختی ساختگاه کاهش می‌یابد و کاهش سختی ساختگاه و همچنین تغییر محتوای فرکانسی حرکت ورودی، پاسخ سازه‌ای را به طور کلی تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای ترکیب‌های مختلف ساختگاه سازه و محیط لرزه‌ای، منحنی‌های تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه نسبت به سطح شتاب ورودی در شکل‌های ۲ و ۳ آورده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود در حالت قرار گرفتن سازه بر ساختگاه غیرفرسایشی افزایش پاسخ سازه‌ای به مراتب از ساختگاه فرسایش‌یافته قابل توجه‌تر است. لازم به ذکر است که در حالت قرار گرفتن سد بر ساختگاه‌های دچار فرسایش، به دلیل نزدیک شدن پریود ساختگاه و سازه مقادیر بزرگ‌نمایی بیشتر شده‌اند اما برای ساختگاه نوع IV وضعیت متفاوت می‌باشد به طوری که به علت نزدیک شدن پریود اصلی سازه و ساختگاه، مقدار بزرگ‌نمایی اولیه رشدی صعودی دارد که به علت وقوع پدیده تشدید به حداکثر مقدار خود رسیده اما پس از آن رو به کاهش می‌گذارد.

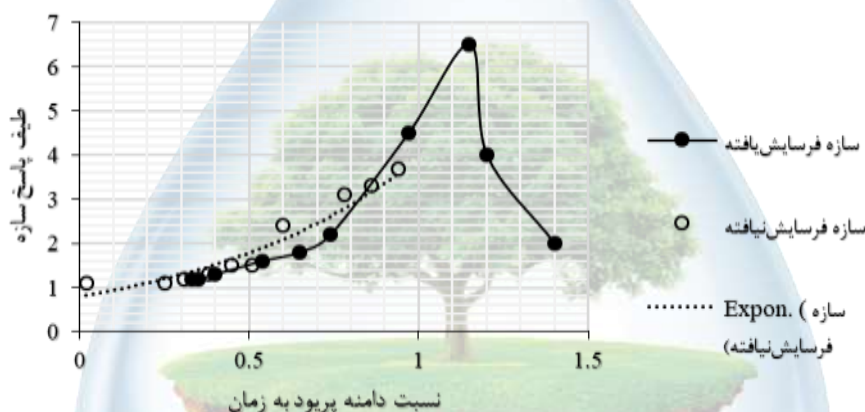


شکل ۲- تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه فرسایش یافته در برابر سطح شتاب ورودی



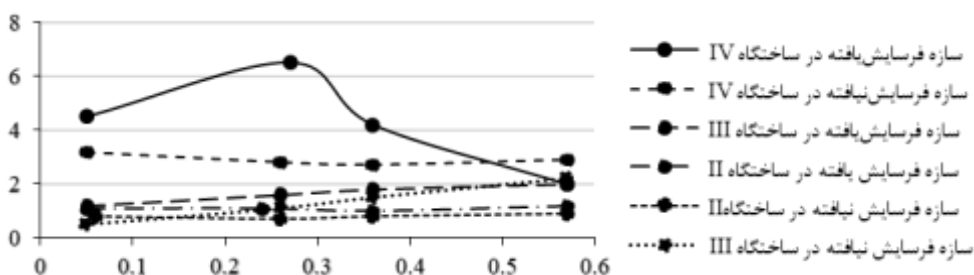
شکل ۳- تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه نرمال در برابر سطح شتاب ورودی

در شکل ۴ تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه سد در برابر پرپود نسبی ساختگاه به سازه، برای ترکیب‌های مختلف ساختگاه سازه و محیط لرزه‌ای آورده شده است و همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش پرپود نسبی در سازه فرسایش‌نیافته پاسخ سازه‌های افزایش می‌یابد.



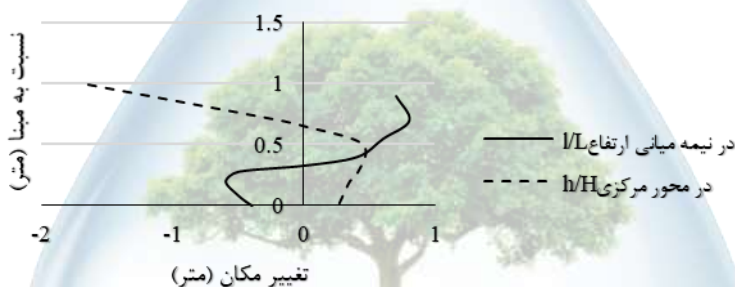
شکل ۴- تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ طیفی سازه سد در برابر پرپود نسبی ساختگاه

در شکل ۵ منحنی تغییرات بزرگ‌نمایی پاسخ لرزه‌ای آورده شده است و ملاحظه می‌شود که در صورت لحاظ کردن اثرات اندرکنش خاک و سازه در سازه دچار فرسایش، در تمامی حالات بزرگ‌نمایی پاسخ سازه‌های رخ خواهد داد و در حالت قرارگرفتن بر ساختگاه نوع II و III نتایج حاصل مقادیر بزرگ‌نمایی بیشتری را نسبت به حالت نرمال نشان می‌دهد و هرچه سطح شتاب بالا می‌رود این اختلاف کمتر می‌شود. در حالت قرار گرفتن سازه بر ساختگاه در سطح شتاب پایین اختلاف مقادیر زیاد است و هرچه سطح شتاب بیشتر می‌شود این اختلاف کمتر می‌شود که وجود این روند می‌تواند به این دلیل باشد که در اثر افزایش سطح شتاب ورودی، اثرات میرایی قابل توجه‌تر می‌شود و این افزایش مشخصه‌های آمپدانس پی را اصلاح می‌کند در نتیجه سرعت افزایش پاسخ سازه‌های نسبت به سطح شتاب ورودی را کاهش می‌دهد ولی برای ساختگاه نوع IV سطوح شتاب با بزرگ‌نمایی بیشتری نمایان می‌شود زیرا در حالت قرار گرفتن بر ساختگاه دچار فرونشست روند کاملاً متفاوتی نسبت به سازه نرمال رخ خواهد داد و همان‌طور که ملاحظه می‌شود به علت این که در سطوح شتاب پایین پدیده تشدید رخ می‌دهد تغییرات شتاب ثقل ابتدا صعودی و پس از میزان حداکثری، نزولی خواهد بود.



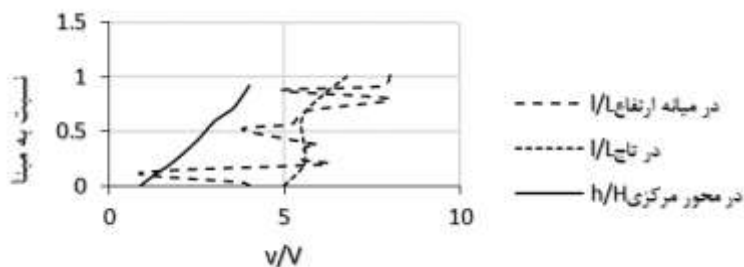
شکل ۵- مقایسه نتایج حاصل از تحلیل براساس نوع ساختگاه در سازه‌های فرسایش یافته

به منظور بررسی تأثیر پلاستیسیته بر پاسخ سد، همان گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود تغییرات تغییرمکان در میانه ارتفاع نشان از افزایش مقدار آن در مرزها و شیب‌های بالادست و پایین دست می‌باشد و این موضوع بیانگر آغاز ناپایداری خاک و تغییرمکان پسماند در شیب‌ها و در قسمت بالای سد می‌باشد. تغییرمکان در محور مرکزی سد نیز با افزایش فاصله از پی و در زیر ارتفاعی معادل دو سوم ارتفاع نسبت به تاج ثابت بوده و در یک سوم نیمه بالایی با مقادیر بزرگتری قابل مشاهده است.



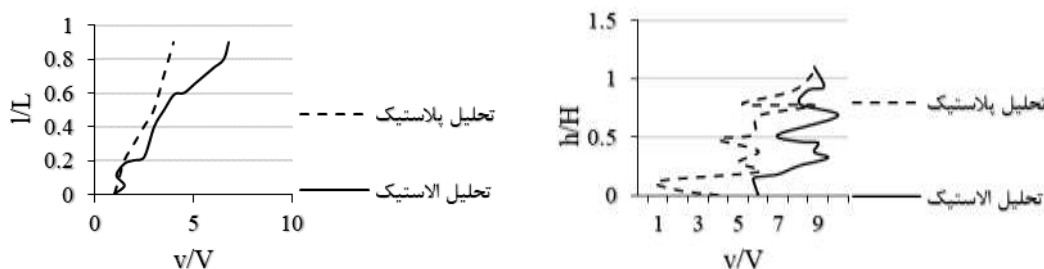
شکل ۶- تغییر مکان پسماند در نیمه میانی ارتفاع و در محور مرکزی مقطع عرضی سد

همچنین در شکل ۷ مشاهده می‌شود که تشدید در محور مرکزی با فاصله از پی افزایش می‌یابد و در تاج به بیشترین مقدار خود رسیده و تغییرات تشدید جانبی نیز در منطقه تاج تقریباً یکنواخت و در میانه ارتفاع متغییر است.



شکل ۷- تغییرات تشدید سرعت در میانه ارتفاع، در محور مرکزی، در تاج سد

مقایسه تحلیل‌های الاستیک و پلاستیک سد در بیشترین سرعت در شکل ۸ نیز نشان می‌دهد که تغییرشکل‌های پلاستیک منجر به کاهش دامنه سرعت به خصوص در نیمه بالایی سد می‌گردد که البته این مسئله مربوط به میرایی انرژی امواج ورودی توسط تغییرشکل‌های پلاستیک و تأثیر پلاستیسیته بر کاهش فرکانس‌های اصلی سد می‌باشد.



شکل ۸- تأثیر پلاستیسیته بر بیشترین سرعت

۴. نتیجه گیری

نتایج تایید می نماید که فرسایش تدریجی مواد آلی که موجب تخریب ساختار آلی مصالح خاکی در بدنه سد و در نتیجه افت شدید ویژگی نگهداری رطوبت در عناصر خاکی سد می گردد ضمن کاهش مقاومت مصالح می تواند با پدیده تسریع در رفتار پلاستیک خاک و در نهایت کاهش حد پایداری آن همراه باشد. همچنین کاهش فرکانس طبیعی سازه به دلیل افزایش رفتار پلاستیک مصالح می تواند ضمن ایجاد مرز بحرانی و تشدید برای گسیختگی تاج در هنگام روگذری سیلاب، باعث لزوم تغییر در پارامترهای دوره نوسان سازه و ضرورت تغییر در تحلیل دینامیکی نرم افزارهای تحلیل گر در معرفی طیف های لرزه دینامیکی براساس پارامترهای متغیر زمانی مصالح بدنه در بازه عمر سد و در جغرافیای متأثر از خشکسالی گردد. براساس مطالعه انجام شده می توان پیامدهای متأثر از فرونشست اقلیم خشکسالی را در شکاف رویه پایین دست و کاهش ارتفاع آزاد خلاصه نمود، که این عوامل در کنار پیامدهای دیگر خشکسالی مانند افزایش تراوش کنترل نشده در بدنه که پدیده های رگاب یا پایپینگ را به دنبال دارند موجب توسعه شکاف در پایین دست و شکست ناشی از آن یا تشدید بحران در حالت روگذری گردد. همچنین مشاهده می شود که نوع خاک ساختگاه و اندرکنش خاک و سازه سد، در هنگام وقوع زلزله می تواند نیروی وارد به سازه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد به طوری که پاسخ دینامیکی سازه سد نه تنها به سختی آن بلکه به مشخصات دینامیکی ساختگاه (شامل سختی و میرایی)، شرایط اقلیمی، رفتار غیرخطی مصالح، سطح شتاب وارده و محتوای فرکانسی آن نیز وابسته است که بسته به نوع سیستم خاک-سازه و محل قرار گرفتن آن می تواند انجام تحلیل سه بعدی اندرکنش دینامیکی خاک و سازه را در نظر گرفتن رفتار غیرخطی خاک را لازم داشته باشد. در این رویکرد در صورت قرار گرفتن سازه ها بر ساختگاه نوع II، افزایش پاسخ سازه های قابل توجه نخواهد بود اما در حالت وجود ساختگاه نوع III برای سازه های فرسایش یافته افزایش بیشتر پاسخ سازه ای نسبت به سازه فرسایش نیافته به دست آمده است که این موضوع در حالت وجود ساختگاه نوع IV، اثرات رفتار غیرخطی خاک و اندرکنش خاک و سازه سد را عامل افزایش قابل توجه پاسخ سازه ای می نماید به طوری که به دلیل وقوع پدیده تشدید، افزایش پاسخ سازه ای برای سازه نوع فرسایش یافته بیش از سازه نوع فرسایش نیافته است.

همچنین نشست ناشی از افت سطح آب، در لایه های بالایی بدنه سد در سازه فرسایش یافته بیش از لایه های تحتانی می باشد زیرا لایه های پایین تر، مدول الاستیک بزرگ تر و ضریب تغییر حجمی کمتری دارند. همچنین باتوجه به آن که با افزایش عمق، تراکم لایه های خاک و میزان مدول الاستیک خاک به شکل غیرخطی افزایش می یابد توصیه می شود از ضریب تغییر حجم (m_v) به جای نشانه فشردگی (C_c) که تقریباً ثابت است استفاده گردد. لذا می توان گفت نشست هر لایه می بایست به میزان تنش همان لایه و میزان ضریب تغییر حجمی آن لایه محاسبه گردد در غیر این صورت نتایج با واقعیت دارای اختلاف زیادی خواهند بود.

در خاتمه، تحلیل های الاستوپلاستیک غیرخطی حاکی از آن است که مسئله پلاستیک شدن نواحی مختلف هسته و پوسته به دلیل کاهش فرکانس طبیعی سد و در نتیجه افزایش جذب انرژی، باعث تأثیر چشمگیری در پاسخ لرزه ای سد

می‌گردد و تغییر شکل‌های پلاستیک منجر به کاهش تشدید به خصوص در یک سوم ارتفاع و تردید در پایداری این تراز می‌گردد. خصوصاً با توجه به آن که تغییرات تغییر مکان در محل شیب‌ها حداکثر می‌باشد می‌توان احتمال شروع ناپایداری ممکن در این محل را پیش‌بینی کرد. از این رو در نیمه سوم ارتفاع سد با توجه تغییر مکان‌ها، پسماند بزرگی ایجاد می‌شود که باید با دقت مضاعفی طراحی گردیده و ارتفاع آزاد مناسبی به گونه‌ای در نظر گرفته شود که در اثر تداوم فرکانس غالب زلزله و سازه سد از پدیده تشدید جلوگیری گردد.

۵. منابع

۱. اردکانی، ر. ض. (۱۳۹۳). اثر ناهمسانی مصالح و سرعت افت تراز آب مخزن بر روی پسروری خط سطح آزاد آب در سدهای خاکی همگن. اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی دانشگاه رجایی. تهران.
2. Adachi, J. I., Detournay, and E. (2008) Plane strain propagation of a hydraulic fracture in a permeable rock. Engineering Fracture Mechanics, p: 4666-4694
3. Aghighi, M. A. (2007). Fully coupled fluid flow and geomechanics in the study of hydraulic fracturing and post-fracture production. The University of New South Wales.
4. Boone, T.J, Ingraffea, and A.R. (1990) A numerical Procedure for Simulation of Hydraulically Driven Fracture propagation in Poroelastic Media. International Journal for Numerical Methods in geomechanics ,p:27
5. Domínguez, M. S. (2015) Sustained impact of drought on wet shrublands mediated by soil physical changes. Biogeochemistry.
6. Robinson, D. J.(2003). Review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. Vadose Zone Journal , p:444-475
7. Sherard, S. P. (1976) Earth and eart rock dams. Wiley, New York., p:23-49
8. Sowerby, A. E. (2008) Contrasting effects of repeated summer drought on soil carbon efflux in hydric and mesic heathland soils. Global Change Biology. p:2404-2388
9. Vandamme, L. Detournay, E. and Roegiers, J. C. (1987). Poroelasticity in Hydraulic Fracturing Simulators. Journal of Petroleum Technology , p1199-1203



Comparison between Seismic Response in Soil Dam with Long-Term Vacant Dam Tanks and Standard Design

Alireza Torkashvan^۱, Abbasali Ghezelsofloo^{*۲}

^۱ Student of Department of Hydraulic civil structure, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^۲ - Assistant Professor of Department of Hydraulic civil structure, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

^{۲*}: ghezelsofloo@gmail.com

Abstract

In this study, assessment at of drought effects on embankment dams shows its consequences can be concluded some deep cracks in structure of the dam that they can weakening structural performance at confrontation the flood or the storage capacity of the reservoir. The occurrence of the effects of drought erosion conditions such as increasing the coefficient of oscillation of the structure in dynamic vibration especially near the crown of the dam, increasing the water pressure in cracks and chang the behavior of structures from the elastic to plastic makes structure function mutation, So freebord level change will be also important and effective factors in this case. Results of this study shows drought effects can be decrease core performance, slope stability and safety factors, so it is necessary to choise dynamic methods for quake analysis and developing and add non-hydraulic crak of soil variation parameters at analysor softwares. On the other hand, the performance of the structure depends on how long they has had severe heat and lack of moisture at their old because extreme heat causes the organic structure of the soil to be destroyed, and the reduction of carbon causes new organic substances to occur in the soil. This new structure is differs a lot from the material parameters that designer has initial in analysis. Also crest passing endurance will decrease beacause of opening cracks span growth at lack of moisture. Therefore, it is necessary by changing the method of analysis to change the characteristics of the materials with the time of the oscillation based on the quake history.

Keywords: embankment dam, vacant embankment, drought, erosion, subsided

1 - Student of Department of Hydraulic civil structure, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

2 -Assistant Professor of Department of Hydraulic civil structure, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

اثر تنش‌های شوری و خشکی بر دو گونه یونجه (*Medicago sativa* و *Medicago scutellata*) در مرحله گیاهچه

ام‌البنین ابراهیمی^{۱*}، آرمان مقصودلو^۲، مجید محمداسماعیلی^۳، ساسان فرامرزی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، ^۲ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، ^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، ^۴

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری

*^۱ommolbanin.ebrahimi@yahoo.com

چکیده

تنش‌های شوری و خشکی بیش از هر عامل دیگری موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی و مرتعی در سراسر جهان می‌گردند، یونجه از گیاهان علوفه‌ای مهم است که سطح زیادی از مراتع و مزارع را به خود اختصاص داده است. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و خشکی بر سبز شدن و رشد اولیه یونجه، آزمایشی در مرحله گیاهچه و در سیستم هیدروپونیک به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو گونه یونجه (*Medicago sativa* و *Medicago scutellata*) در هفت سطح شوری (شاهد، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ بار) با استفاده از NaCl و نه سطح خشکی (شاهد، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ بار) از ماده مانیتول مورد بررسی قرار گرفتند. با افزایش شدت تنش شوری و خشکی طول ریشه و ساقه هر دو گونه کاهش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گونه *Medicago scutellata* با داشتن ۱۳/۶۴ سانتی‌متر و ۱۱/۹۱ سانتی‌متر ریشه‌چه به ترتیب تحت تنش خشکی و تنش شوری دارای تحمل بیشتر نسبت به گونه *Medicago sativa* بود. کلیه ویژگی‌های رشدی گیاهچه در گونه *Medicago scutellata* در رده بالاتری نسبت به گونه *Medicago sativa* بود. بنابراین گونه متحمل‌تری نسبت به تنش شوری و خشکی می‌باشد.

واژگان کلیدی: کشت هیدروپونیک، مانیتول، رشد گیاهچه، تحمل و مقاومت گیاهچه

۱- مقدمه

خشکی یکی از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است که خطری برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی و مرتعی در ایران و جهان می‌باشد (۹). یکی از موانع گسترش زادآوری گیاهان مرتعی، شوری زیاد در هنگام جوانه زدن بذراست (۱۷). یونجه یکی از مهمترین گیاهان علوفه‌ای می‌باشد که بیش از ۶۰ گونه مختلف دارد که دو سوم آن یکساله و یک سوم چند ساله می‌باشد (۱۰). یونجه بسته به واریته و اقلیم بین ۳ تا ۱۲ سال عمر می‌کند و لگوم چند ساله فصل سرد می‌باشد. گیاه یونجه قادر است طی دوره‌های طولانی خشکی به خواب رفته و جزء معدود محصولات است که می‌تواند از بارندگی مناسب یا آبیاری که اتفاق افتاده به‌طور مطلوبی استفاده کند. این گیاه تحت شرایط خشکسالی تعداد ساقه‌های خود را کاهش می‌دهد و تعداد برگ خود را افزایش می‌دهد و همچنین کیفیت علوفه آن در شرایط خشکی بالاتر از شرایط عادی می‌باشد (۲۰). با توجه به خوشخوراکی و اهمیت یونجه و پراکنش وسیع آن در مناطق مختلف کشور و با توجه به وسعت خاک‌های شور ایران و اینکه کشورمان دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد لازم است که به بررسی اثرات تنش خشکی و شوری بر توده‌های یونجه و تعیین میزان مقاومت آن‌ها در برابر تنش خشکی و شوری اقدام گردد. انتخاب گیاهان مقاوم به شوری و خشکی از

طریق کشت در محیط هیدروپونیک روشی کم هزینه و مطمئن جهت صرفه جویی در زمان محسوب می شود (۱۱). کشت هیدروپونیک به منظور مطالعه و ارزیابی فیزیولوژیکی اثرات مقادیر مختلف تنش شوری و خشکی در مرحله گیاهچه ای انجام می گیرد. مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است. آخوندی و همکاران (۱۳۸۳)، به بررسی شاخص های مورفولوژی و انتخاب ژنوتیپ های مقاوم یونجه در برابر تنش اسمزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی بر پارامترهای مختلف رشد به صورت های مختلف تأثیر می گذارد و پاسخ گیاه به این اثرات متفاوت می باشد. سینگ و پاتل (۲۰۱۰)، بیان کردند که افزایش غلظت شوری آب، سبب کاهش درصد جوانه زنی و عملکرد نهایی در گیاه یاد شده گردید. کاهش جوانه زنی در گیاهان در محیط های شور می تواند بدلیل کاهش جذب به علت برهم خوردن تعادل اسمزی و نیز به علت ایجاد سمیت یونی و در نهایت به علت ایجاد اختلال جذبی عناصر ایجاد گردد که این مطلب توسط تحقیقاتی که صفرنژاد و همکاران (۱۹۹۶)، بر روی یونجه انجام دادند و نیز تحقیقات (Penueals et al, 1997) و Shalhevet, (1998) با بررسی سازگاری گیاهان تحت تنش های محیطی، تأیید گردید. نتایج به دست آمده از تحقیق صفرنژاد و حمیدی (۱۳۸۷)، بر روی ویژگی های مورفولوژی رازیانه نشان داد با افزایش شوری، درصد جوانه زنی، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذر، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و زیست توده در ژنوتیپ های رازیانه به طور معنی داری کاهش یافت. بررسی گونه های مختلف مرتعی و علوفه ای تحت تنش های مختلف محیطی، بویژه تنش شوری و خشکی شناخت پتانسیل سازگاری گونه ها و معرفی گونه ها و ارقام سازگار می تواند گامی در جهت رفع کمبود علوفه باشد. هدف از انجام این آزمایش بررسی عکس العمل دو گونه یونجه در مرحله گیاهچه و تعیین بهترین پتانسیل برای به گزینی گونه مقاوم به خشکی و شوری بود.

۲- مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و شوری بر دو گونه *Medicago sativa* و *Medicago scutellata* در مرحله گیاهچه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. بدین منظور بذور جوانه دار شدند. تیمارهای خشکی و شوری به ترتیب از ۹ سطح خشکی از ماده مانیتول (شاهد، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ بار) و ۷ سطح شوری از NaCl (شاهد، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۴ بار) در نظر گرفته شد. بذور دو گونه در شرایط بدون تنش قرار داده شدند تا جوانه دار شدند. عناصر ماکرو و میکرو خاک با وزن های مشخص در حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر تهیه گردید و از هر کدام به میزان ۱۰۰ میلی لیتر به داخل تشت آب ۸۰ لیتری ریخته شد. PH محلول تهیه شده در محدوده ۵/۵ - ۶ تنظیم شد. سپس محلول آماده شده به داخل ظروف برای رشد گیاهچه ریخته شد و ریشه بذرهای جوانه زده شده برای هر گونه در هر ردیف از داخل توری های تعبیه شده در دهانه ظروف به داخل محلول منتقل شد. جوانه های رشد کرده برای مدت ۱۰ روز در داخل محلول بدون تنش باقی ماند تا با محیط آبی سازگار شوند. تنظیم PH هر ۲ روز در میان انجام شد. بعد از ۲ هفته از ورود جوانه ها به محلول و رشد کافی آن ها به گیاهچه به ترتیب تنش شوری و خشکی با سطوح مشخص وارد شد و به مدت ۲ هفته دیگر گیاهان در شرایط تنش بسر بردند. بعد از انجام آزمایش تنش شوری، محلول جدید ساخته شد و بذرها مشابه به آنچه گفته شد تحت تنش خشکی قرار گرفتند. دمای تنظیم شده برای رشد گیاهان مشابه با دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد)، و با تناوب نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. در پایان آزمایش پارامترهای مختلف رشد از قبیل طول ریشه و ساقه، وزن ریشه، ساقه و نسبت اندام هوایی به ریشه اندازه گیری شد (صفرنژاد و همکاران ۱۳۸۴). تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ها با روش LSD در سطح اطمینان ۰/۰۵ با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

۳- نتایج و بحث

با افزایش غلظت های شوری و خشکی تمامی پارامترهای اندازه گیری شده از قبیل طول ریشه، طول ساقه، وزن ریشه و ساقه در دو گونه اندازه گیری شده کاهش یافت (جدول ۱). گونه *Medicago scutellata* نسبت به گونه *Medicago sativa* در هر دو تنش شوری و خشکی در تیمار شاهد دارای بیشترین طول ریشه به اندازه ۱۳/۶۴ سانتی متر تحت تنش خشکی و

۱۱/۹۱ سانتی متر تحت تنش شوری بود و به همین ترتیب تا بیشترین غلظت شوری و خشکی این روند ادامه یافت. کمترین طول ریشه و ساقه مربوط به تیمار با غلظت ۱۶ بار خشکی با ۴/۰۴ سانتی متر طول ریشه و ۲/۱۵ سانتی متر ساقه مربوط به گونه *Medicago scutellata* بود و در آزمایش شوری گونه *Medicago sativa* دارای کمترین طول ریشه و ساقه به ترتیب برابر با ۳/۱۶ و ۳/۶۶ سانتی متر در تیمار با غلظت ۶۴ بار شوری دیده شد. از نظر وزن ریشه و ساقه گونه *Medicago scutellata* بیشترین وزن را در بین تیمارهای تنش‌های شوری و خشکی داشت. با افزایش شدت تنش‌های شوری و خشکی ضریب آلومتری گونه *Medicago scutellata* در اکثر تیمارها افزایش یافت که این نشان دهنده مقاومت و تحمل گیاه در برابر تنش-های محیطی از جمله تنش شوری و خشکی است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که گونه *Medicago scutellata* دارای تحمل بیشتر نسبت به گونه *Medicago sativa* تحت تنش‌های شوری و خشکی می‌باشد مطالعات متعددی اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی، سبز شدن، استقرار و رشد گیاهچه گیاهان مختلف را گزارش کرده‌اند. ویچ و همکاران (۲۰۰۴)، نیز اظهار داشتند افزایش غلظت کلرید سدیم از صفر به ۱۲ دسی زیمنس بر متر وزن، تر و خشک اندام‌های هوایی یونجه را کاهش می‌دهد. همچنین یافته‌های سلامی و همکاران (۱۳۸۴)، روی اثر شوری بر خصوصیات مورفولوژی زیره سبز و سنبل الطیب با استفاده از کشت هیدروپونیک نشان داد که کلیه خصوصیات گیاهچه (طول ریشه، طول ساقه، وزن خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه) در هر دو گیاه با افزایش غلظت‌های شوری کاهش می‌یابد. صفرنژاد و همکاران (۱۳۸۶)، با بررسی خصوصیات مورفولوژی گیاه دارویی اسفرزه تحت تنش شوری در مرحله گیاهچه و گیاه کامل (در محیط کشت هیدروپونیک)، دریافتند که با افزایش سطوح تنش شوری خصوصیات گیاهچه‌ای و رشد گیاه کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده از تحقیق صفر نژاد و حمیدی (۱۳۸۷)، بر روی ویژگی‌های مورفولوژی رازینانه نشان داد با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی، طول ریشه، طول ساقه، شاخص بنیه بذری، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نسبت اندام هوایی به ریشه و زیست توده در ژنوتیپ‌های رازینانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اکثر گزارشات حاکی از آن است که شوری و خشکی سبب کاهش رشد و تولید ماده خشک گیاهان می‌گردد. بنابراین نتیجه آزمایش نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری و خشکی رشد گیاهچه گیاهان کاهش یافته و گونه گونه‌ای مقاوم تر خواهد بود که طول ریشه بلندتری داشته باشد.

جدول (۱) تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تنش خشکی و شوری برای گونه *Medicago sativa*

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	وزن ریشه (گرم)	وزن ساقه (گرم)	ضریب آلومتری
خشکی	۸	۷/۶۹۹**	۱/۲۹۹**	۰/۰۰۲۲**	۰/۱۰۳**	۰/۰۸۵**
خطا	۱۸	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۰۶
ضریب تغییرات		۳/۲۲۵	۲/۱۶۵	۳/۴۸۱	۲/۱۹۵	۲/۲۴۳
شوری	۶	۹/۲۸۹**	۱۱/۰۳۴**	۰/۰۰۲۱**	۰/۰۰۲۷**	۰/۰۵۳**
خطا	۱۴	۰/۰۰۰۹۷	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۳۷	۰/۰۰۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۰۱۳
ضریب تغییرات		۴/۶۳۴	۲/۷۲۵	۳/۰۳	۱/۸۵	۱/۲۲

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می‌باشد.

جدول (۲) مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تنش خشکی و شوری برای گونه *Medicago sativa*

سطوح خشکی (بار)	طول ریشه (سانتی‌متر)	طول ساقه (سانتی‌متر)	وزن ریشه (گرم)	وزن ساقه (گرم)	ضریب آلومتری
۰	۸/۵ ^a	۷/۳۴ ^a	۰/۰۸۴ ^a	۰/۶۱ ^a	۱/۱۵۸ ^a
۲	۸/۲۱ ^b	۷/۲۱ ^b	۰/۰۸۱ ^b	۰/۱۵۷ ^b	۱/۱۳۹ ^c
۴	۸/۰۲ ^c	۷/۰۱۶ ^c	۰/۰۷۶۳ ^c	۰/۱۴۷ ^c	۱/۱۴۳ ^b
۶	۷/۷۱ ^d	۷/۰۱ ^{cd}	۰/۰۴۶۳ ^d	۰/۱۴۳۴ ^d	۱/۰۹۹ ^d
۸	۷/۶۱ ^e	۷/۰۰۳ ^{cd}	۰/۰۳۸۷ ^e	۰/۱۴۳۳ ^d	۱/۰۸۷ ^e
۱۰	۷/۵ ^f	۷/۰۰ ^{cd}	۰/۰۳۲۳ ^f	۰/۱۴۳۳ ^{de}	۱/۰۷۲ ^f

۰/۸۶۱ ^g	۰/۱۴۲ ^e	۰/۰۲۷۶ ^g	۶/۹۹ ^d	۶/۰۲ ^g	۱۲
۰/۸۰۵ ^h	۰/۱۳۵ ^f	۰/۰۲۱۴ ^h	۶/۵۰۸ ^e	۴/۶۴ ^h	۱۴
۰/۷۱۲ ⁱ	۰/۱۶ ^g	۰/۰۱۲۳ ⁱ	۵/۱۵۳ ^f	۴/۱۵ ⁱ	۱۶
ضریب آلومتری	وزن ساقه (گرم)	وزن ریشه (گرم)	طول ساقه (سانتی متر)	طول ریشه (سانتی متر)	سطوح شوری (بار)
۰/۹۲۰ ^c	۰/۱۲۸ ^a	۰/۰۳۲۹ ^a	۸/۱۶ ^a	۷/۵۱ ^a	۰
۰/۸۳۴ ^e	۰/۱۲۳ ^b	۰/۰۲۹۱ ^b	۷/۷۲ ^b	۶/۴۵ ^b	۲
۱/۲۱۲ ^a	۰/۰۸۰۸ ^c	۰/۰۲۳۹ ^c	۵/۱۳ ^c	۶/۲۲ ^c	۴
۰/۸۷۷ ^d	۰/۰۷۰۷ ^d	۰/۰۱۵۱۱ ^d	۴/۴۹ ^d	۳/۹۴ ^d	۸
۱/۰۲۷ ^b	۰/۰۶۲۱ ^e	۰/۰۱۵۱ ^d	۳/۸۳ ^e	۳/۹۳ ^d	۱۶
۰/۸۷۰ ^d	۰/۰۶۰۸ ^e	۰/۰۱۲۷ ^e	۳/۷۲ ^f	۳/۲۴ ^e	۳۲
۰/۸۶۴ ^d	۰/۰۵۷۳ ^f	۰/۰۱۲ ^e	۳/۶۶ ^f	۳/۱۶ ^f	۶۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند (LSD).

جدول (۳) تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در تنش خشکی و شوری برای گونه *Medicago scutellata*

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه (سانتی متر)	طول ساقه (سانتی متر)	وزن ریشه (گرم)	وزن ساقه (گرم)	ضریب آلومتری
خشکی	۸	۲۷/۹۵ ^{**}	۵/۶۸ ^{**}	۰/۰۰۰۵۶ ^{**}	۰/۱۰۳ ^{**}	۰/۲۶۱ ^{**}
خطا	۱۸	۰/۰۰۰۲۱	۰/۰۰۰۲۵	۰/۰۰۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۹۴
شوری	۶	۱۷/۲۴۵ ^{**}	۷/۲۴۸ ^{**}	۰/۰۰۲۴۸ ^{**}	۰/۰۵۴ ^{**}	۰/۰۹۸۷ ^{**}
خطا	۱۴	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۱۸	۰/۰۰۰۰۲۷	۰/۰۰۰۰۰۶۰۷	۰/۰۰۰۰۰۹۱
ضریب تغییرات		۲/۲۷۸	۴/۶۹	۴/۶۵	۳/۷۰۶	۵/۶۴
ضریب تغییرات		۳/۱۳۷	۵/۳۴	۱/۲۷	۴/۱۹۵	۷/۴۱۵

* و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۰/۰۱ و ۰/۰۵ می باشد.

جدول (۴) مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تنش خشکی برای گونه *Medicago scutellata*

سطوح خشکی (بار)	طول ریشه (سانتی متر)	طول ساقه (سانتی متر)	وزن ریشه (گرم)	وزن ساقه (گرم)	ضریب آلومتری
۰	۱۳/۶۴ ^a	۶/۵۰۴ ^a	۰/۰۵۳۹ ^a	۰/۶۳ ^a	۲/۰۹۷ ^g
۲	۱۳/۰۲۶ ^b	۵/۸۰۶ ^b	۰/۰۵۳۴ ^a	۰/۱۵۷ ^b	۲/۲۴ ^f
۴	۱۳/۰۰ ^c	۵/۷۰۳ ^c	۰/۰۵۳۳ ^a	۰/۱۴۴ ^c	۲/۲۷۹ ^e
۶	۱۲/۵۱ ^d	۵/۵۰۶ ^d	۰/۰۳۴۴ ^b	۰/۱۴۱ ^d	۲/۲۷۵ ^e
۸	۱۲/۲۱ ^e	۴/۱۶۶ ^e	۰/۰۳۴۳ ^b	۰/۱۴۰ ^e	۲/۹۳۱ ^a
۱۰	۹/۵۰۷ ^f	۴/۰۲۶ ^f	۰/۰۳۳۴ ^c	۰/۰۶۷ ^f	۲/۳۶۱ ^d
۱۲	۹/۳۲ ^g	۳/۸۲ ^g	۰/۰۳۳۳ ^c	۰/۰۶۶ ^g	۲/۴۳۹ ^c
۱۴	۹/۳۱ ^g	۳/۶۳ ^h	۰/۰۲۷۴ ^d	۰/۰۳۹ ^h	۲/۵۳۶ ^b
۱۶	۴/۰۴ ^h	۲/۱۵ ⁱ	۰/۰۱۳۵ ^e	۰/۰۲۶۶ ⁱ	۱/۸۷۹ ^h
سطوح شوری (بار)	طول ریشه (سانتی متر)	طول ساقه (سانتی متر)	وزن ریشه (گرم)	وزن ساقه (گرم)	ضریب آلومتری
۰	۱۱/۹۱ ^a	۹/۰۵ ^a	۰/۱۳۶ ^a	۰/۵۷۸ ^a	۱/۳۱۶ ^d
۲	۱۱/۳۳ ^b	۶/۵۲ ^b	۰/۱۲۶۳ ^b	۰/۴۱۹ ^b	۱/۷۳۶ ^a

۱/۷۲۷ ^a	۰/۳۹۲ ^c	۰/۱۲۶ ^b	۶/۲۷ ^c	۱۰/۸۳ ^c	۴
۱/۴۱ ^b	۰/۳۷۷ ^d	۰/۱۲۴ ^b	۶/۰۴ ^d	۸/۵۲ ^d	۸
۱/۳۵۳ ^c	۰/۲۵۳ ^c	۰/۱۲۳ ^b	۵/۸۴ ^e	۷/۹۱ ^e	۱۶
۱/۳۳۸ ^d	۰/۲۳۷ ^f	۰/۱۰۲ ^c	۵/۱۷ ^f	۶/۹۲ ^f	۳۲
۱/۴۲۴ ^b	۰/۱۸۳ ^e	۰/۰۵۱۸ ^d	۳/۹۴ ^e	۵/۶۱ ^e	۶۴

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری در سطح ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند (LSD).

۴- منابع و مراجع

- 1- akhondi, M., Safarnejad, A., Lahuti, M. 1383. Study of parameters and morphology of alfalfa genotypes resistant against the osmotic stress. Iranian Journal of Research and Development in Agriculture and Horticulture, 17: 50-57. (in Farsi)
- 2- Hadi, M., Taheri, R., and Sharif, M. 2007. evaluation of salinity effect on SEED germination of Seidlitzia Rosmarinus, Journal of Research and productivity, 76: 151-157.
- 3- Clarke, J. M., Smith, T., MacCaing, T.N., Green, D.J. 1984. Growth analysis of springwheat cultivars drought resistance. Crop Sci. 24: 537- 541.
- 4- Jaradat, A., Shahid, M., Al- Maskri., A. 2004. Genetic diversity in the Batini barley landrace from Oman: II. Response to salinity stress. Crop Science, 44: 997-1007.
- 5- Lal, P., Reddy, G., Modi, M.S. 1978. Accumulation and redistribution patterns of dry mattered intritcale and wheat varieties under water stress conditions. Agron. Journal, 78:623-626.
- 6- Olinkova, T. V. 1979. Water holding capacity and drought resistance of wheat species and cultivars. Trudy Po Prikladoni Botanic Genectike Selectii, Crop Science, 27 (2):546-580.
- 7- Peel, M., Waldorn, D., Jensen, B.L., Chatterton, B.K., Horton, N.J., Dudley, L. 2004. Screening for salinity tolerance in alfalfa: a repeatable method. Crop Science, 44: 2049-2053.
- 8- Penuelas, J., Isla, R., Filella, I., Araus, J.L. 1997. Visible and near- infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Science, 37:198-202.
- 9- Razi, H., Asad, M. 1998. Evaluation of cultivars traits and criteria of drouht tolerance in Helianthus annus. Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 2(1): 31-42.
- 10- Safarnejad, A. 1996. Improvement in salt and drought tolerance of alfalfa (*Medicago sativa*L.) using tissue culture and molecular genetic techniques. Ph.D. Thesis University of Liverpool, U.K.
- 11- Safarnejad A., salami M., Hamidi M. 2006. Morphological characterization of medicinal plants (*Plantago ovata*, *Plantago psyllium*) in response to salt Stress. Iranian Journal of Pajouhesh & Sazandegi, 75: 152-160. (in Farsi)
- 12- Salami M., Safarnejad A., Hamidi H. 2005. Effect of salinity stress on morphological characters of *Cuminum cyminum* and *Valeriana officinalis*. Iranian Journal of Pajouhesh & Sazandegi. 72: 77-83. (in Farsi)
- 13- Shalhevet, J. 1993. Plant under salt and water stress. In: Plant adaptation to environmental stress (Eds: L. Fowden, T. Mansfield, and J. Stoddard), 133-155. Chapman and Hall.
- 14- Singh, J., Patel, A.L. 1996. Water statues, gaseous exchange, prolin accumulation and yield of wheat in response to water stress. Annual of Biology Ludhiana, 12: 77-83
- 15- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size, Seed Science. & Technology, 60-51..
- 16- Steppuhn, H., Volkmar, K.M., Miller, P.R. 2001. Comparing canola, field pea, dry bean and durum wheat crops grown in saline media. Crop Science, 41: 1827-1833.
- 17- Tamartash, R., Shokrian, F., Kargar, M. 1388. Effect of drought and salinity on seed germination features *Trifolium alexanderium*. Iranian Journal of Range Management, Vol 24: 288-297.
- 18- Veatch, M. E., Smith, S.E., Vandemark, G. 2004. Shoot biomass production among accessions of *Medicago truncatula* exposed to NaCl. Crop Science. 44:1008-1013.
- 19- Volence, J., Cherney, J.H. 1999. Yield components, morphology and quality of multifoliate alfalfa phenotypes. Crop science, 30:1234- 1239.
- 20- Winter, N., Martens, D. 2007. Management of drought-stressed alfalfa, University of Minnesota Extension.
- 21- Zeng, L., Shannon, M.C. 2000. Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. Crop Science, 40: 996-1003.
- 22- Zahtabian Gh., Azarnivand H., Javadi M., Shahriari A. (2005). evaluation of salinity stresses effect on germination of two range species of *Agropyron*, Iranian journal of Desert. 10(2): 301-310.

بررسی نقش تشکیلات زمین شناسی بر شاخص های پایداری ساختمان خاک

محمود زارع^۱، علی گلکاریان^{۲*}، حجت امامی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ^{۲*} استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ^۳ دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،
(golkarin@um.ac.ir)^{۲*}

چکیده

ساختمان خاک، یکی از مهم ترین ویژگی های فیزیکی و فعال خاک است. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و عوامل اکولوژیکی و انسانی در درازمدت بر ساختمان خاک اثر می گذارند. در این تحقیق هفت سازند زمین شناسی خالص در استان خراسان رضوی انتخاب گردید و متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه ها در دو حالت الک خشک و الک تر، درصد پایداری، درصد تخریب خاکدانه ها، درصد سیلت، درصد ماسه و درصد ماده آلی برای دو شاخص رطوبت توپوگرافی مثبت و منفی محاسبه گردید. نتایج آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی نشان داد که متغیرهای مورد بررسی در سازندهای مختلف دارای اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۰۱ هستند. متغیر میانگین وزنی قطر خاکدانه ها در حالت خشک با متغیر درصد تخریب خاکدانه ها و درصد سیلت ارتباط معنی دار و معکوسی در سطح ۱ درصد دارد. درصد سیلت با تمامی متغیرها به جز درصد ماده آلی رابطه معنی داری در سطح یک درصد دارد، میزان ماده آلی تنها متغیری است که علاوه بر سازندهای مختلف در شاخص های رطوبتی مثبت و منفی دارای اختلاف معنی داری در سطح یک درصد می باشد.

واژگان کلیدی: شاخص های پایداری ساختمان خاک، سازند زمین شناسی، شاخص رطوبت توپوگرافی، خراسان رضوی

۱- مقدمه

نظم و تشکیلات ذرات را در خاک، ساختمان خاک می گویند. همچنین ساختمان خاک حاصل آرایش ذرات خاک در کنار یکدیگر و اتصال این ذرات به وسیله نیروهای چسبنده است. نتیجه واکنش ذرات معدنی و ترکیبات آلی خاک، شکل گیری خاکدانه ها است (۸). ساختمان خاک به طور مستقیم بر بسیاری از ویژگی های خاک از جمله مقدار و چگونگی حرکت آب در خاک، گرما و تهویه، انتشار عناصر غذایی و اندازه ی منافذ تأثیر دارد (۶ و ۲). ساختمان خاک را می توان با شکل یا پایداری آن ارزیابی کرد (۵). واژه پایداری ساختمان خاک به توانایی خاک در نگهداری آرایش ذرات جامد و فضای بین آنها در هنگام مواجه شدن با تنش های مختلف مربوط می شود (۱). پایداری خاکدانه بیانگر مقاومت خاک در برابر عوامل تخریب کننده از قبیل مرطوب شدن، انرژی جنبشی قطرات باران و کشت و کار است. از این رو مقدار خاکدانه های تخریب شده به استحکام نیروهای چسبنده و نگهدارنده ذرات به یکدیگر و بزرگی نیروهای تخریب کننده بستگی دارد (۸).

تاکنون روش ها و شاخص های زیادی از جمله، میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD)، میانگین هندسی قطر خاکدانه ها (GMD) و پایداری خاکدانه ها (AS) برای اندازه گیری پایداری ساختمان خاک ابداع شده اند (۴). به طور کلی، پایداری

1 Mean weight diameter

2 Geometric mean diameter

خاکدانه‌ها را می‌توان به دو روش الک خشک و الک تر اندازه‌گیری کرد (۷). ماده آلی در پایداری ساختمان خاک نقش مؤثری دارد، فرایندهای پایداریسازی خاکدانه‌ها با ماده آلی نه تنها به مقدار و ترکیب شیمیایی ماده آلی بستگی دارد، بلکه بیش از آن به آرایش و چگونگی پیوندهای ماده آلی با اجزاء معدنی خاک نیز وابسته است و ارائه هندسه فرکتالی باعث شناخت بهتر ویژگی‌های مواد و فرایندهای ظاهرا نامنظم موجود در طبیعت شده است (۳).

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در استان خراسان رضوی و شهرستان‌های مشهد، تربت حیدریه، سرخس و چناران قرار دارد که در محدود جغرافیایی ۵۸ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. در این تحقیق ۷ جنس سنگ مارن، آهک (در دو دوران سنوزوئیک و مزوزوئیک)، افیولیت، شیل، گرانیت و ماسه سنگ از سنگ‌های نسبتاً خالص استان خراسان رضوی انتخاب شدند.

در مطالعه حاضر دو عامل جنس سنگ و خصوصیات توپوگرافی به عنوان عوامل تأثیرگذار بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک در نظر گرفته شده است. برای تعیین عامل خصوصیات توپوگرافی از شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) استفاده شد که این شاخص در دو کلاس مثبت و منفی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص رطوبت توپوگرافی از ترکیب مساحت حوضه بالادست و شیب به دست می‌آید و تعیین‌کننده تأثیر توپوگرافی بر روی میزان سطوح اشباع جهت تولید روان‌آب است که با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد (۹).

$$TWI = \ln (As/\tan\beta) \quad (1)$$

شاخص‌های متعددی برای ارزیابی پایداری خاکدانه‌ها استفاده شده است، از جمله این شاخص‌ها می‌توان به میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در دو حالت خشک و تر، شاخص پایداری خاکدانه‌ها و درصد تخریب خاکدانه‌ها اشاره نمود. در پژوهش حاضر به بررسی تأثیر دو عامل جنس سنگ و شاخص رطوبت توپوگرافی بر شاخص‌های پایداری ساختمان خاک و همچنین درصد سیلت، درصد ماسه و درصد ماده آلی پرداخته شده است.

بر این اساس و با توجه به بررسی هفت جنس سنگ، جمعا ۱۴ تیمار مختلف وجود دارد که با احتساب سه تکرار برای هر تیمار در مجموع ۴۲ نمونه از طبیعت برداشت شد. نمونه‌ها از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری برداشت و برای تعیین شاخص‌های پایداری ساختمان خاک به آزمایشگاه منتقل و برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آماده‌سازی گردید. یکی از روش‌های ارزیابی پایداری ساختمان خاک، بررسی توزیع اندازه خاکدانه‌ها در روش‌های الک خشک و الک تر است. در روش الک خشک، تنها تنش‌های مکانیکی بر خاکدانه‌های خشک روی یک سری الک با اندازه‌های مشخص وارد می‌شود. درحالی که در روش الک تر، خاکدانه‌ها را روی یک سری الک با اندازه‌های مشخص، در آب در معرض تکان‌های مکانیکی قرار می‌دهند که براساس روش کمپر و روزنا با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$MWD = \sum_{i=1}^K w_i \bar{x}_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

پایداری خاکدانه‌ها (AS) با استفاده از روش الک تر و بعد از تصحیح شن براساس رابطه ۳ تعیین شد.

$$\%AS = \frac{WSA - Ms_{and}}{Ms_{sample} - Ms_{and}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

1 Aggregate stability

2 Topographic wetness index

که در آن WSA جرم خاکدانه‌های باقی‌مانده بر روی الک ۰/۲۵ میلی‌متری، Msand جرم شن و Msample جرم نمونه خاک می‌باشد. هر چه مقدار این شاخص بیشتر باشد پایداری خاکدانه‌ها بیشتر خواهد بود.

درصد تخریب خاکدانه‌ها یکی دیگر از شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی ساختمان فیزیکی خاک می‌باشد که براساس اندازه‌گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر و خشک به دست می‌آید که براساس رابطه شماره ۴ محاسبه گردید.

$$PAD = \frac{MD - MW}{MD} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن MD جرم خاکدانه‌های بزرگ تر از اندازه ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت الک خشک و MW جرم خاکدانه‌های بزرگ تر از اندازه ۰/۲۵ میلی‌متر در حالت الک تر می‌باشد. هرچه میزان این شاخص کمتر باشد نشان‌دهنده پایدار بودن بیش‌تر خاکدانه‌ها است.

۱-۲- تعیین بافت خاک

جهت محاسبه درصد سیلت و درصد ماسه اقدام به تعیین بافت خاک نموده که از روش هیدرومتر محاسبه می‌گردد.

۲-۲- تعیین درصد ماده آلی

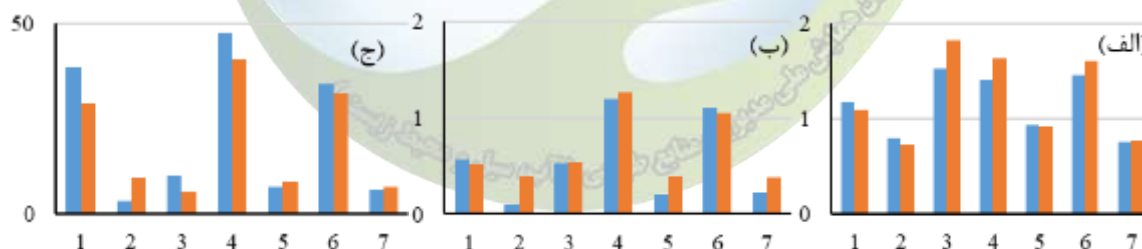
اندازه‌گیری کربن و مواد آلی به روش تیتراسیون برگشتی توسط اسیدسولفوریک غلیظ^۱ صورت می‌گیرد (نلسون و سامر، ۱۹۸۲). میزان کربن آلی خاک از رابطه ۵ قابل محاسبه است.

$$C\% = \frac{(A-B) \times n \times 0.39}{P} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این تحقیق تست نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۲، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و ارتباط بین متغیرها با استفاده از تحلیل همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS22 صورت پذیرفت.

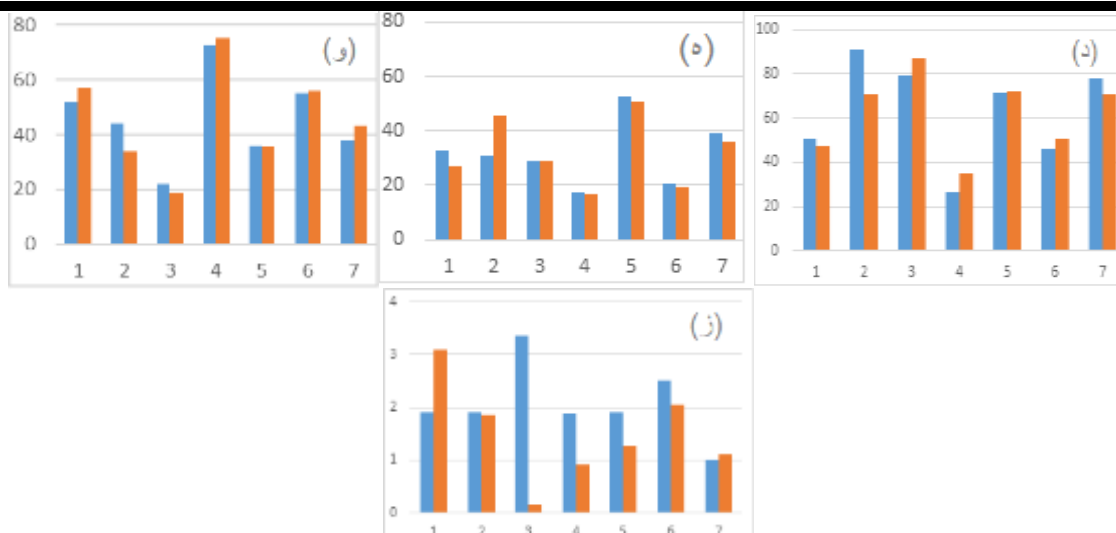
۳- نتایج

شکل ۱، نتایج شاخص‌های پایداری ساختمان خاک و همچنین مقادیر درصد سیلت، ماسه و درصد ماده آلی در سازندهای مختلف زمین‌شناسی و شاخص‌های رطوبت توپوگرافی مثبت و منفی را نشان می‌دهد.



¹ Sulfuric Acid 95-97%

² Kolmogorov-Smirnov



شکل ۱: تغییرات متغیرهای الف) میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک، ب) میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر، ج) درصد پایداری خاکدانه‌ها، د) درصد تخریب خاکدانه‌ها، ه) درصد سیلت، و) درصد ماسه، ز) درصد ماده آلی در جنس سنگ‌های (۱) گرانیت، (۲) آهک پالئوژن، (۳) آهک ژوراسیک، (۴) افیولیت، (۵) مارن، (۶) ماسه‌سنگ و (۷) شیل برای دو شاخص رطوبت توپوگرافی مثبت (آبی) و منفی (قرمز).

آزمون نرمال بودن داده‌های هر متغیر با استفاده از روش‌های کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک مورد بررسی قرار گرفت و برای متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت تر و درصد پایداری خاکدانه‌ها، در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و به عبارتی نرمال نمی‌باشند (آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یک آزمون دو دنباله می‌باشد و برای تفسیر بهتر است این‌گونه بیان شود که عدد معنی‌داری بر ۲ تقسیم شده است و چنانچه این عدد بیش‌تر از ۲/۵ درصد یا ۲۵ هزارم باشد توزیع نرمال است). آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی برای هر کدام از متغیرها در جدول ۱ و تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای مختلف در جدول ۲ نشان داده شده است.

با توجه به اینکه شرط استفاده از آزمون‌های پارامتری، نرمال بودن داده‌ها می‌باشد در مجموع متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک، درصد تخریب خاکدانه‌ها، درصد سیلت، درصد ماسه و درصد ماده آلی مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول (۱) آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی

متغیر	سنگ‌شناسی	TWI	تکرار	اثر متقابل سنگ‌شناسی و TWI
میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک	۰/۰۰۰**	۰/۴۱۸	۰/۱۴۵	۰/۹۰۸
درصد تخریب خاکدانه‌ها	۰/۰۰۰**	۰/۷۱۳	۰/۸۹۵	۰/۴۰۳
درصد سیلت	۰/۰۰۰**	۰/۸۸۹	۰/۸۳۷	۰/۲۱۵
درصد ماسه	۰/۰۰۰**	۱/۰۰۰	۰/۴۵۱	۰/۸۵۰
درصد ماده آلی	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۶۲۷	۰/۰۰۰**

* معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ ** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱

جدول (۲) تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای مورد بررسی

درصد ماده آلی	درصد سیلت درصد ماسه	درصد تخریب خاکدانه‌ها	همبستگی (r)	میانگین وزنی
0/004	0/065	-0/527**	-0/314*	همبستگی (r)
0/981	0/683	0/000	0/043	معنی داری (p)
-0/179	-0/790**	0/536**		همبستگی (r)
/256	0/000	0/000		معنی داری (p)
-0/133	-0/617**			همبستگی (r)
0/400	0/000			معنی داری (p)
0/077				همبستگی (r)
0/627				معنی داری (p)

* معنی داری همبستگی در سطح ۵ درصد

** معنی داری همبستگی در سطح یک درصد

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق بعد از تعیین هفت جنس سنگ مختلف در استان خراسان رضوی اقدام به نمونه برداری از خاک در شاخص‌های رطوبتی مثبت و منفی در هر جنس سنگ گردید و برای هر نمونه، میزان ماده آلی و همچنین با استفاده از دانه-بندی نمونه‌ها، متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با دو روش الک خشک و الک تر، درصد پایداری خاکدانه‌ها و درصد تخریب خاکدانه‌ها محاسبه گردید. متغیرهای درصد سیلت و درصد ماسه نیز با استفاده از تعیین بافت خاک با هیدرومتر مشخص گردید و از مجموع ۷ متغیر مورد بررسی، متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با استفاده از الک تر و درصد پایداری خاکدانه‌ها، به علت عدم نرمال بودن از روند بررسی حذف گردید.

آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی نشان می‌دهد که عامل سنگ‌شناسی برای متغیرهای مورد بررسی در سازندهای مختلف و در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی داری با یکدیگر دارند این در حالی است که شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI) برای تمامی متغیرهای مورد بررسی به جز درصد ماده آلی در هیچ سطحی معنی دار نشده است. اثر متقابل دو عامل سنگ‌شناسی و TWI نشان می‌دهد که ماده آلی در سطح یک درصد معنی دار شده است و برای بقیه متغیرها معنی دار نشده است.

همچنین متغیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها برای تمامی سازندها و هر دو شاخص رطوبتی مثبت و منفی، در روش الک خشک بیشتر از روش الک تر است زیرا در روش الک خشک نمونه خاک تنها توسط دستگاه لرزانده می‌شود و هیچ نیروی خارجی دیگری باعث از هم پاشیده شدن خاکدانه‌ها نمی‌شود. در صورتی که در روش الک تر مقدار خاک باقی مانده بر روی هر صفحه الک شسته شده و در نتیجه خاکدانه‌ها از هم پاشیده شده و به علت افزایش ذرات ریز، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها کمتر خواهد بود. همچنین مشخص می‌شود که سازند آهکی ژوراسیک با TWI مثبت دارای بیشترین ماده آلی می‌باشد این در حالی است که همین سازند در TWI منفی کمترین ماده آلی را به خود اختصاص داده است. سازندهای ماسه سنگ، آهک پالئوژن، مارن و افیولیت نیز به ترتیب دارای بیشترین ماده آلی هستند و در آنها نیز میزان ماده آلی TWI مثبت بیش از ماده آلی TWI منفی است. این در حالی است که در دو سازند گرانیب و شیل مقدار ماده آلی در TWI منفی بیشتر از TWI مثبت است. با این تفاوت که گرانیب دارای ماده آلی نسبتاً بالا ولی شیل دارای ماده آلی نسبتاً کمی است. نتایج حاکی از آن است که نوع سازند زمین‌شناسی منطقه در کنار اینکه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اثرگذار است، بر روند تغییرات پایداری خاکدانه‌ها و در تعیین نوع فاکتورهای خاکی مؤثر در فرایند خاکدانه سازی نقش دارد که با نتایج بردسیری زاده و همکاران (۲) و اطمینان و همکاران (۱۳۹۰) مطابقت دارد.

نتایج تحلیل همبستگی پیرسون بین متغیرهای مورد بررسی نشان می‌دهد که متغیر میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک با متغیر درصد تخریب خاکدانه‌ها و درصد سیلت ارتباط معنی‌دار و معکوس دارد. متغیر درصد سیلت با تمامی متغیرها به جز درصد ماده آلی رابطه معنی‌داری در سطح یک درصد دارد؛ به طوری که این رابطه با متغیرهای میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در حالت خشک و درصد ماده معکوس معنی‌دار و با متغیرهای درصد تخریب خاکدانه‌ها رابطه مستقیم معنی‌دار می‌باشد. میزان ماده آلی نیز تنها متغیری است که علاوه بر سنگ‌های مختلف در شاخص‌های رطوبتی مختلف دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد می‌باشد که با نتایج نیکپور و همکاران (۳) مطابقت دارد.

۵- منابع و مراجع

۱. اطمینان، س.، کیانی، ف.، خرمالی، ف. و حبشی، ه. ۱۳۹۰. نقش خصوصیات خاک با مواد مادری متفاوت بر پایداری خاکدانه در حوضه شصت کلاته استان گلستان. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱(۲): ۳۹-۶۰.
۲. بردسیری‌زاده، س.، اسفندیاری‌پور بروجنی، ع.، بسالت‌پور، ع. و عباس‌زاده دهجی، پ. ۱۳۹۶. تعیین مؤثرترین جزء خاکدانه در برآورد پایداری ساختمان خاک با بهره‌گیری از روش زمین‌آمار.
۳. نیکپور، م.، محبوبی، ع.، مصدقی، م. و صفادوست، الف. ۱۳۹۰. بررسی اثر ویژگی‌های ذاتی خاک بر پایداری ساختمان برخی از خاک‌های استان همدان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره پنجاه و هشتم
1. Amezketa E. 1999. Soil aggregate stability: a review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14: 83-151.
2. Annabi, M., S. Houot, C. Francou, M. Poitrenaud and Y.L. Bissonais. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban compost of different maturities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 413-423.
3. Aringhieri, R. and P. Sequi. 1979. The arrangement of organic matter in a soil crumb. In: Emerson, W.W. and Dexter, A. R. (Eds.), *Modification of Soil Structure*. John Wiley & Sons Pub., Chichester, PP. 145-150.
4. Besalatpour, A. A., Ayoubi, S., Hajabbasi, M. A., Mosaddeghi, M. R. and Schulin, R. 2013. Estimating wet soil aggregate stability from easily available properties in a highly mountainous watershed. *Catena*, 111: 72-79.
5. Carter M. R., Angers D. A., and Kunelius H. T. 1994. Soil structural form and stability and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 1194-1199.
6. Deneff, K., J. Six, R. Mercks and K. Paustian. 2004. Carbon sequestration in microaggregates of no tillage soils with different clay mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1935-1944.
7. Kemper W.D., and Rosenau K. 1986. Size distribution of aggregates. P. 425-442. In: Klute, A. (ed), *Methods of Soil Analysis: Part 1: Physical and Mineralogical Methods*, American Society of Agronomy, Madison, WI
8. Mbagwu, J. S. C. and Bazzoffi, P. 1998. Soil characteristics related to resistance of breakdown of dry soil aggregates by water-drops. *Soil and Tillage Research*, 45:133-145.
9. Pourghasemi, H. R., Yousefi, S., Kornejady, A., & Cerdà, A. (2017). Performance assessment of individual and ensemble data-mining techniques for gully erosion modeling. *Science of the Total Environment*, 609, 764-775.

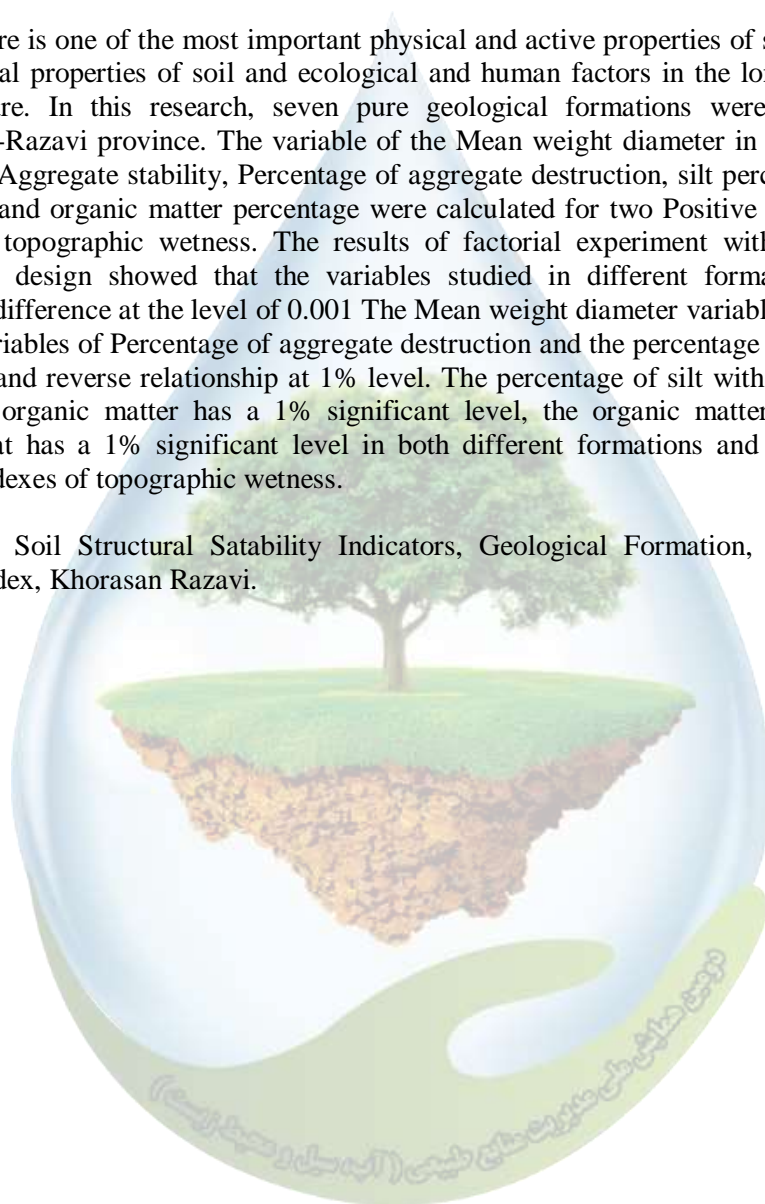
Study the role of geological Formation on soil structural satability indicators

¹MSc Student, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
²Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Iran,
³Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(Golkarian@um.ac.ir)

Abstract

Soil structure is one of the most important physical and active properties of soil. Physical and chemical properties of soil and ecological and human factors in the long run affect soil structure. In this research, seven pure geological formations were selected in Khorasan-e-Razavi province. The variable of the Mean weight diameter in both dry and wet forms, Aggregate stability, Percentage of aggregate destruction, silt percentage, sand percentage and organic matter percentage were calculated for two Positive and negative indexes of topographic wetness. The results of factorial experiment with completely randomized design showed that the variables studied in different formations had a significant difference at the level of 0.001 The Mean weight diameter variable in dry state with the variables of Percentage of aggregate destruction and the percentage of silt have a significant and reverse relationship at 1% level. The percentage of silt with all variables except the organic matter has a 1% significant level, the organic matter is the only variable that has a 1% significant level in both different formations and positive and negative indexes of topographic wetness.

Keywords: Soil Structural Satability Indicators, Geological Formation, Topographic Wetness Index, Khorasan Razavi.



بررسی تأثیر چاله‌های فرسایشی ژئومورفولوژیکی در کاهش دبی سیلاب

میثم صمدی^۱، تیمور تیموریان^{۲*}، علی قاسمی^۳، علیرضا اولیایی^۳^۱ دانشجوی دکتری دانشگاه گرگان، ^۲ دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، ^۳ فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد دانشگاه تهران
*t.teimurian@ut.ac.ir

چکیده

از مباحث مهم و حیاتی در مطالعات هیدرولوژی خطر سیل و سیل‌خیزی است؛ در این تحقیق، نقش چاله‌های فرسایشی یخچالی و کارستی بر روی کاهش دبی اوج لحظه‌ای و حداکثر ۲۴ ساعته سیلاب در حوزه آبخیز بالقیلای چای اردبیل مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور ابتدا نقشه چاله‌های بسته فرسایشی از طریق بازدیدهای میدانی تهیه و سپس با استفاده از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه، ضریب منطقه‌ای رابطه فولر اصلاح شد. جهت تعیین تأثیر چاله‌های بسته فرسایشی، ابتدا مقدار دبی اوج لحظه‌ای در هر یک از زیر حوضه‌ها بر اساس رابطه مذکور محاسبه شد، سپس با کسر مساحت چاله‌های بسته فرسایشی از زیرحوضه مربوطه، مقدار دبی اوج لحظه‌ای مورد محاسبه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر چاله‌های فرسایشی بر کاهش مقدار دبی اوج لحظه‌ای قابل ملموس است، به طوری که بیش‌ترین درصد کاهش حداکثر دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای مربوط به زیرحوضه فرعی b3 با مقدار متوسط ۱۳/۷۴ و ۱۱/۳۱ درصد بوده و همچنین زیرحوضه اصلی Q2 با مقدار متوسط ۸/۳۳ و ۶/۷۱ درصد کاهش در دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای بیش‌ترین مقدار کاهش را در بین سایر زیرحوضه‌های اصلی دارد

واژگان کلیدی: آبخیز بالقیلای چای؛ چاله‌های فرسایشی یخچالی؛ چاله‌های فرسایشی کارستی؛ دبی اوج لحظه‌ای

۱- مقدمه

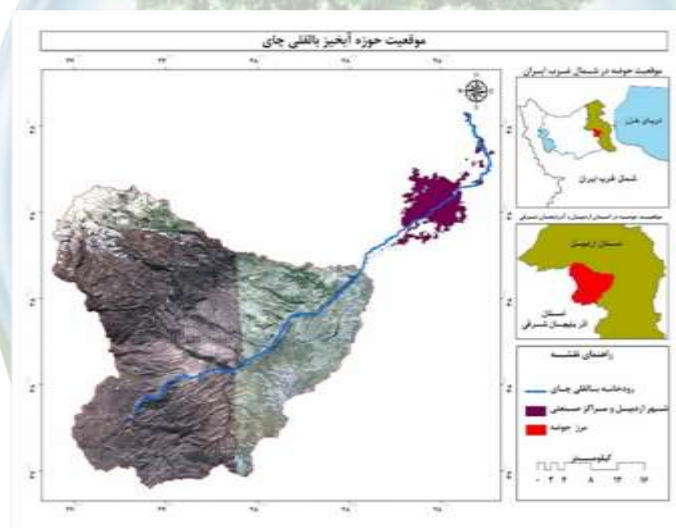
یکی از مباحث مهم و بنیادی در دانش هیدرولوژی، موضوع پیش‌بینی و برآورد رواناب حاصل از بارش‌های جوی و درک کمی از فرایندهای مختلف تولید آن، به شمار می‌رود، لذا دستیابی به میزان کمی و کیفی آن با نگرش سیستمی از این نظر حائز اهمیت است چراکه پایه و مبنای مطالعاتی طرح‌های عمرانی را در زمینه‌های مختلف توسعه و بهره‌برداری در منابع آب و سازه‌های آبی و یا سایر عرصه‌های محیطی در حوضه آبخیز تشکیل می‌دهد (۱۸). در بین پدیده‌های هیدرولوژی، دبی اوج لحظه‌ای نه تنها در یک حوضه آبریز بزرگ، بلکه در زیر حوضه‌ها نیز مورد توجه بوده و لزوماً به عنوان معیاری در طرح‌های آبی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی عوامل متعددی را که بر روی دبی اوج سیل در یک حوضه اثر دارند می‌توان به دو دسته اقلیمی و اداکیکی تقسیم نمود که در میان عوامل اداکیکی، مهم‌ترین عامل، مساحت حوضه می‌باشد (۷). مطالعات متعددی در مورد تأثیر مساحت حوضه بر روی دبی اوج سیلاب صورت گرفته است که برخی از آن‌ها در ذیل آمده است. ریگز و

۱ - دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲ - * نویسنده مسئول: دانشجوی دکتری رشته علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳ - فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

حس (۱۶) ده روش تحلیل منطقه‌ای سیلاب را در آمریکا بررسی کردند و به تعیین پارامترهای مؤثر در دبی سیلاب پرداختند و مهم‌ترین و مؤثرترین پارامتر در تولید سیلاب را سطح حوضه می‌دانند. پیتلیک (۱۵) به منظور بررسی روابط دبی اوج لحظه‌ای، بارندگی و سطح حوضه مطالعاتی در پنج منطقه کوهستانی در غرب آمریکا انجام داد و نتیجه گرفت که سطح حوضه و متوسط سالانه بارندگی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر دبی اوج لحظه‌ای می‌باشند. اکثر مطالعات انجام‌شده، بر روی رابطه مستقیم مساحت با دبی اوج لحظه‌ای تاکید دارند، بنابراین با کاهش سهم مشارکت گودال‌های بسته ژئومورفولوژیکی، بر مقدار دبی خروجی زیر حوضه‌های فرعی، دبی اوج لحظه‌ای زیرحوضه اصلی، کاهش می‌یابد. در این پژوهش تأثیر مساحت چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی، بر روی کاهش دبی اوج لحظه‌ای، در زیر حوضه‌های اصلی و فرعی حوضه آبخیز بالقلی چای مورد بررسی قرار گرفت. در این حوضه، با توجه به آثار برجای‌مانده، از تشکیل یخچال‌های گذشته (دوره سرد پلیوستسن)، چاله‌های بسته فرسایشی متعدد در قسمت‌های شمال غربی حوضه (دامنه شرقی سبلان) ایجاد شده است

۲- مواد و روش‌ها

حوضه آبخیز بالیقلی چای در استان اردبیل یکی از زیرحوضه‌های فرعی حوضه آبخیز بزرگ قره‌سو می‌باشد؛ ارتفاع متوسط آن ۲۰۴۷ متر از سطح دریا است. مرتفع‌ترین نقطه حوضه، دارای ارتفاع ۴۸۱۱ متر در قله سبلان بوده که در قسمت شمال غربی حوضه واقع شده است و پست‌ترین نقطه حوضه دارای ارتفاع ۱۴۳۲ متر است که قسمت خروجی حوضه در سمت شمال شرقی در محل ایستگاه هیدرومتری الماس را تشکیل می‌دهد. همچنین مساحت آن در بالادست این ایستگاه هیدرومتری ۱۰۳۶/۳۶ کیلومترمربع است. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز بالیقلی چای را در محل خرجی ایستگاه پل الماس نشان می‌دهد.



شکل (۱) نقشه منطقه مورد مطالعه

به طور کلی چاله‌های ژئومورفولوژیکی یخچالی بسته، در قسمت‌های شمال غربی (دامنه شرقی سبلان) حوضه آبخیز بالیقلی چای شامل موارد زیر هستند: سیرک یخچالی: منشأ اکثر یخچال‌های آلیپی در یک کوهستان، پهنه‌های برفی یا میدان‌های برفی است که در یک گودی کاسه‌ای شکل محدود می‌شوند. این اشکال فرسایشی در بالای دره‌ها سیرک نامیده می‌شوند (۱۰). در قسمت‌های شمال غربی حوضه آبخیز بالیقلی چای (دامنه شرقی سبلان)، سیرک‌های متعدد با ابعاد متنوع قرار گرفته است که جهت‌گیری آن‌ها عمدتاً به سمت شمال و شمال شرق است (۱). ترموسیرک یا سیرک‌های حرارتی: در قسمت‌های شمال غربی

حوضه آبخیز بالقلی چای، پوشش برفی تا تیرماه و حتی تا مردادماه به صورت تکه‌های کوچک در دامنه‌ها باقی می‌ماند. در اثر این عمل حفره‌هایی نیمه مدور هلالی شکل بر روی دامنه ایجاد می‌شود. وقتی که حفره‌های برفی در اثر گذشت زمان به اندازه کافی بزرگ شدند سیرک‌های حرارتی به وجود می‌آیند (۱). تراس هموار شده برفی یا پایکوه: اگر ترموسیرک‌ها باهم دیگر ادغام شوند، یک تراس یا دامنه ملایمی با یک شیبی در قسمت بالا ایجاد می‌کنند (۱۷)، و بدین ترتیب گودی‌ها به شکل یک حوضه کوچکی درآمده و به شکل کاسه‌ای در پهلوی کوهستان دیده می‌شوند (۱). در منتهی‌الیه حوضه بالقلی چای در بین دو قله سبلان و هرم منطقه بسته وسیع با شیب ملایم وجود دارد که با توجه به ارتفاع و وجود برف دائمی، به صورت یک تراس هموار شده برفی درآمده است. دریاچه‌های سیرکی یا تارن‌ها: در مناطقی که در کواترنر در معرض فرسایش یخچالی قرار داشته و اکنون بیرون از قلمرو یخچال‌هاست، چاله‌های دریاچه‌ای مختلف به تعداد زیاد دیده می‌شود، این چاله‌ها یا با عمل کاوشی یا انباشتی یخچال‌ها به وجود آمده‌اند و یا در اثر ایجاد یک سد به وسیله یخرفت‌ها شکل گرفته‌اند (۲). در منطقه مورد مطالعه تعداد زیادی دریاچه یخچالی در قسمت شمال غربی در ارتفاعات بالای ۲۴۵۰ متری واقع شده‌اند و در قسمت‌های شرقی این حوضه، با توجه به ساختار زمین‌شناسی این بخش (مارن خاکستری گچ دار با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ و تناوب ماسه‌سنگ با و مارن قرمز با درون لایه‌هایی از گچ)، شاهد تشکیل دو زیرحوضه کوچک بسته با دریاچه کارستی - گچی هستیم.

مدل‌سازی حوزه و زیرحوزه با استفاده از نرم‌افزار ArcHydro و اعمال اصلاحات لازم بر روی نقشه DEM، زیرحوضه‌های آبخیز بالقلی چای به صورت دقیق مدل‌سازی شد، بر این اساس حوضه آبخیز بالقلی چای از نظر فیزیوگرافی در محل ایستگاه پل الماس دارای ۱۴ زیرحوضه اصلی بوده که ۹ حوضه آن مستقل و ۵ حوضه غیرمستقل است. همچنین زیرحوضه‌های اصلی این حوضه، در مجموع دارای ۴۱ حوضه فرعی می‌باشد. برای زیرحوضه‌های اصلی مستقل از حروف بزرگ A, B, C, D, E, F, G, H و I استفاده شده است و برای زیرحوضه‌های اصلی غیرمستقل حروف بزرگ Q1, Q2, Q3, Q4 و Q5 استفاده شد. همچنین برای زیرحوضه‌های فرعی مربوط به هر زیرحوضه اصلی مستقل از حروف کوچک مربوط به هر زیرحوضه اصلی مستقل با شماره‌گذاری به سمت بالادست حوضه و برای زیرحوضه‌های فرعی مربوط به هر زیرحوضه اصلی غیرمستقل از حروف کوچک مربوط به هر زیرحوضه اصلی غیرمستقل با یک خط تیره و شماره‌گذاری به سمت بالادست حوضه استفاده شد. تهیه نقشه فرایندهای ژئومورفولوژیکی پس از جمع‌آوری اطلاعات اولیه، جهت شناسایی فرآیندهای ژئومورفولوژیکی، اقدام به بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه شد، سپس با استفاده از اطلاعات حاصل شده از بازدیدهای میدانی و همچنین نتایج مطالعات محققانی همچون بوبک (۸)، اسفندیاری درآباد (۲)، اسفندیاری درآباد و خیام (۱) و بیاتی خطیبی (۳) در منطقه مورد مطالعه، اقدام به تهیه نقشه چاله‌های ژئومورفولوژیکی منطقه شد. برای این منظور از تصاویر Google Earth استفاده شد. به طور کلی عوامل متعددی را که بر روی دبی اوج سیل در یک حوزه اثر دارند می‌توان به دو دسته اقلیمی و اداپیکتی تقسیم نمود که در میان عوامل اداپیکتی، مهم‌ترین عامل، مساحت حوزه می‌باشد (۷). اکثر مطالعات انجام‌شده، بر روی رابطه مستقیم مساحت با دبی اوج لحظه‌ای تأکید دارند، بنابراین با کاهش سهم مشارکت گودال‌های بسته ژئومورفولوژیکی، بر مقدار دبی خروجی زیرحوضه‌های فرعی، دبی اوج لحظه‌ای زیرحوضه اصلی، کاهش می‌یابد. در این مطالعه تأثیر مساحت چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی، بر روی کاهش دبی اوج لحظه‌ای، در زیرحوضه‌های اصلی و فرعی حوضه آبخیز بالقلی چای مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس حوضه آبخیز بالقلی چای عمدتاً از دو نوع چاله بسته ژئومورفولوژیکی یخچالی و کارستی - گچی تشکیل شده است.

در قسمت‌های شمالی حوضه (دامنه شرقی سبلان)، سیرک‌های یخچالی متعدد با ابعاد متنوع قرار گرفته است که جهت‌گیری آن‌ها عمدتاً به سمت شمال و شمال شرق است. یخرفت‌ها گسترده‌ترین مواریث یخچالی هستند که در قسمت‌های شمالی حوضه در پیرامون قله‌های اصلی سبلان دیده می‌شوند. همچنین در قسمت‌های شمالی حوضه از ارتفاع حدود ۲۵۰۰ متر از سطح دریا تعداد زیادی دریاچه سیرکی یا تارن موجود است که بسیاری از آن‌ها دارای حوضه کوچک مستقل می‌باشد. از طرفی با توجه به جهت‌گیری جغرافیایی، ارتفاع زیاد، جهت باد غالب، نوسان درجه حرارت روزانه و سالانه در قسمت‌های

شمالی حوزه برف به عنوان یک عامل ژئومورفیک عمل نموده و در ایجاد بسیاری از اشکال و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی، از جمله لکه‌های برفی، سیرک‌های حرارتی و تراس‌های هموارشده برفی، نقش اولیه و اساسی ایفا می‌کند. نقشه زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که قسمت‌های شرقی حوزه عمدتاً از مارن خاکستری گچ‌دار با لایه‌هایی از ماسه‌سنگ و تناوب ماسه‌سنگ و مارن قرمز با درون لایه‌هایی از گچ تشکیل شده است؛ بنابراین در این قسمت از حوزه، شاهد تشکیل دو زیرحوزه کوچک بسته با دریاچه کارستی- گچی هستیم. زیرحوزه‌های اصلی مستقل B، C و E و همچنین زیرحوزه‌های فرعی مربوط آن‌ها یعنی c3، c2، b3 و e5 دارای چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی یخچالی می‌باشد؛ همچنین زیرحوزه اصلی غیرمستقل Q2 و Q3 و زیرحوزه‌های فرعی مربوط به آن‌ها یعنی q2-1 و q3-2 دارای چاله‌های بسته ژئومورفولوژیک کارستی-گچی می‌باشد. شکل ۲ موقعیت هر یک از چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی یخچالی و انحلالی را در حوضه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل (۲) موقعیت چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی یخچالی و انحلالی در حوضه آبخیز بالقی چای

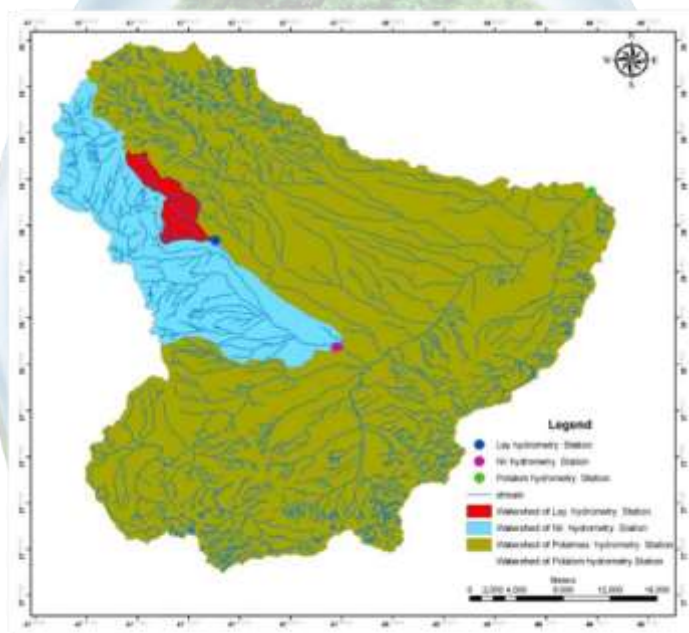
به منظور برآورد دبی اوج لحظه‌ای مطالعات متعددی توسط محققان انجام شده که هر کدام روابط جداگانه‌ای ارائه داده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به روابط فیل و استینر (۱۱) و تاگواس (۱۹) و فولر اشاره کرد. مشکلی که این روابط دارد این است که اصولاً برای منطقه خاصی با خصوصیات اقلیمی و فیزیکی خاص ارائه گردیده است، بنابراین استفاده از این معادلات در مناطق دیگر با مشکل روبه رو خواهد بود و نیاز به واسنجی و تغییر و تعدیل ضرایب منطقه‌ای دارد (۴). یکی از این روابط مهم جهت محاسبه دبی اوج سیل، رابطه فولر است که امتیاز آن نسبت به روش‌های دیگر، در نظر گرفتن دوره بازگشت دبی اوج سیل است که از طریق روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود (۷).

$$Q_{\max} = C.A^{0.8}(1 + \beta \log T) \quad (1)$$

$$Q_p = Q_{\max} (1 + 2/66A)^{0.3} \quad (2)$$

خوشبختانه به دلیل وجود سه ایستگاه هیدرومتری، پل الماس، نیر و لای، در حوضه مورد مطالعه که دارای طول دوره آماری مناسب هستند، واسنجی و تغییر و تعدیل ضرایب منطقه‌ای فرمول فولر، میسر شد. پس از بررسی‌های اولیه آمار مربوط به دبی حداکثر لحظه‌ای هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری، جهت انتخاب مناسب‌ترین توزیع آماری منطقه از نرم‌افزار Easy Fit استفاده شد. در آمار و احتمالات تعداد بسیار زیادی توزیع احتمالاتی وجود دارد که برخی از آن‌ها برای برازش داده‌های

دبی اوج لحظه‌ای در نقاط مختلف دنیا به کار گرفته شده است از جمله کایونتی و مویسلو (۹) از توزیع لوگ نرمال سه پارامتری، نورس‌راپ (۱۳) از روش حداکثر درست‌نمایی توابع توزیع مختلف و اوپری و همکاران (۱۴)، با توزیع نرمال جهت برازش دبی اوج لحظه‌ای استفاده کردند. جهت تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع دبی اوج لحظه‌ای، طول دوره آماری ۳۰ سال (سال آبی ۱۳۸۸-۱۳۵۹) در نظر گرفته شد، سپس به منظور آزمون نکویی برازش از آزمون نکویی کلموگراف-اسمیرنوف استفاده گردید (۲۱ و ۲۰). در این پژوهش از ۷ تابع توزیع معمول در هیدرولوژی (نرمال، لوگ نرمال ۲ و ۳ پارامتری، پیرسون تیپ ۳ و لوگ پیرسون تیپ ۳، گامای ۲ پارامتری و گمبل) استفاده شده است (۶). همچنین برای برآورد پارامترهای هر یک از توابع توزیع با استفاده از نرم‌افزار Easy Fit از روش حداکثر درست‌نمایی (MLE) استفاده شد. بر این اساس دبی اوج لحظه‌ای در هر یک از ایستگاه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد، سپس جهت اصلاح ضریب منطقه‌ای فرمول فولر با فرض مقدار ۰/۸ برای ضریب β ، ضریب منطقه‌ای C در هر دوره بازگشت اصلاح شد. جهت برآورد مقدار تأثیر چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی زیر حوضه‌های اصلی و فرعی بر مقدار دبی اوج لحظه‌ای و حداکثر دبی ۲۴ ساعته، ابتدا با احتساب مساحت کل حوضه در هر یک از زیر حوضه‌های اصلی و زیر حوضه‌های فرعی ذکرشده، مقدار دبی اوج لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از فرمول فولر با ضریب منطقه‌ای اصلاح‌شده محاسبه شد، سپس با کسر مقدار مساحت چاله‌های بسته از مساحت کل هر یک از زیر حوضه‌های اصلی و فرعی، مقدار کاهش دبی اوج لحظه‌ای و حداکثر دبی ۲۴ ساعته در هر یک از دوره بازگشت‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۳ موقعیت هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری را به همراه حوضه بالادست آن نشان می‌دهد.



شکل (۳) موقعیت هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری و حوضه بالادست آن در حوضه آبخیز بالقلی چای

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون نکویی برازش کلموگراف-اسمیرنوف در بین ۷ توزیع مورد بررسی، نشان داد که مناسب‌ترین تابع توزیع احتمالی QPT در هر سه ایستگاه هیدرومتری، تابع لوگ نرمال ۳ پارامتری است. همچنین مناسب‌ترین تابع توزیع احتمالی Qmax در ایستگاه‌های پل الماس و نیر تابع گامای ۲ پارامتری و در ایستگاه لای لوگ نرمال ۳ پارامتری می‌باشد. بر این اساس دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای در هر یک از ایستگاه‌ها در دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه شد، جدول ۱ دبی اوج

لحظه‌ای و دبی اوج ۲۴ ساعته هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد. با استفاده از مفادیر دبی به دست آمده و جایگزاری آنها در فرمول فولر ضرایب منطقه رابطه فولر اصلاح و بهینه شد. جدول ۲ ضرایب منطقه‌ای اصلاح‌شده روابط ۱ و ۲ فولر را در هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری با دوره بازگشت‌های مختلف نشان می‌دهد. سپس مساحت هر یک از حوزه‌های دارای چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی و همچنین مساحت چاله‌ها مورد محاسبه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. جهت برآورد مقدار تأثیر چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی زیرحوزه‌های اصلی و فرعی بر مقدار دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای، ابتدا با احتساب مساحت کل حوزه در هر یک از زیرحوزه‌های اصلی و فرعی ذکرشده، مقدار دبی اوج لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از فرمول فولر با ضریب منطقه‌ای اصلاح‌شده محاسبه شد، سپس با کسر مقدار مساحت چاله‌های بسته از مساحت کل هر یک از زیرحوزه‌های اصلی و فرعی، درصد کاهش دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای مورد بررسی قرار گرفت که نتایج مربوط در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول (۱) دبی اوج لحظه‌ای (QPT) و دبی اوج ۲۴ ساعته (Qmax) در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه

به ترتیب از راست به چپ QPT و Qmax بر حسب (m³/s) با دوره بازگشت‌های مختلف (سال)

ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
پل الماس	۱۸/۱ و ۲۷	۳۰/۶ و ۴۵/۳	۳۹ و ۵۹/۵	۴۹/۴ و ۷۹/۷	۵۶/۹ و ۹۶/۳	۶۴/۳ و ۱۱۴/۲
نیر	۴/۱ و ۵	۶/۲ و ۸/۳	۷/۵ و ۱۱/۳	۹ و ۱۵/۸	۱۰/۲ و ۱۹/۸	۱۱/۲ و ۲۴/۵
لای	۰/۳ و ۰/۵	۰/۵۴ و ۱/۲	۰/۸۸ و ۲	۱/۱ و ۳/۵	۱/۵ و ۵	۱/۸ و ۶/۹

جدول (۲) ضریب منطقه‌ای C و ۲/۶۶، در هر یک از ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه بالقی‌جای

به ترتیب از راست به چپ ضریب اصلاح‌شده C و ۲/۶۶ در دوره بازگشت‌های مختلف (سال)

ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰
پل الماس	۳/۹۷ و ۰/۰۶	۳/۸۵ و ۰/۰۸	۴/۲۲ و ۰/۰۸	۴/۹۲ و ۰/۰۹	۵/۵۵ و ۰/۰۹	۶/۲۳ و ۰/۰۹
نیر	۱ و ۰/۰۶	۱/۶ و ۰/۰۷	۲/۳۸ و ۰/۰۷	۲/۳۸ و ۰/۰۷	۳/۴۷ و ۰/۰۷	۵/۴۸ و ۰/۰۷
لای	۱/۵۴ و ۰/۰۳	۲/۸۱ و ۰/۰۴	۳/۶۸ و ۰/۰۵	۴/۹ و ۰/۰۶	۵/۶۴ و ۰/۰۷	۶/۳۸ و ۰/۰۸
متوسط	۲/۱۷ و ۰/۰۵	۲/۷۵ و ۰/۰۶۳	۳/۴۲ و ۰/۰۶۶	۴/۴۳ و ۰/۰۷۳	۵/۲ و ۰/۰۷۵	۶/۰۳ و ۰/۰۸

جدول (۳) مساحت چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی و درصد آن به کل مساحت زیرحوزه

زیرحوزه اصلی	زیرحوزه فرعی	مساحت چاله‌های بسته (km ²)	درصد مساحت چاله‌های زیرحوزه فرعی	درصد مساحت چاله‌های زیرحوزه اصلی
B	b3	۱/۱۱	۱۶	۱۰/۱
C	c2	۱/۸	۹	۶/۲
	c3	۵/۲۶	۱۵	
E	e5	۲/۹۲	۴	۱/۸
Q2	q2-1	۱/۳۲	۱۰/۳	۱۰/۳
Q3	q3-1	۱/۱۱	۱۲/۲	۱/۶

جدول (۳) مساحت چاله‌های بسته ژئومورفولوژیکی و درصد آن به کل مساحت زیرحوزه

زیرحوزه اصلی	زیرحوزه فرعی	درصد کاهش در زیرحوزه فرعی	درصد کاهش در زیرحوزه اصلی
B	b3	۱۳/۷۴ و ۱۱/۳۱	۶/۶۲ و ۸/۱۳
C	c2	۷ و ۵/۳۸	۴/۲۹ و ۵/۲۴
	c3	۱۲/۰۷ و ۹/۶۲	

۱/۱۵ و ۱/۳۹	۲/۶ و ۳/۲۲	e5	E
۶/۷۱ و ۸/۳۳	۶/۷۱ و ۸/۳۳	q2-1	Q2
۱/۰۳ و ۱/۲۸	۶/۸۴ و ۹/۸۷	q3-1	Q3

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۴ ملاحظه می‌شود که بیشترین درصد کاهش حداکثر دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای مربوط به زیرحوزه فرعی b3 با مقدار متوسط ۱۳/۷۴ و ۱۱/۳۱ درصد می‌باشد که با توجه به جدول ۳ و ملاحظه درصد مساحت چاله‌های بسته به مساحت کل (۱۶ درصد) این زیرحوزه فرعی، نتیجه قابل انتظاری بود. همچنین مقدار درصد کاهش پس از زیرحوزه فرعی b3، به ترتیب مربوط به زیرحوزه‌های فرعی c3، q3، q2، c2 و e5 می‌باشد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که زیرحوزه اصلی Q2 با مقدار متوسط ۸/۳۳ و ۶/۷۱ درصد کاهش در دبی اوج ۲۴ ساعته و لحظه‌ای بیشترین مقدار کاهش را در بین سایر زیرحوزه‌های اصلی دارد که در این مورد هم با توجه به جدول ۳ ملاحظه می‌شود که این زیرحوزه بیشترین درصد مساحت چاله بسته به مساحت کل (۱۰/۳ درصد) را دارا می‌باشد. لازم به ذکر است که این زیرحوزه تنها دارای یک زیرحوزه فرعی q2-1 می‌باشد، بنابراین نتایج حاصله شده همان نتایج زیرحوزه فرعی مربوطه می‌باشد. پس از زیرحوزه اصلی Q2 به ترتیب زیرحوزه‌های اصلی E، C، B و Q3 دارای بیشترین درصد کاهش می‌باشد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در زیر حوضه‌های آبخیز بالقی چای، وجود حوضه‌های کوچک بسته ناشی از فرایندهای ژئومورفولوژیکی، نقش ملموسی را در کاهش دبی اوج لحظه‌ای سیلاب، ایفا می‌کند. از آنجا که در مطالعات مربوط به منابع آب، احداث سازه‌های آبی و توسعه کشاورزی یکی از مهم‌ترین مباحث، اقتصاد می‌باشد، به نظر می‌رسد که مطالعه هر چه بیشتر تأثیر فرایندهای ژئومورفولوژیکی بر مقدار دبی اوج در حوضه‌های نظیر حوضه آبخیز بالقی چای، ضروری است

۴- منابع و مراجع

۱. اسفندیاری درآباد، ف.، خیام، م. ۱۳۸۶. تحلیلی بر اثرات ژئومورفیک برفساب در سبلان. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۰: ۴۹-۶۰.
۲. اسفندیاری درآباد، ف. ۱۳۸۸. شواهد ژئومورفولوژیکی تغییرات آب و هوایی پلیوستسن فوقانی در دامنه شرقی سبلان. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، ۱ (۳): ۸۳-۹۶.
۳. بیاتی خطیبی، م. ۱۳۸۴. مطالعه تغییرات آب و هوایی و فرایندهای فرسایشی در دوره پلیستوسن، و هولوسن با استفاده از مورایث ژئومورفیک (با مثال‌های موردی از: کوهستان‌های سبلان و سهند). مجله فضای جغرافیایی، ۱: ۷۹-۴۱.
۴. دستورانی، م.، حیات زاده، م. ۱۳۸۹. بررسی مهم‌ترین عوامل مؤثر در دبی حداکثر سیلاب از طریق آنالیز حساسیت روابط تجربی. فصل‌نامه علمی - پژوهشی خشک بوم، ۱ (۱): ۱-۱۲.
۵. زمانی، ح. ۱۳۸۸. شواهد و حدود گسترش یخچال‌های کواترنری در البرز مرکزی، کاربردی، فلسفه. رساله دکتری. دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
۶. علیزاده، ا. ۱۳۸۸. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و ششم، انتشارات دانشگاه امام رضا: ۶۶۵-۶۱۷.
۷. مهدوی، م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران: ۱۶۵-۱۷۸.
8. Boobek, H. 1955. klima and landschaft Iran. Wien, 25:1-42.
9. Caunti, P. and Moiselto, U. 1987. Methods for estimating the peak discharge through the records of mean daily discharge. Proceedings of the international symposium on flood frequency and risk analysis, Louisiana State University, USA: 177-184.
10. Christopherson, R.W. 1997. Geosystems: an Introduction to physical Geography, 3rd ed.: 656 pp.
11. Fill, H.D. and Steiner, A.A. 2003. Estimating instantaneous peak flow from mean daily flow data. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE, 8(6): 365-369.
12. Hjalimarsom, H.W. and Thomas, B.E. 1992. New look at regional flood-frequency relations for arid lands. Journal of Hydraulic Engineering, 118: 868-886.
13. Northrop, p. 2004. Likelihood-based approaches to flood frequency estimation. Journal of Hydrology 292: 96-113.
14. Opere, A., Mkhanda, S. and Williams, P. 2006. At site flood frequency analysis for the Nile Equatorial basins. Physics and Chemistry of the Earth 31: 919-927.

15. Pitalick, J. 1994. Relation between peak flows, precipitation and physiography for five mountainous regions in the Western USA. *Journal of Hydrology* 158: 219–240.
16. Riggs, T.C. and Hess, G.W. 1993. *Techniques at engaged sites*, IAHS Publication, 190:159–170.
17. Selby, M.J. 1985. *Earth's changing surface*, Oxford: 388–416.
18. Singh, V.P. 1998. *Hydrologic System, Rainfall Runoff Modeling*, Vol.1, John Wiley & sons, UK.
19. Taguas, E.V., Ayuso, J.L., Pena, A., Yuan, Y., Sanchez, M.C., Giraldez, J.V. and Perez, R. 2008. Testing the relationship between instantaneous peak flow and mean daily flow in a Mediterranean Area Southeast Spain. *Catena*, 75: 129–137.
20. Vicek, O. and Huth, R. 2009. Is daily precipitation Gamma-distributed? Adverse effects of an incorrect use of the Kolmogorov–Smirnov test. *Atmospheric Research*, 93: 741–758.
21. Yevjevich, V.M. 1972. *Probability and statistics in hydrology*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colo.



بررسی تأثیر پساب مغناطیس شده و مدیریت آبیاری بر شوری خاک تحت کشت برنج

لیلی قربانی مینائی^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۲ عباس رضایی اصل^۳، حمیدرضا میرکریمی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران،
(Email: tabassom_2012@yahoo.com)

چکیده

استفاده از فاضلاب‌های شهری، باعث صرفه‌جویی در استفاده از منابع آب و کاهش آلودگی آن می‌شود که علاوه بر استفاده از این آب‌ها باید در جهت بهبود کیفیت آن‌ها گام برداشته شود. در پژوهش حاضر، کاربرد آب معمولی و پساب مغناطیس شده با روش آبیاری زیرزمینی بر هدایت الکتریکی و اسیدیته در اعماق مختلف خاک مورد بررسی قرار گرفت. تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در پردیس دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بر روی گیاه برنج در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت از روش آبیاری (آبیاری زیرزمینی (S) و آبیاری سطحی (B))، نوع آب آبیاری (آب معمولی (C) و پساب تصفیه شده شهری گرگان (W)) و روش اصلاح آب (مغناطیس (M) و عدم مغناطیس (O)) بود. براساس نتایج، بیش‌ترین مقدار هدایت الکتریکی در عمق یک مربوط به ترکیب تیماری MWS حاصل شد که نسبت به شاهد (OCB) حدود ۳/۶ برابر افزایش نشان داد و بقیه ترکیبات تیماری در یک رده آماری قرار گرفتند. در عمق دو بیش‌ترین مقدار آن مربوط به ترکیب تیماری MWB می‌باشد که نسبت به شاهد که دارای کم‌ترین مقدار است حدود ۲/۳ برابر افزایش نشان داد. در عمق سه مقدار هدایت الکتریکی بین ترکیبات تیماری از نظر آماری اختلاف‌ها معنی‌دار نشد. مقدار اسیدیته ترکیبات تیماری در اعماق مختلف خاک در یک رده آماری قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: آبیاری زیرزمینی، خواص شیمیایی خاک، کمبود آب، محیط زیست

۱- مقدمه

استفاده از پساب‌ها از جهت کنترل آلودگی‌های آن، عدم رهاسازی آن در رودخانه‌ها و حفظ محیط زیست و از جهت مواد غذایی موجود در فاضلاب‌ها که برای گیاهان بسیار سودمند است حائز اهمیت هستند (۲). در ایران به علت خشکی و گرمی هوا، میزان تبخیر بالا بوده و شوری خاک در سطح زمین تجمع نموده و با آبیاری و کوددهی بی‌رویه، به مرور موجب سفتی و شوری و کلوخه شدن خاک و کاهش حجم خاک حاصلخیز و عوم توسعه سیستم ریشه و افت عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. بنابراین اصلاح آب مصرفی ضرورت می‌یابد. اصلاح آب آبیاری به روش مغناطیسی و بدون اضافه کردن مواد شیمیایی و سمی، موجب کاهش نیاز آبی و کودی و سم شده و خاک نیز به مرور اصلاح خواهد شد (۱). آزمایشات صورت گرفته با استفاده از آب مغناطیسی بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک کاهش معنی‌دار EC و PH در محلول خاک را تأیید کرد (۶). در پژوهشی گزارش شد که با توجه به تیمار مغناطیسی، برخی از تغییرات حاصل در خواص فیزیکی و شیمیایی آب مانند افزایش

هدایت الکتریکی و کاهش اسیدیته خاک ممکن است بر رشد گیاهان اثر بگذارد (۵). با توجه به مسائل ذکر شده، دفع فاضلاب (خام یا تصفیه شده) در خاک به هر هدفی که باشد، نیازمند مدیریت خاص و آگاهی از نحوه تأثیر فاضلاب بر پارامترهای شیمیایی خاک است، به طوری که ضمن بهره‌گیری مطلوب از فاضلاب، مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی به حداقل ممکن کاهش یابد.

۲- مواد و روش‌ها

آزمایشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب ۸ تیمار (۲ تیمار کیفیت آب مصرفی، ۲ تیمار روش آبیاری و ۲ تیمار اصلاح شده آب مصرفی) و ۳ تکرار انجام شد. آب معمولی به‌عنوان شاهد و پساب از تصفیه‌خانه پساب شهری گرگان تهیه شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ و مشخصات شیمیایی آب و پساب در جدول ۲ آورده شده است.

جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

SAR	K	Mg	Ca	Na	PH	EC	شن	سیلت	رس	بافت خاک
(meq/l) ^{0.5}	(meq/l)				-	(ds/m)	(%)	(%)	(%)	لوم رسی
۹/۲۵	۱/۶۱	۸/۴	۰/۰۳	۱۹	۷/۵۲	۱/۴۸	۳۸	۳۰	۳۲	

جدول (۲) ویژگی‌های شیمیایی آب و پساب

SAR	K	Mg	Ca	Na	PH	EC	کیفیت آب
(meq/l) ^{0.5}	(meq/l)				-	(ds/m)	
۰/۵۴	۰/۰۹	۲/۳	۳/۱	۰/۹	۷	۰/۵۸	آب معمولی
۰/۶۶	۰/۴۵	۴/۴	۵/۲	۱/۲	۸/۲	۱/۴	پساب

بخشی از دو نوع آب معمولی و پساب با استفاده از دستگاه مولد میدان مغناطیسی DC و با شدت میدان مغناطیسی ۱ تسلا، مغناطیسی و سپس با دو روش سطحی و زیرزمینی آبیاری گیاه برنج انجام شد. برای ثابت نگه داشتن سطح آب، از دو مخزن (یکی به عنوان تثبیت کننده سطح ایستابی و دیگری برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی) استفاده شد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه EC متر و اسیدیته خاک با دستگاه PH متر اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS، مقایسه میانگین‌های اثر ساده با استفاده از آزمون تی تست، مقایسه میانگین اثرات متقابل با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- هدایت الکتریکی

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۱) نشان داد که اثر روش آبیاری (سطحی و زیرزمینی) بر هدایت الکتریکی در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. اثر نوع آب (آب معمولی و پساب) بر هدایت الکتریکی در عمق یک در سطح ۱ درصد و در عمق سه در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است اما در عمق دو معنی‌دار نبود. اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر هدایت الکتریکی در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود.

همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب و اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین بین آب معمولی و پساب در عمق یک و عمق دو اثر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی مشاهده شد به طوری که مقدار هدایت الکتریکی در پساب نسبت به آب معمولی

بیش تر بود، بین مغناطیس و غیرمغناطیس شده در عمق یک اثر معنی داری بر هدایت الکتریکی مشاهده شد به طوری که مقدار هدایت الکتریکی در مغناطیس نسبت به غیرمغناطیس بیش تر بود. نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر هدایت الکتریکی نشان داد که بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی در عمق یک و عمق سه مربوط به ترکیب تیماری WS و کم ترین مقدار آن در ترکیب تیماری CB می باشد و در عمق دو بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی در عمق دو مربوط به ترکیب تیماری WB و بقیه ترکیبات تیماری در یک رده آماری می باشند (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی نشان داد که در هر سه عمق خاک بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به ترکیب تیماری OW و کم ترین مقدار آن در ترکیب تیماری MC می باشد (شکل ۲). از طرفی نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی نشان داد که بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی در عمق یک مربوط به ترکیب تیماری MWS است و بقیه ترکیبات تیماری در یک رده آماری قرار دارند، در عمق دو بیش ترین مقدار هدایت الکتریکی مربوط به ترکیب تیماری MWB و کم ترین مقدار هدایت الکتریکی در ترکیبات تیماری OCS و OCB می باشد (شکل ۳).

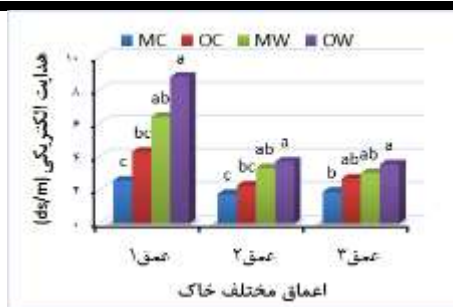
جدول (۳) تجزیه واریانس هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک در اعماق مختلف در انتهای دوره رشد بر اساس میانگین مربعات

منابع تغییرات	هدایت الکتریکی			درجه آزادی			منابع تغییرات
	D ₃	D ₂	D ₁	D ₃	D ₂	D ₁	
اسیدیته							
بلوک	۰/۰۷۵ ^{ns}	۰/۰۶۵ ^{ns}	۰/۰۳۳ ^{ns}	۰/۰۴۵ ^{ns}	۱/۳۷ ^{ns}	۳۴/۳۴ ^o	۲
روش آبیاری	۰/۰۹۵ ^{ns}	۰/۰۶۶ ^{ns}	۰/۱۳۷ ^{ns}	۲/۰۸۳ ^{ns}	۲/۶۶ ^{ns}	۵/۹۱ ^{ns}	۱
کیفیت آب	۰/۰۵۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱۷ ^{ns}	۰/۰۶۷ ^{ns}	۵/۸۵۱ ^o	۱۳/۴۷ ^{ns}	۱۰۴/۴ ^{oo}	۱
اصلاح آب	۰/۰۶۹ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۲/۶۳ ^{ns}	۱/۱۶۳ ^{ns}	۲۵/۶ ^{ns}	۱
روش آبیاری × کیفیت آب	۰/۰۶۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۳۴۸ ^{ns}	۲/۵۸۷ ^{ns}	۱۵/۶۹ ^{ns}	۱
روش آبیاری × اصلاح آب	۰/۰۱۵ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۰/۰ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۳۶ ^{ns}	۹/۳۱ ^{ns}	۱
کیفیت آب × اصلاح آب	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۱
روش آبیاری × نوع آب × کیفیت آب	۰/۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۹۱ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۱۹ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۴/۰۱ ^{ns}	۱
خطا	۰/۰۷۸	۰/۰۴	۰/۰۵۸	۱/۲۸۳	۰/۹۹۶	۵/۹	۱۴

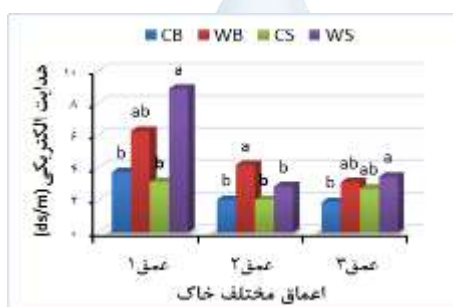
^{oo} معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^o معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns} غیر معنی دار

اعماق مختلف خاک به شرح زیر کدگذاری شد:

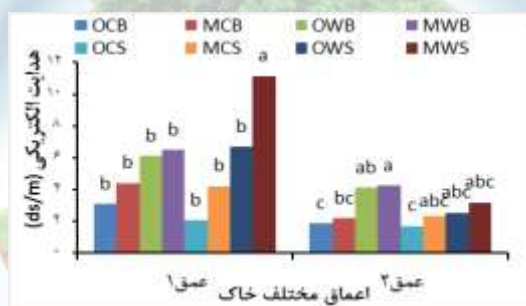
عمق یک D₁، عمق دو D₂ و عمق سه D₃



شکل (۲) مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی



شکل (۱) مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر هدایت الکتریکی



شکل (۳) مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر هدایت الکتریکی

بررسی‌ها بر روی تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک، نشان داد استفاده از پساب کاهش شوری خاک را در پی دارد (۳). نتایج پژوهشی نشان داد در مزارع آبیاری شده با پساب تصفیه خانه فاضلاب شمال اصفهان نسبت به مزارع آبیاری شده با آب چاه به مدت ۱۱ سال، میزان هدایت هیدرولیکی خاک برای دو عمق ۳۰- و ۶۰- سانتی متری افزایش داشت (۴)

۳-۲- اسیدپته

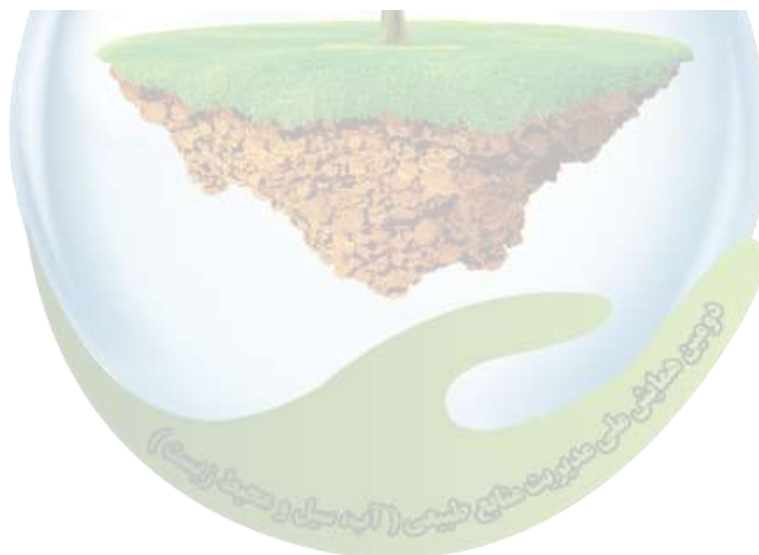
نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۱) نشان داد که اثر روش آبیاری (سطحی و زیرزمینی)، اثر نوع آب (آب معمولی و پساب) و اثر اصلاح آب (مغناطیس و غیرمغناطیس) بر اسیدپته در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب و اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب بر اسیدپته در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر اسیدپته در هر سه عمق خاک معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین بین تمام ترکیبات تیماری نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده نداشت.

۴- نتیجه گیری

تبدیل خاک‌های کشور به خاک‌های شور حاصل بهره‌برداری نادرست از عواملی نظیر منابع خاک، آبیاری اراضی با استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و مدیریت آبیاری است که در صورتی که از خاک محافظت نشود مدیریت آب هم بی‌نتیجه خواهد بود، بنابراین حفظ منابع راهبردی نظیر آب، خاک و حتی محیط زیست ضروری است. این پژوهش نشان داد آلودگی خاک ناشی از شور شدن خاک، بر اثر مصرف پساب و روش آبیاری به شمار می‌رود به طوری که اصلاح آب به روش مغناطیس نیز سبب بهبود کیفیت خاک از لحاظ شوری در خاک تحت کشت برنج نگردید.

۵- منابع و مراجع

۱. خوش‌روش، م.، مصطفی‌زاده، ب.، و موسوی، ف. ۱۳۸۷. استفاده از روش آبیاری مغناطیسی برای اصلاح آب و خاک و کاهش بحران آب. اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، زابل. ۱۰ ص.
۲. شهریاری، ع. ر.، نوری، س.، عابدی کوپایی، ج.، و صالح، ف. ۱۳۸۸. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه غره داغ تحت شرایط گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای (۴): ۱-۱۳-۲۱.
۳. عابدی کوپایی، ج.، افیونی، م.، موسوی، س. ف.، مصطفی‌زاده، ب.، و باقری، م. ر. ۱۳۸۲. تأثیر آبیاری بارانی و سطحی با پساب تصفیه شده بر شوری خاک. آب و فاضلاب (۱۴): ۱-۲-۱۲.
۴. فیضی، م.، شایان‌جزی، م.، و قربانی، ه. ۱۳۸۹. تأثیر استفاده از پساب در کشاورزی بر برخی خواص فیزیکی خاک. دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد. ۶ ص.
5. Grewal, H. S. and Maheshwari, B.L. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and Chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics* 32: 58-65.
6. Saliha, B. B. 2005. Bioefficacy testing of GMX online magnetic water conditioner in grapes var. muscat. Tamil Nadu agricultural university. Project Completion project.





Investigating the effect of magnetized wastewater on EC and pH of soil on Rice cultivation

L. Ghorbani-Minaei¹, M. Zakerinia^{2*}, A. RezaeiAsl³ and H.R. Mirkarimi⁴

¹M.Sc. Candidate of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Ph.D. Student of Plant Breeding, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.

* Email: mzakerinia@gmail.com

Abstract

Using urban sewage, it saves in the use of water resources and reduces its pollution, which in addition to using these waters should be taken to improve their quality. In this study, the application of water and magnetized wastewater by subsurface irrigation method was investigated on electrical conductivity and acidity at different depths of soil. The research was carried out as a factorial experiment based on a completely randomized block design with three replications in the campus of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources on a Rice plant in 2018. The treatments were type irrigation (subsurface irrigation (S) and surface irrigation (B)), irrigation water type (common water (C) and refined urban wastewater of Gorgan (W)) and water correction (Magnetism (M) and non- Magnetism (O)). Based on the results, the highest electrical conductivity at depth 1 was obtained from the MWS composition, which was 3.6 fold higher than the control (OCB), and the rest of the treatment compounds were in a statistical class. In the depth of two, the highest amount is related to the MWB composition, which is about 2.3 times higher than the lowest. In the depth of three, the values of electrical conductivity between the treatment compounds were not statistically significant. The acidity of the treatment compounds at different depths of the soil was classified into a statistical class.

Keywords: Environment, Soil chemical properties, Subsurface irrigation, Water shortage

بررسی بهره‌وری فیزیکی مصرف آب به روش آبیاری زیرزمینی در گیاه برنج

لیلی قربانی مینائی^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۲، عباس رضایی اصل^۳ و حمیدرضا میرکریمی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

*^۱ (Email: tabassom_2012@yahoo.com)

چکیده

تحقیق حاضر با هدف بررسی بهره‌وری فیزیکی آب به روش آبیاری زیرزمینی در پردیس کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بر روی گیاه برنج به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارتند از روش آبیاری (آبیاری زیرزمینی (S) و آبیاری سطحی (B))، نوع آب آبیاری (آب معمولی (C) و پساب تصفیه شده شهری گرگان (W)) و روش اصلاح آب (مغناطیس (M) و عدم مغناطیس (O)). ترکیب تیماری آبیاری سطحی با آب معمولی غیرمغناطیس به عنوان شاهد می‌باشد. نتایج نشان داد بیشترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی با پساب غیرمغناطیس می‌باشد که نسبت به شاهد حدود ۵۲ درصد افزایش داشت. میزان حجم آب مصرفی در روش آبیاری زیرزمینی نسبت به آبیاری سطحی حدود ۲۰ درصد کاهش نشان داد.

واژگان کلیدی: آب مغناطیسی، پساب، کاهش آب مصرفی، حجم آب آبیاری

۱- مقدمه

در کشاورزی به دلیل محدودیت منابع آب، آبیاری باید با تولید محصول بیشتر و مصرف آب کمتر حاصل گردد. روش آبیاری زیرزمینی فقط در مناطقی که سطح سفره آب زیرزمینی نزدیک به سطح زمین باشد قابل اجراست (۲). آبیاری زیرزمینی سبب کاهش آلودگی زیست محیطی، افزایش راندمان تولید محصول، صرفه‌جویی سم و کود، بالاترین صرفه‌جویی آب و افزایش راندمان آبیاری، کاهش شدید تراکم علف‌های هرز و کاهش امراض و بیماری‌ها، قابل اجرا برای انواع گیاهان زراعی و کاهش آلودگی سفره‌های آب‌های زیرزمینی می‌گردد (۸). محدودیت منابع آب قابل استحصال در ایران، توسعه‌ی روز افزون شهرنشینی و مزید بر آن خشکسالی‌های چند سال اخیر سیاستگذاران مسائل آب را ناگزیر ساخته است تا در برنامه‌ریزی توسعه‌ی منابع آبی به کلیه منابع متعارف و غیرمتعارف آب (از جمله فاضلاب‌های شهری و خانگی) که بتواند به نحو مؤثر و اقتصادی در اختیار قرار گیرد، توجه گردد (۷). در این راستا یکی از راهکارهایی که در سال‌های اخیر در عملیات آبیاری به منظور استفاده از آب‌های نامتعارف مورد استفاده قرار می‌گیرد عبور دادن آب آبیاری از یک میدان مغناطیسی می‌باشد. آب مغناطیس آبی است که از یک دستگاه که دارای هسته مغناطیس است، عبور می‌کند (۹). بنابراین با توجه به اهمیت گیاه زراعی پرمصرف برنج و توجه به اهمیت آب، استفاده از منابع موجود به صورت صحیح یکی از مهمترین اهداف در بخش کشاورزی می‌باشد. این تحقیق در راستای استفاده از آب‌های نامتعارف از جمله آب تصفیه‌خانه شهری گرگان در کشت برنج و جبران کمبود آب و استفاده از فرآیند مغناطیسی کردن آن در جهت بهبود کیفیت این منابع انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش، آزمایشی در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب ۸ تیمار (۲ تیمار کیفیت آب مصرفی، ۲ تیمار روش آبیاری و ۲ تیمار اصلاح شده آب مصرفی) و ۳ تکرار انجام گرفت. آب معمولی به‌عنوان شاهد و پساب از تصفیه‌خانه پساب شهری گرگان تهیه گردید. بخشی از دو نوع آب معمولی و پساب با استفاده از دستگاه مولد میدان مغناطیسی DC و با شدت ۱ تسلا، مغناطیسی شد. سپس با دو روش غرقابی و زیرزمینی آبیاری گیاه برنج انجام شد. برای ثابت نگه‌داشتن سطح آب، از دو مخزن (یکی به‌عنوان تثبیت کننده سطح ایستابی و دیگری برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی) استفاده گردید. پس از اتمام دوره رشد میزان آب مصرفی در طول دوره رشد هر تیمار اندازه‌گیری شد و بهره‌وری فیزیکی آب از تقسیم عملکرد محصول بر مقدار عمق آب آبیاری و باران محاسبه شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS، مقایسه میانگین‌های اثر ساده با استفاده از آزمون تی‌تست، مقایسه میانگین اثرات متقابل با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بهره‌وری فیزیکی آب

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۱) نشان داد که اثر روش آبیاری بر بهره‌وری فیزیکی آب در سطح ۱ درصد و اثر نوع آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود اما اثر اصلاح آب بر بهره‌وری فیزیکی آب معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب و اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر بهره‌وری فیزیکی آب معنی‌دار نبود. همچنین اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر بهره‌وری فیزیکی آب معنی‌دار نبود.

با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۲) بین هر یک از روش‌های آبیاری زیرزمینی و سطحی اثر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی آب مشاهده شد به طوری‌که بهره‌وری فیزیکی آب در روش آبیاری زیرزمینی ۲۰ درصد نسبت به آبیاری سطحی افزایش نشان داد و بین تیمار آب معمولی و پساب نیز اثر معنی‌داری بر بهره‌وری فیزیکی آب مشاهده شد به طوری‌که بهره‌وری فیزیکی آب در پساب حدود ۱۷ درصد نسبت به آب معمولی افزایش نشان داد. همچنین نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب در جدول (۳) بر بهره‌وری فیزیکی آب نشان داد که کم‌ترین مقدار مربوط به روش آبیاری زیرزمینی با آب معمولی و آبیاری سطحی با آب معمولی و بیش‌ترین مقدار مربوط به آبیاری زیرزمینی با پساب می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی حدود ۴۴ درصد افزایش داشت. نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب در جدول (۴) بر بهره‌وری فیزیکی آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی مغناطیسی می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیسی حدود ۳۶ درصد افزایش داشت. از طرفی نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر بهره‌وری فیزیکی آب نشان داد که بیش‌ترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب در ترکیب تیماری OWS می‌باشد که نسبت به ترکیب تیماری OCB (شاهد) که دارای کم‌ترین مقدار بهره‌وری فیزیکی آب می‌باشد حدود ۵۲ درصد افزایش داشت (شکل ۱). در مطالعه (۱) متوسط بهره‌وری آب در سطح جهان برای برنج ۰/۳۹ برآورد شد. همچنین براساس پیش‌بینی صورت گرفته تا سال ۲۰۲۵ میزان متوسط بهره‌وری آب در تولید برنج به میزان ۰/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش خواهد یافت. پایین بودن بهره‌وری برنج به این دلیل می‌باشد که برنج در مقایسه با سایر غلات در اکثر نقاط جهان آب بیشتری مصرف می‌کند. متوسط بهره‌وری آب در تولید برنج و سایر غلات در صحرای آفریقا دارای پایین‌ترین حد ممکن می‌باشد این شاخص برای برنج ۰/۱۴ کیلوگرم بر مترمکعب و (از ۰/۱۰ تا ۰/۲۵) و در مورد سایر غلات ۰/۳ کیلوگرم بر مترمکعب (از ۰/۱ تا ۰/۶) محاسبه گردیده است. متوسط شاخص بهره‌وری آب برای برنج در کشورهای توسعه‌یافته ۰/۴۷ کیلوگرم بر مترمکعب و برای کشورهای در حال توسعه ۰/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

تغییرات در مقدار این شاخص را به طور عمده به عوامل اقلیم، مدیریت آبیاری و مدیریت کود نسبت دادند. براساس نتایج تحقیق صورت گرفته، آبیاری گیاهان آفتابگردان با پساب تصفیه شده شهری، بهره وری مصرف آب را ۴۰ درصد نسبت به تیمار آب چاه افزایش داد (۳). هم‌چنین نتایج آزمایش صورت گرفته نشان داد آبیاری دو رقم متفاوت سیب زمینی (مارفونا و نویتا) با پساب با روش قطره‌ای زیرسطحی (عمق ۹۵ سانتی متری) در مقایسه با شاهد بهره‌وری مصرف آب را به ترتیب ۷/۸۱ و ۳/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داد (۵). تحقیقی نشان داد روند تغییرات نتایج در این دو صفت در تیمارهای مختلف بهره‌وری مصرف نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت در تیمار ۱۰۰ درصد پساب بود و کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد (۶).

جدول (۱) تجزیه واریانس مشخصه‌های برنج براساس میانگین مربعات

منابع تغییرات	درجه آزادی	بهره‌وری فیزیکی آب	حجم آب آبیاری
تکرار	۲	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱۴۷۰۰۴۳/۸۹ ^{ns}
روش آبیاری	۱	۰/۰۳۳ ^{**}	۰/۹۶ ^{**}
کیفیت آب	۱	۰/۲۲ [*]	۳۵۱۷/۹۶ ^{ns}
اصلاح آب	۱	۰/۰۰۹ ^{ns}	۳۵۳۰۸/۸۵ ^{ns}
روش آبیاری × کیفیت آب	۱	۰/۰۰۶ ^{ns}	۵۷۲۵/۴۷ ^{ns}
روش آبیاری × اصلاح آب	۱	۰/۰۴۸ ^{ns}	۲۰۵۲/۵۷ ^{ns}
کیفیت آب × اصلاح آب	۱	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲۲۴/۵۴۳ ^{ns}
روش آبیاری × نوع آب × کیفیت آب	۱	۰/۰۰۴ ^{ns}	۱۴۳۰۳/۸ ^{ns}
خطا	۱۴	۰/۰۰۴	۴۳۷۴۲۳/۵

^{**} معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{*} معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار

جدول (۲) مقایسه میانگین اثر ساده به روش آزمون تی تست در سطح ۵ درصد

روش آبیاری (A)		نوع آب (B)		اصلاح آب (C)	
O	M	W	C	S	B
۰/۳۱a	۰/۳۵a	۰/۳۶a	۰/۲۹b	۰/۳۶a	۰/۲۹b
۱۵۵۶۲a	۱۵۶۳۹a	۱۵۵۸۸a	۱۵۶۱۲a	۱۳۸۳۱b	۱۷۳۷۰a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون تی تست در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول (۳) مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری × نوع آب به روش آزمون دانکن

WS	CS	WB	CB
۰/۳۸ a	۰/۳۵ b	۰/۳۳ ab	۰/۲۵b
۱۳۸۰۳ b	۱۳۸۵۹ b	۱۷۳۷۳ a	۱۷۳۶۶ a

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول (۴) مقایسه میانگین اثر متقابل روش آبیاری × اصلاح آب به روش آزمون دانکن

OS	MS	OB	MB
۰/۳۰ b	۰/۴۳ a	۰/۳۲ b	۰/۲۶ b
۱۳۷۸۳ b	۱۳۸۷۹b	۱۷۳۴۱ a	۱۷۳۹۹ a

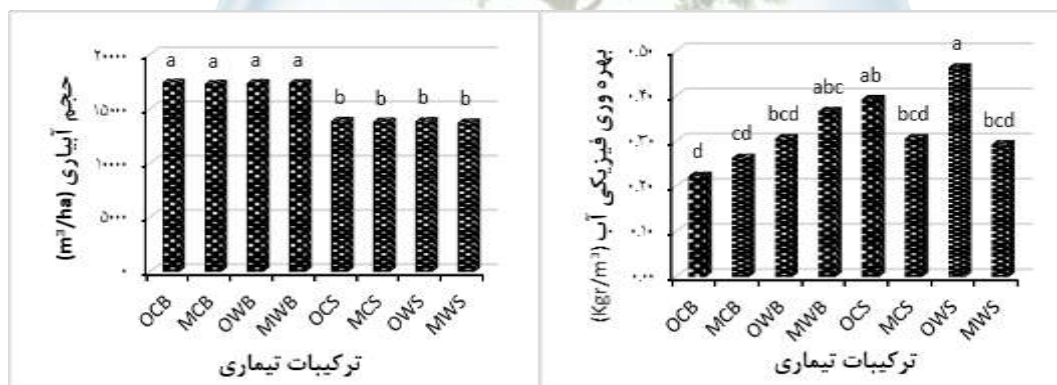
میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول (۵) مقایسه میانگین اثر متقابل نوع آب × اصلاح آب به روش آزمون دانکن

OW	MW	OC	MC
۰/۳۳ a	۰/۳۸ a	۰/۲۸ a	۰/۳۱ a

۲-۳- حجم آب آبیاری

نتایج تجزیه واریانس ارائه شده در جدول (۱) نشان داد که اثر روش آبیاری بر حجم آب آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود اما اثر نوع آب و اثر اصلاح آب بر حجم آب آبیاری معنی‌دار نبود. اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب، اثر متقابل نوع آب و اصلاح آب و اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر حجم آب آبیاری معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین ارائه شده در جدول (۲) بین هر یک از روش‌های آبیاری زیرزمینی و سطحی اثر معنی‌داری بر حجم آب آبیاری مشاهده شد به طوری‌که حجم آب آبیاری در روش آبیاری زیرزمینی ۲۶ درصد نسبت به آبیاری سطحی کاهش نشان داد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و نوع آب بر حجم آب آبیاری نشان داد که کم‌ترین مقدار مربوط به روش آبیاری زیرزمینی با پساب و آبیاری زیرزمینی با آب معمولی می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی با آب معمولی حدود ۲۰ درصد کاهش داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری و اصلاح آب بر حجم آب آبیاری نشان داد که کم‌ترین مقدار حجم آب آبیاری در ترکیب تیماری آبیاری زیرزمینی مغناطیس و غیرمغناطیس می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی غیرمغناطیس حدود ۲۰ درصد کاهش داشت (جدول ۴). از طرفی نتایج مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب بر حجم آب آبیاری نشان داد که کم‌ترین مقدار حجم آب آبیاری در ترکیب تیماری OWS، MWS، MCS و OCS می‌باشد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۲۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۲). تحقیقی نشان داد مدیریت آبیاری موجب کاهش آب مصرفی تیمار آبیاری زیرزمینی نسبت به تیمار شاهد شد (۴).



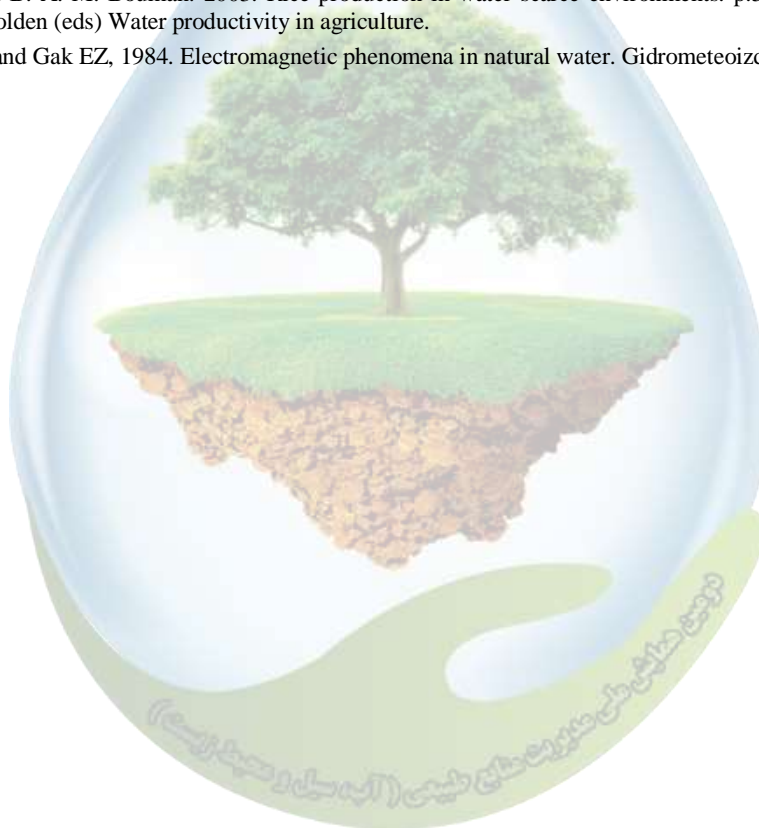
شکل (۱) و (۲) مقایسه میانگین تأثیر اثر متقابل روش آبیاری، نوع آب و اصلاح آب به ترتیب از راست به چپ بر بهره‌وری فیزیکی آب و حجم آب آبیاری

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد بین ترکیبات تیماری در طول دوره رشد، بیش‌ترین میزان آب مصرفی مربوط به تیمار سطحی (مرسوم غرقابی) و کم‌ترین آن مربوط به تیمار زیرزمینی می‌باشد که نسبت به آبیاری سطحی حدود ۲۰ درصد کاهش داشت. با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و در نتیجه بهره‌وری آب را افزایش داد.

۵- منابع و مراجع

۱. اسماعیلی خوشمردان، ع. ۱۳۹۶. بررسی بهره‌وری آب و آسیب‌شناسی مدیریت آن در بخش کشاورزی کشور. دفتر تحقیقات و سیاست‌های بخش‌های تولیدی، ۲۶ ص.
۲. باستانی، ش. ۱۳۹۶. مروری بر تاریخچه ابداعات و نوآوری‌ها در زمینه آبیاری زیرسطحی. نشریه آب و توسعه پایدار (۴): ۶۹-۸۰.
۳. بدلیانس قلی‌کندی، گ.، جمشیدی، ش.، و ابریشمی، ع. ۱۳۹۴. بررسی اثر آبیاری آفتابگردان روغنی با پساب تصفیه‌شده شهری بر رشد و عملکرد گیاه و کیفیت خاک. نشریه بازیافت آب (۲): ۲۷-۴۰.
۴. میرابوالقاسمی، س. م.، قبادی‌نیا، م.، قاسمی، ا. ر.، و نوری امامزاده‌ای، م. ر. ۱۳۹۶. تأثیر آبیاری زیرزمینی و مدیریت آبیاری بر مشخصه‌های رشد و اجزای عملکرد برنج در منطقه خشک و نیمه خشک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) (۳۱): ۲: ۴۱۱-۴۲۱.
۵. نجفی، پ.، موسوی، س. ف.، و فیضی، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات کاربرد پساب فاضلاب تصفیه شده شهری در روش‌های مختلف آبیاری سیب زمینی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (۱۲): ۶۱-۷۰.
۶. نیکبخت، ج.، و رضایی، ا. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف پساب و آب مغناطیسی شده بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در آبیاری ذرت و برخی خصوصیات فیزیکی خاک. مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۸۴): ۱: ۵۷-۶۱.
۷. قلی‌پور یوسفیان، ج.، م. ص. ابراهیمی و ج. عابدی کوپایی. ۱۳۹۷. بررسی عوامل مؤثر بر دیدگاه برخی از کشاورزان در استفاده از پساب در شهرستان خرم‌آباد. نشریه پژوهش آب در کشاورزی (۳۲): ۴: ۵۹۷-۶۱۳.
8. Tuong, T. P. and B. A. M. Bouman. 2003. Rice production in water scarce environments. p.53-67. In J.W. Kijne, R. Barker and D. Molden (eds) Water productivity in agriculture.
9. Bondarenko NF and Gak EZ, 1984. Electromagnetic phenomena in natural water. Gidrometeoizdat, Leningrad.



Investigation of Physical Productivity of Water Consumption by Subsurface Irrigation in Rice

L. Ghorbani-Minaei¹, M. Zakerinia^{2*}, A. RezaeiAsl³ and H.R. Mirkarimi⁴

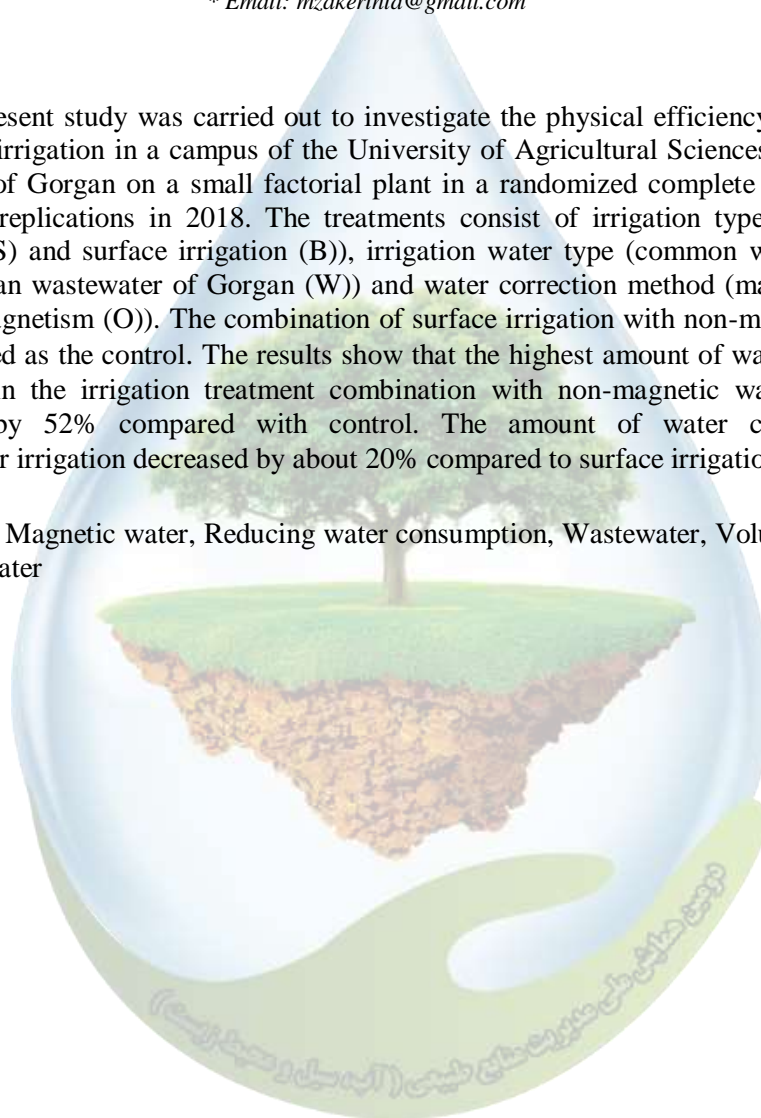
¹M.Sc. Candidate of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering of Biosystem, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Ph.D. Student of Plant Breeding, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.

* Email: mzakerinia@gmail.com

Abstract

The present study was carried out to investigate the physical efficiency of water by subsurface irrigation in a campus of the University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan on a small factorial plant in a randomized complete block design with three replications in 2018. The treatments consist of irrigation type (Subsurface irrigation (S) and surface irrigation (B)), irrigation water type (common water (C) and refined urban wastewater of Gorgan (W)) and water correction method (magnetism (M) and non-magnetism (O)). The combination of surface irrigation with non-magnetic water is considered as the control. The results show that the highest amount of water's physical efficiency in the irrigation treatment combination with non-magnetic wastewater has increased by 52% compared with control. The amount of water consumed by groundwater irrigation decreased by about 20% compared to surface irrigation.

Keywords: Magnetic water, Reducing water consumption, Wastewater, Volume of irrigation water



ارائه راهکارهای عملی جهت کاهش مصرف آب شهری مشهد

وحید یزدانی^{۱*}، الهام لاری^۲، هادی نجف زاده^۳، ثمانه توکلی امینیان^۴، فریبا قنبری^۵

^۱دکترای علوم و مهندسی آب، مدیرعامل شرکت مشاور هیدروپی میراب شمس، کارشناسی ارشد عمران آب و فاضلاب، مدیر دفتر فنی مشاور هیدروپی میراب شمس، کارشناسی ارشد عمران، کارشناس گروه عمران شرکت آب و فاضلاب مشهد، دانشجوی دکتری برنامه ریزی شهری، رئیس گروه تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد، کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، کارشناس تحقیقات شرکت آب و فاضلاب مشهد
v.yazdany@yahoo.com

چکیده

رشد و توزیع مجدد جمعیت، و تغییر الگوهای تولید و مصرف دو عاملی هستند که آسیب پذیری یک منطقه، بخش های اقتصادی و یا گروه های جمعیتی را نسبت به منابع آب تعریف می کنند. تحقیق حاضر بر روی میزان مصرف آب شهری در شهر مشهد انجام گرفته است. بر اساس تجربیات سایر کشور پیشنهاداتی جهت کاهش مصرف آب ارائه و با توجه به شرایط شهر مشهد میزان تأثیرگذاری آن برآورد گردیده است. همچنین بر اساس تئوری بازی ها شروط لازم برای رسیدن به ائتلافی پایدار ارائه شده است. براساس نتایج حاصله با اصلاح خطوط آبرسانی فرسوده می توان از هدر رفتن حدود ۳۵ تا ۵۲ میلیون مترمکعب آب تصفیه شده در سال جلوگیری نمود، هرچند این راهکار مستلزم برنامه ریزی گسترده، صرف هزینه های گزاف و نیز فرایندی زمان بر است. در صورتیکه بتوان در ۱۰ الی ۲۰ درصد از مصارف شهری، پساب تصفیه شده را جایگزین آب تصفیه شده نمود، در نهایت می توان حدود ۱۷/۵ تا ۳۵ میلیون مترمکعب در سال آب شرب را ذخیره نمود. بخش خانگی با حدود ۸۱ درصد بزرگترین مصرف کننده آب تصفیه شده است. راهکارهای عنوان شده نظیر راهکارهای آموزشی، فرهنگ سازی، به منظور کاهش مصرف آب در بخش خانگی راهکارهایی کوتاه مدت و نسبتاً کم هزینه تری هستند اگر این راهکارها بطور متوسط منجر به کاهش مصرف در بخش خانگی به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد شود، در نهایت ۲۱ تا ۲۸ میلیون در سال صرفه جویی در مصرف آب شهری خواهیم داشت. در حال حاضر تنها ۲۰ درصد از آب مورد نیاز در فضای سبز از منابع آب شرب تأمین می شود که این میزان حدود ۴ میلیون مترمکعب در سال می باشد. بنابراین با جایگزین نمودن این میزان با آب غیرشرب می تواند سالانه ۴ میلیون مترمکعب آب شرب ذخیره نمود. در صورتی که راهکارهایی به منظور کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری مؤثر واقع شده و حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش مصرف آب در این دو بخش را به دنبال داشته باشند، در نهایت منجر به صرفه جویی میزان ۱/۵ تا ۳ میلیون مترمکعب آب در سال خواهند شد.

واژه های کلیدی: کاهش مصرف، مدیریت منابع آب، مشهد، مصرف آب شهری

۱- مقدمه

رشد و توزیع مجدد جمعیت، و تغییر الگوهای تولید و مصرف دو عاملی هستند که آسیب پذیری یک منطقه، بخش های اقتصادی و یا گروه های جمعیتی را نسبت به منابع آب تعریف می کنند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۰). اگر چه توسعه سیاست های

خشکسالی و طرح‌های آماده‌سازی، تعهد و مسئولیتی چالش برانگیز و مسئله‌ساز محسوب می‌شوند، با این حال نتایج و خروجی این فرآیندها به طرز قابل توجهی می‌توانند انعطاف‌پذیری اجتماعی را نسبت به این شوک‌های آب و هوایی افزایش دهد (علیزاده، ۱۳۸۰). در اکثر کشورها تشکیلات و یا ارگانی مسئولیت برنامه‌ریزی امور آب آن کشور را به عهده دارد. به طور معمول این مؤسسات دولتی هستند که زیر نظر یک وزارتخانه و در انطباق با قوانین کشوری و براساس دستور اجرایی صادره فعالیت می‌نمایند. وظایف محوله به ارگانها در کشورها به هر حال متفاوت می‌باشد (عرب و همکاران، ۱۳۸۴). در چین، قبرس، مصر، فرانسه، آلمان، فلسطین اشغالی، هند، کره جنوبی، مغولستان، نیجریه، پاکستان، اسپانیا، آفریقای جنوبی، ترکیه، انگلستان و ایالات متحده این ارگانها وظیفه تخصیص آب به مصرف‌کنندگان بخش‌های مختلف را به عهده دارند (مرید و مقدسی، ۱۳۸۴). در ایتالیا، آفریقای جنوبی، اتریش و استرالیا ارگان‌های مربوطه همچنین مسئولیت پیگیری و نظارت بر امور مصرف آب را نیز به عهده دارند (گاتام، ۲۰۰۶). در اندونزی، مالزی، اسلوانی و تایلند این ارگانها (شرکت‌ها) همچنین نظارت بر رعایت صرفه‌جویی و روش‌های اجرای صحیح آن را بر عهده دارند (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). دولت فیلیپین در اثر وقوع کمبودهای شدید آب در سال ۱۹۹۷ اقدامات یک ساله ای را تحت عنوان "مردم در قبال مصرف آب مسئولیت دارند"، به منظور حفاظت آب در این کشور آغاز نمود. مدیریت این برنامه به عهده سازمان محیط زیست و منابع طبیعی آن کشور و با مشارکت یک شرکت خصوصی فعال در زمینه اقدامات حفاظتی آب به نام Corporate Image Dimensions Inc بود (سازمان محیط زیست و منابع طبیعی، فیلیپین، سال ۲۰۰۰).

در ایالت کالیفرنیا در آمریکا پلیس آب با هدف آموزش مشترکین نسبت به اهمیت آب و نحوه صرفه‌جویی در مصرف آن و همچنین نظارت بر روند اجرای مصوبات محدود کننده مصرف آب توسط مشترکین تشکیل شد (سیواکومار و همکاران، ۲۰۱۴). کسانی که پس از سه بار اخطار، بیش از اندازه آب را صرف چمن، محوطه سازی اطراف خانه و شستن ماشین کنند روزانه بین ۱۰۰ الی ۵۰۰ دلار جریمه خواهند شد. در این ایالت مدرسه‌های آب برای آموزش افراد با سابقه مصرف زیاد آب تشکیل و این افراد ملزم به پاس کردن واحدهای آن (نوعی روش تنبیهی اجتماعی) شدند. همچنین تلفن امداد به منظور اطلاع رسانی درباره زیاده روی در مصرف و دزدی آب اختصاص داده شد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). از نمونه‌های برنامه‌های موفق در کشور استرالیا برنامه "هدف ۱۵۵" در شهر ملبورن است که هدف از راه اندازی این کمپین کاهش سرانه روزانه مصرف آب به کمتر از ۱۵۵ لیتر در روز در بخش خانگی است. این برنامه گزینه‌های مختلفی را جهت کاهش سرانه مصرف آب پیش روی مصرف کنندگان بخش خانگی قرار داده است از جمله: نصب سردوش کاهنده مصرف، کاهش زمان دوش گرفتن به زیر ۴ دقیقه، عدم استفاده از آب آشامیدنی برای آبیاری باغچه و پیروی از محدودیت‌های آبی است (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به شرایط حاکم در مشهد و در اغلب مناطق ایران و کاهش بارش‌ها و وقوع خشکسالی‌های متعدد و به تبع آن کمبود آب باعث شده است که برای تأمین آب شرب اقدامات گسترده ای که طبعاً دارای هزینه‌های بالایی است صورت گیرد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۲). از جمله این اقدامات می‌توان به انتقال آب بین حوضه ای، حفر چاه‌های متعدد، احداث سدهای بزرگ و کوچک و ... اشاره نمود. چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌هایی در مصرف آب صرفه جویی کرد و به عبارت دیگر بهره وری آب را افزایش داد می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین آب را داشت. در همین راستا، سازمان آب و فاضلاب شهر مشهد طرح پژوهشی تحت عنوان ارائه طرح جامع بهینه و اقتصادی سازگاری با خشکسالی با رویکرد استفاده از تجربیات موفق بین‌المللی (ارائه راهکارهای عملیاتی برای شهر مشهد) مطرح نمود. پژوهش حاضر، به بیان بخشی از نتایج طرح پژوهشی مذکور در خصوص ارائه راهکارهای اجرایی جهت مدیریت مصرف آب شهری و به تبع آن کاهش مصرف آب می‌پردازد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

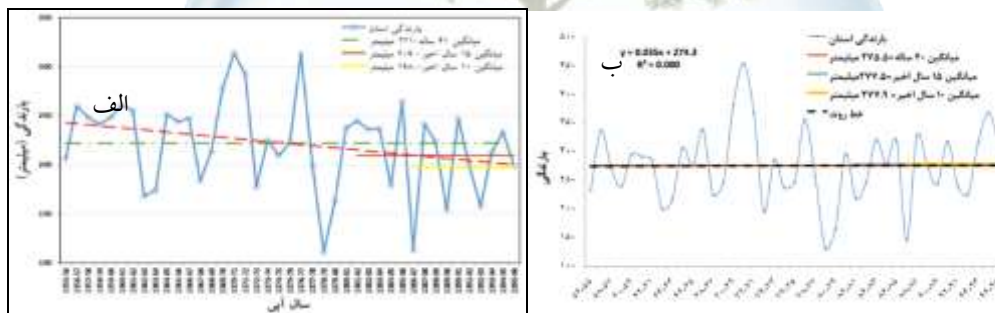
مشهد مقدس مرکز استان خراسان رضوی به لحاظ موقعیت در ۵۹ دقیقه و ۳ درجه تا ۶۰ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و از شمال به شهرستان کلات، از شمال غربی به درگز، از غرب به چناران و نیشابور و از شرق به سرخس و تربت جام محدود می‌گردد.

۲-۲- بررسی وضعیت اقلیمی و بارندگی در شهر مشهد

به طور کلی استان خراسان رضوی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و ۷۴ درصد از مساحت استان در اقلیم خشک و ۲۶ درصد استان در اقلیم نیمه خشک قرار دارند. شهر مشهد نیز بر اساس شاخص دومارتن در اقلیم نیمه خشک و بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه در اقلیم نیمه خشک معتدل قرار می‌گیرد. در شکل ۱ تغییرات بارندگی استان خراسان رضوی در ۴۱ سال گذشته نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود، روند کلی بارندگی استان نزولی بوده است. نرخ کاهش سالانه بارندگی در حدود ۱/۱ میلی‌متر است و میانگین بارندگی ۱۰ و ۱۵ ساله اخیر به ترتیب ۱۰ و ۵ درصد کاهش را نسبت به میانگین بلندمدت نشان می‌دهند (شکل الف).

۳-۲- بررسی وضعیت منابع آبی دشت مشهد

با توجه به شکل ۲ وضعیت بارندگی در محدوده مطالعاتی مشهد-چناران نسبت به میانگین بلندمدت تغییر خاصی نکرده است. مجموع بارش دریافتی شهر مشهد در سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ معادل ۲۰۹ میلی‌متر اندازه گیری شده است که نسبت به سال گذشته ۸ درصد کاهش و نسبت به میانگین درازمدت ۲ درصد افزایش داشته است. در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵، حجم آب تجدیدشونده حاصل از بارش برابر ۸۸۲/۶ میلیون مترمکعب برآورد و بیلان آبی محدوده مشهد-چناران محاسبه شده است. با توجه به نتایج موجود محدوده مشهد در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ با ۲۵ میلیون مترمکعب کسری مخزن مواجه بوده است (شکل ب).



شکل ۱: الف) تغییرات بارندگی استان در ۴۱ سال (ب) تغییرات بارندگی محدوده مشهد-چناران طی ۴۰ سال گذشته

۴-۲- میزان مصارف در شهر مشهد

در شهر مشهد حدود ۳,۰۰۳,۶۸۱ نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی دارند و حدود ۱,۹۵۲,۳۹۳ نفر از خدمات سیستم جمع آوری فاضلاب بهره مند هستند. بر اساس جدول ۱ میزان مصرف در شهر مشهد در سال ۱۳۹۵ حدود ۱۷۳ میلیون متر مکعب بوده است و مقدار ۶۲ میلیون مترمکعب فاضلاب نیز تصفیه شده است. بر این اساس، سرانه مصرف آب داخل منزل برای شهروندان مشهد حدود ۱۲۳ لیتر در روز است و درصد هدررفت آب (آب به حساب نیامده)، ۲۱ درصد می‌باشد. در همین راستا جدول ۱ میزان مصرف آب در شهر مشهد را به تفکیک نوع مصارف مشخص می‌نماید که بخش خانگی با حدود ۸۱ درصد بزرگترین مصرف کننده است. همچنین سهم مصارف عمومی و فضای سبز جمعاً ۹/۳ درصد از مصارف معادل ۱۶ میلیون مترمکعب را به خود اختصاص داده است که قابل توجه می‌باشد.

جدول ۱: تعداد مشترکین و مقدار فروش آب به تفکیک نوع اشتراک در سال ۱۳۹۵ (منبع: آمارنامه شهر مشهد- ۱۳۹۶)

نوع اشتراک	مشترکین (فقره)	فروش (مترمکعب)	درصد از کل
خانگی	۸۲۳.۷۹۳	۱۴۰.۳۰۲.۷۳۲	٪۸۰/۹
مصارف عمومی	۸.۹۵۸	۱۱.۸۸۷.۲۶۸	٪۶/۹
فضای سبز	۱.۷۶۵	۴.۱۶۶.۹۳۱	٪۲/۴
تولیدی (صنعتی)	۲.۳۶۳	۶.۰۹۹.۴۳۵	٪۳/۵
تجاری	۵۰.۶۶۸	۸.۵۷۵.۹۰۳	٪۴/۹
آزاد	۹.۲۸۲	۲.۴۴۰.۹۶۳	٪۱/۴
کل	۸۹۶.۸۲۹	۱۷۳.۴۷۳.۲۳۲	٪۱۰۰

۲-۵- تئوری بازیها

در این پژوهش هر دو رویکرد مدل همکارانه و غیر همکارانه را در مورد بخش‌های مختلف به کار گرفته شد. در خصوص راهکارهای ارائه شده هر ارگان مرتبط را (با توجه به منافع سازمانی) بازیکنی مجزا در نظر گرفته شد و مردم (تمامی گروه‌های هدف) به عنوان بازیکنان با منافع مجزا تلقی می‌شوند. بر این اساس اگر راهکار ارائه شده متضمن منافع مشترک تمامی گروه‌ها باشد مبنا بر همکاری کامل تمامی بازیکنان گذاشته خواهد شد و در نتیجه مدل تبدیل به تک هدفی (یک تابع هدف مشترک: به عنوان مثال کاهش هدررفت آب در شبکه) و تک تصمیم گیرنده (مثلا کارگروه تشکیل شده) خواهد شد.

به طور کلی، مدیریت تقاضا شامل برنامه‌های کنترل مصرف در بخش‌های مختلف (صنعتی، تجاری، فضای سبز و خانگی) می‌باشد که با روشهای گوناگون محقق می‌گردد. مدیریت تقاضا را می‌توان به شکل یک مساله بهینه سازی مدل کرد، مانند کمینه کردن هزینه مشترکین و بیشینه کردن سود شرکت آبفا در تابع هزینه ظاهر و بهینه شده اند. معمولاً مشترکین به ازای دریافت تخفیف در قیمت، حاضر هستند کاهش مصرف آب را در برنامه‌های خود قرار دهند. در اینجا باید شرکت تأمین کننده (آبفا) با بررسی میزان سود خود تعرفه ای را انتخاب کند که هم سود خود را تضمین کند و هم مشترک قانع به کاهش مصرف شود. بدین منظور یک بازی با دو بازیگر در نظر می‌گیریم. بازیگر اول، شرکت تأمین کننده آب (آبفا) است که تلاش دارد جهت بهینه کردن مصرف آب، با دادن مشوق و امتیاز مالی، مصرف کننده را به کم کردن مصرف ترغیب کند. از طرفی، مشترک تمایل دارد بیشترین رفاه را با کمترین هزینه بدست آورد. فرض میکنیم که هر مصرف کننده (مشترک صنعتی یا اختصاصی) پتانسیل لازم را برای کاهش مصرف آب به میزان X_i (بسته به قیمت تشویقی) را داراست که در بازه $[X_{min}, X_{max}]$ قرار دارد. بنابراین کل کاهش مصرف آب شهری بسته برابر $X = \sum_{i=1}^n X_i$ است که در بازه $[X_{min}, X_{max}]$ قرار می‌گیرد.

$$X_{min} = \sum_{i=1}^n x_{i \min}; \quad X_{max} = \sum_{i=1}^n x_{i \max}$$

در این صورت تابع هدف تأمین کننده آب به نحوی تعریف می‌شود که با کمترین میزان تخفیف، بیشترین میزان کاهش مصرف را بوجود آورد. (تخفیفی که در ازای کاهش مصرف به مشترکین داده است) - (منافع ناشی از کاهش مصرف کلی) = تابع مطلوبیت تأمین کننده

در مقابل تابع هدف مشترکین به صورتی تعریف خواهد شد که با توجه به کاهش سطح رفاه تحمیل شده در اثر کاهش مصرف آب، بیشترین سود را از تخفیف‌ها ببرد. (کاهش سطح رفاهی که در اثر کاهش مصرف آب به او تحمیل شده است) - (منافع ناشی از تخفیف) = تابع مطلوبیت مصرف کننده

همچنین، قیمت تشویقی در بازه ای در نظر گرفته می‌شود که هر دو تابع هدف نامنفی باشند، چرا که در خارج از این محدوده توافقی بین بازیگران صورت نخواهد گرفت. بنابراین:

$$\frac{\text{سود تأمین کننده}}{\text{کاهش مصرف}} \leq \text{قیمت تشویقی} \leq \frac{\text{کاهش سطح رفاه مشترکین}}{\text{کاهش مصرف}}$$

بنابراین شرط لازم و کافی این است که سود کلی تأمین کننده بیشتر از کاهش سطح رفاه مشترکین باشد. به این معنی که مکانیسم قیمت تشویقی در صورتی منطقی است که تابع هدف تأمین کننده، در هر سطح از کاهش مصرف آب، بزرگتر از کاهش رفاه تحمیل شده بر مصرف کنندگان باشد. از سوی دیگر کاهش مصرف آب در ازای تشویق کمتر به سود تأمین کننده و به ضرر مشترکان خواهد بود.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- ارائه راهکارهای مدیریت سازگاری با خشکسالی در شهر مشهد

۳-۱-۱- راهکارهای آموزشی

آموزش گسترده متمرکز بر تمام گروه‌های سنی، آگاهی از استراتژی‌های جدید مربوط به مدیریت و سازگاری با خشکسالی، اهمیت آمادگی و کاهش خطر، مسائل تأمین آب در کوتاه‌مدت و بلندمدت و دیگر پیش‌شرط‌های حیاتی برای پذیرش عموم مردم و پیاده‌سازی سیاست‌های خشکسالی و اهداف آمادگی، لازم و ضروری است. شناسایی گروه‌های اصلی هدف (سازمان‌های منابع و تأمین آب، ادارات دولتی و رهبران جامعه، سازمان‌های غیر دولتی (NGOs)، آموزگاران و معلمان، آموزش به زنان، کودکان و دانش آموزان، کارکنان بخش بهداشت، رسانه‌های گروهی، هنرمندان و بازیگران و رهبران مذهبی) که نیازمند آگاهی یافتن و متقاعد شدن در زمینه مزایای ارتقاء حفاظت از آب برای عموم مردم می‌باشند، امری الزامی است. با توجه به مطالب مطرح شده، پیشنهاد نویسنده مقاله تشکیل واحدی تحت عنوان واحد حفاظت آب در آبفا مشهد می‌باشد. این واحد شامل سه نفر نیروی دفتری (شامل مدیر و معاون و کارشناس واحد حفاظت) و نیروهای گشت و بازرسی می‌باشد. طرح پیشنهادی مشاور در نظر گرفتن سه اکیپ گشت و بازرسی (شامل راننده و یک نفر کارشناس) برای هر منطقه امور مشترکین آبفا است. البته تفویض اختیارات جهت اعمال جرائم و بازرسی‌ها می‌بایست بطور کامل بررسی شده و سپس در قالب بروشورهای ضمیمه قبوض، به مشترکین اطلاع رسانی گردد. به طور کلی وظایف این واحد شامل موارد زیر می‌شود. در این راستا واحد حفاظت آب می‌تواند اقدام به آموزش اقشار مختلف جامعه در زمینه مصرف بهینه آب نماید. به عنوان مثال مریبان آموزش دیده در این واحد می‌توانند در دوره‌های فنی حرفه‌ای و کلاس‌های فنی برای مسائل لوله کشی و مرتبط با شبکه آب؛ دوره‌های مربوط به صنوف مانند کارواش، قالیشویی‌ها، هتل‌ها و ...؛ دوره‌های آموزشی برای معلمان و دانش آموزان و ... اقدام به آموزش راهکارهای صرفه جویی و مصرف بهینه آب نمایند. همکاری با گروه‌های داوطلب و NGOها در جهت ترویج مصرف بهینه آب.

جدول ۲: خلاصه راهکارهای آموزشی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده مشابه
تشکیل واحد حفاظت آب	تشکیل واحد حفاظت آب	آبفا- استانداری	آموزش افراد و پرسنل شاغل در این واحد	تشکیل مدیریت مجزا جهت مدیریت طرح‌های حفاظت آب	-
آموزش مستقیم به کودکان	آموزش در مدارس	آبفا، آموزش و پرورش	آموزش معلمان	آموزش در کلاس‌های ضمن خدمت	
	برنامه‌های فرهنگی و اردوها	آبفا، آموزش و پرورش	تهیه برنامه و امکانات آموزشی	گنجاندن ساعت آب در برنامه هفتگی	
	همیار آب	آبفا، آموزش و پرورش	ایجاد زیرساخت‌ها و امکانات لازم - تدوین برنامه جامع جهت ارتقاء فرهنگی	برگزاری اردوها، مسابقات و جشنواره‌ها	جشنواره نخستین واژه آب
آموزش به بانوان شاغل	آموزش به بانوان شاغل	آبفا، کلیه ادارات دولتی و خصوصی،	برگزاری دوره‌های آموزشی و ارتقاء فرهنگی	اختصاص نشان مخصوص و دفترچه ثبت تخلفات	طرح نجات آب
			تعیین مشوق‌ها	برگزاری کلاس‌های آموزشی	

			بیمارستان‌ها و ...		
	ارسال بروشورهای آگاهی دهنده	تهیه محتوای آموزشی	آبفا	آموزش به بانوان خانه دار	
	آموزش در برنامه‌های خانواده	تهیه برنامه‌های آموزشی	آبفا، صدا و سیما		
	مراجعه حضوری و آموزش چهره به چهره	شناسایی مشترکین بر مصرف و آموزش نیروها	آبفا	آموزش به مشترکین بر مصرف	
	برگزاری دوره‌ها و بازدیدها جهت همیاران آب و فعالان در این زمینه و عموم مردم	ایجاد زیرساخت‌ها و بودجه مالی	آبفا، آب منطقه ای، آموزش و پرورش	احداث موزه و اردوگاه آبی	برنامه‌های فرهنگی
	آموزش در جلسات مذهبی، صدا و سیما و ...	هماهنگی تمامی سازمان‌های درگیر و تدوین برنامه مشخص	آبفا، آب منطقه ای، وزارت بهداشت، شهرداری، حوزه‌های علمیه، صدا و سیما و ...	افزایش آگاهی عمومی در خصوص خشکالی	آموزش‌های عمومی

۳-۱-۲- راهکارهای نهادی و زیرساختی

اصلاح خطوط آبرسانی، اصلاح شبکه‌های فرسوده، نشت یابی، جلوگیری از آلاینده‌گی شبکه فرسوده

فرسودگی شبکه‌های آبرسانی، معضلی فراگیر در بیشتر کشورهاست. معضلی که تا حادثه‌ای به وجود نیامد به صورت طبیعی احساس نمی‌شود. این معضل که مسلماً از زمان اعلام آن تا رفع مشکل بازه زمانی طولانی را انتظار می‌کشد پیامدهای بسیاری دارد که در سال‌های آینده بروز خواهد کرد. هدر رفت و آلودگی آب به مواد مضر دو پیامد مهم برای سیستم‌های آبرسانی است. هر چند اصلاح و نوسازی شبکه‌های فرسوده آبرسانی، هزینه‌های گزافی را در بر می‌گیرد که بسیاری از کشورها از عهده پرداخت این هزینه بر نمی‌آیند، اما سلامت عمومی و جلوگیری از هدر رفت آب به مراتب موضوعی مهم‌تر محسوب می‌شود که باید مورد توجه کارشناسان و مسئولین قرار گیرد. یکی از آسیب‌های مهم خط لوله ایجاد نشتی و خارج شدن سیال از آن است. این امر سبب خسارت‌های اقتصادی، زیست محیطی و حتی جانی می‌شود.

اصلاح قوانین ساخت و ساز ساختمان

هنگام طراحی نقشه‌های تأسیساتی جهت کلیه ساختمان‌ها اعم از مسکونی، تجاری، اداری، خدماتی و صنعتی، مهندسین تأسیسات مکانیکی ملزم به رعایت مقررات مندرج در مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان می‌باشند. استفاده از آب شویه (فلاش تانک دوگانه، ۳ الی ۶ لیتر در هر ریزش)، استفاده از سر دوش‌های کاهنده جهت دوش حمام (۱۱ الی ۱۳ لیتر در دقیقه)، استفاده از سرشیر کاهش‌دهنده مصرف جهت ظرف‌شویی، روشویی، توالت، روشویی حمام و شیر توالت فرنگی (۵ الی ۷ لیتر در دقیقه)، استفاده از شیرهای الکترونیکی و پدالی برای مراکز عمومی، استفاده از شیرهای فشاری زمان‌دار برای آب‌خوری‌های عمومی، پیش‌بینی مخزن ذخیره آب جهت مصارف مورد نیاز آب مصرفی ساختمان طبق مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان در صورت لزوم، پیش‌بینی لوله‌کشی آب باران به منظور جداسازی از فاضلاب ساختمان طبق بند ۱۶-۸ مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان، کنترل چک لیست طراحی براساس مصرف بهینه آب، تناسب فشار خط لوله آب شهری با تعداد طبقات و آب مورد نیاز ساختمان (مفاد عمده مبحث ۱۶ مقررات ساختمان)، از جمله مشکلاتی که در مبحث قوانین ساختمان وجود دارد، عدم وجود قوانین و مقررات الزامی برای مدیریت آب و حضور مهندس آب در مبحث ۱۶ به منظور کنترل مواردی ذیل می‌باشد: سایبان کولرها، نصب شیرآلات کاهنده مصرف آب، نصب رگلاتور در مسیر آب، نصب مخازن ذخیره آب باران، بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، متوسط پروانه‌های ساخت و ساز در سال ۲۰۰۰ مجوز و زیربنای اعیان ۲،۰۳۱،۷۶۳ مترمربع در سال می‌باشد که متأسفانه در ساخت و ساز از آب شهری استفاده می‌شود. متوسط مصرف آب به ازای هر مترمربع اعیان ۲/۲ مترمکعب است (۱/۲ مترمکعب برای بتن و ۱ مترمکعب برای سایر مصارف). بنابراین هر ساله در شهر مشهد هزاران

مترمکعب آب جهت امور ساخت و ساز مصرف می‌شود که در بسیاری موارد مصرف آب شهری ضرورتی نداشته و می‌توان آب‌های جایگزین استفاده نمود.

استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین

با توجه به سطح بسیار پایینی از فضای سبز شهر مشهد تحت پوشش سیستم آبیاری تحت فشار است (۴۰٪) و با در نظر گرفتن اینکه در سایر روش‌ها تلفات آبیاری بسیار بالاست، در صورتیکه سیستم‌های آبیاری نوین جایگزین سیستم‌های سنتی گردد، راندمان آبیاری به شکل قابل ملاحظه‌ای بالا رفته و در نتیجه مصرف آب در این بخش کاهش خواهد داشت. نتایج نشان داد با بهره برداری از سیستم آبیاری تحت فشار در بلوار مذکور سالانه ۳۹۹۳۰ متر مکعب معادل ۴۷ درصد در مصرف آب و همچنین ۴۰۲،۱۹۵،۰۰۰ ریال در هزینه‌ها صرفه جویی می‌گردد. در صورت آبیاری در روز میزان تبخیر از سطح چمن تا ۳ میلی متر افزایش می‌یابد. در این حالت راندمان آبیاری به ۴۳ درصد رسیده و آبی معادل ۱۸۸۹۰ مترمکعب در روز هدر می‌رود. و با احتساب ۲۰۰ روز رشد فعال این گیاه بالغ بر ۸،۸۱۵،۶۰۰ مترمکعب در سال نیاز آبی این بخش است. مدیریت آبیاری و انجام آن در شب علاوه بر افزایش جذب و جلوگیری از تنش ناشی از آفتاب سوختگی قطرات آب بر روی چمن، روزانه ۱۸۸۹۰ و در سال ۳،۷۷۸،۱۱۴ مترمکعب امکان صرفه جویی را فراهم می‌آورد. استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی و سازگار با شرایط آب و هوایی مشهد و جایگزینی آنها با چمن در بخش‌های مختلف شهری امکان کاهش نیاز آبی را فراهم می‌آورد.



شکل ۳: مقایسه حجم آب استفاده شده در سیستم قطره‌ای و آبیاری ثقلی در آبیاری فضای سبز

راهکارهای فنی

شناساسایی صنایع پرمصرف و مدیریت مصارف آنها

اصلاح الگوی مصرف مواد غذایی توسط مردم (مانند نوشابه)، نصب برچسب میزان آب مصرف شده برای تولید مواد غذایی روی بسته بندی آنها، شناسایی صنایع پرمصرف و مدیریت مصرف آنها (با بکارگیری مشاور در این بخش، ضمن شناسایی صنایع پرمصرف، اقدام به بهینه سازی مصرف آب در بازه زمانی ۵ ساله شود، بطوریکه راندمان مصرف آب در بخش صنعتی به ۹۰٪ و بیشتر برسد.) و تشکیل کارگروه صدور مجوزها برای احداث صنایع (پیشنهاد مشاور حضور یک نفر کارشناس آب از مجموعه وزارت نیرو در کارگروه صنایع به منظور بررسی مصرف آب صنایع و منابع آب موجود و سپس صدور مجوزات قانونی می‌باشد).



شکل ۴: برچسب میزان مصرف آب روی کالاها

استفاده از تجهیزات کاهنده

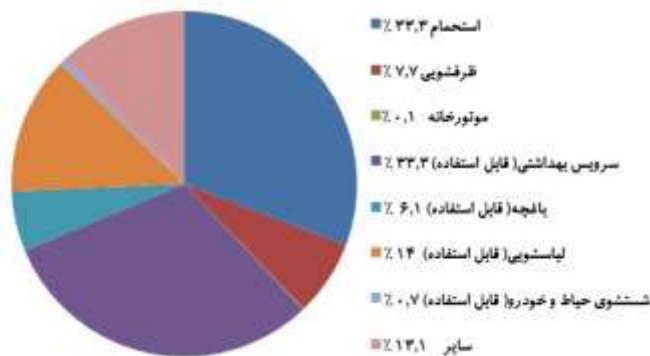
سردوش‌های کم مصرف: یکی از موارد اصلی مصرف آب در کاربری‌های خانگی، استحمام و دوش حمام است. استفاده از سردوش‌های مناسب با قابلیت اختلاط آب و هوا، کنترل میزان جریان خروجی آب و حالت‌های مختلف پاشش، می‌تواند تا حدود ۵۰ درصد در کاهش مصرف آب مؤثر باشد. **فلاش تانک‌های دو مرحله ای کم مصرف (دوال):** استفاده از آن‌ها به عنوان یک استاندارد ملی می‌تواند در بهینه سازی مصرف آب (۷۵ درصد صرفه جویی) مطرح گردد. **محدودکننده جریان آب (رگلاتور):** در شیر روشویی، حمام، آشپزخانه و سردوش‌ها قابل استفاده می‌باشد. عملکرد این وسیله به گونه ای است که بدون توجه به مقدار فشار آب، همواره دبی ثابتی را از خود عبور می‌دهد و با استفاده از آن می‌توان ۲۰ تا ۳۰ درصد از مصرف آب کاست. **درافشان (پرلاتور):** ساده ترین، اثربخش ترین و همچنین کم هزینه ترین وسیله کاهش مصرف آب، تعویض سرشیرها و مجهز نمودن شیرآلات به درافشان‌های کاهنده مصرف می‌باشد که این قطعه باعث کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی در مصرف آب می‌شود.

انواع شیرآلات و سرشیرها

سرشیرهای فشاری خودکار، گزینه ای بسیار مناسب جهت استفاده در اماکن عمومی می‌باشد. این سرشیر دارای امکان کاهش مصرف آب تا سقف ۸۹ درصد می‌باشد. **سرشیرهای فشاری غیرخودکار** با قابلیت‌های ذکر شده بهترین گزینه جهت نصب روی شیر آلات اماکن عمومی نظیر پارک‌ها، بیمارستان‌ها، هتل‌ها، سرویس‌های بهداشتی عمومی و سایر اماکن مشابه می‌باشد. سرشیرهای فشاری غیرخودکار یکی از بهترین گزینه جهت کاهش مصرف آب در روشویی سرویس‌های بهداشتی می‌باشد. این سرشیر با قابلیت اختلاط هوا با آب خروجی، میزان مصرف آب را تا ۴۸ درصد کاهش می‌دهد.

استفاده از آب باران در منازل

جمع آوری آب باران و استفاده مستقیم از آن یکی از شیوه‌های مؤثر در استفاده بهینه از آب ناشی از ریزش‌های جوی است که در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا به عنوان راهکاری جدی برای مقابله با خشکسالی و کم آبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این رابطه، پروژه‌های بزرگی در مناطق شهری کشورهای اروپایی نظیر آلمان و کشورهای آسیای شرقی نظیر چین اجرا شده است. علی‌رغم سابقه اجرای اینگونه طرح‌ها در نقاط مختلف دنیا، مطالعه و اجرای آن در ایران بسیار محدود بوده و برای رفع این مشکل برنامه‌ریزی جدی صورت نپذیرفته است.



شکل ۵: درصد مصارف خانگی آب و مصارف قابل جایگزینی با آب باران

جدول ۳: خلاصه راهکارهای نهادی و زیرساختی

طرح‌های اجرا شده مشابه	طرح پیشنهادی	الزامات	سازمان‌های درگیر	برنامه‌ها	راهکار کلی
	اختصاص بخشی از هزینه‌های ساخت و ساز به مرمت خطوط	تأمین بودجه و عزم استانی جهت رفع مشکل	آبفا-سازمان برنامه و بودجه	نشت یابی و ترمیم خطوط آبرسانی فرسوده انتقال آب	اصلاح خطوط آبرسانی
	منوط کردن مجوز ساختمان به اجرای مقررات و نصب تجهیزات کاهنده	اصلاح قوانین و تنظیم و ابلاغ دستورالعمل توسط نظام مهندسی ساختمان	آبفا، نظام مهندسی ساختمان، شهرداری، کلیه شرکت‌های مشاور و پیمانکار ساختمانی	تنظیم دستورالعمل استفاده از تجهیزات کاهنده در ساختمان‌های نوساز	اصلاح قوانین ساخت و ساز
	فروش آب شهری با تعرفه بالا	قطع انشعاب آب هنگام تخریب		عدم استفاده از آب شهری در ساخت و ساز	
طرح انتقال پساب به غرب مشهد	طرح تغذیه مصنوعی در غرب مشهد	تصفیه و انتقال آب به محل اجرا	آبفا، آب منطقه ای، جهاد کشاورزی، محیط زیست	استفاده از پساب در تغذیه مصنوعی	
	بهبود کیفیت پساب خروجی و فروش به صنایع	رعایت استانداردهای تصفیه	آبفا، سازمان صنایع و معادن، شرکت شهرک‌های صنعتی و کلیه واحدهای صنعتی	استفاده از پساب در صنعت	بازچرخانی پساب
تصفیه خانه لوکال سیدی و چهل بازه	تصفیه خانه‌های لوکال، انتقال مستقیم از تصفیه خانه‌های موجود به اراضی	تصفیه فاضلاب		استفاده از آب‌های نامتعارف در آبیاری	
طرح پایلوت بلوار سرافرازان	بررسی و جانمایی مخازن مناسب	جمع آوری آب باران			
طرح پایلوت بلوار ثامن	عدم اختصاص آب تصفیه شده به فضای سبز		آبفا، شهرداری، سازمان پارک‌ها	جداسازی آب شرب از فضای سبز	
	بازنگری و اختصاص آب به فضای سبز بر اساس راندمان	طراحی و اجرای سیستم‌های نوین		استفاده از سیستم‌های آبیاری نوین	
	آبیاری در شب و مواقع موردنیاز	نصب سیستم‌های هوشمند		آبیاری در زمان مناسب	
طرح فضای سبز میدان قائم	اجرای طرح‌های پایلوت و بررسی کاهش مصرف آب	شناسایی گیاهان بومی و کم آب طلب		جایگزین کردن گیاهان کم آب طلب	

پایان



طرح‌های اجرا شده مشابه	طرح پیشنهادی	الزامات	سازمان‌های درگیر	برنامه‌ها	راهکار کلی
	بازنگری و اجرای طرح‌های پایلوت	ایجاد زیرساخت‌ها و مخازن	آبفا، آب منطقه ای، شهرداری	بازنگری در طرح‌های جمع آوری آبهای سطحی	جمع آوری آب‌های سطحی

جدول ۴: خلاصه راهکارهای فنی

طرح‌های اجرا شده مشابه	طرح پیشنهادی	الزامات	سازمان‌های درگیر	برنامه‌ها	راهکار کلی
مرکز ملی خشکسالی	-	استفاده از سیستم پایش در برنامه‌ریزی‌ها و طرح‌ها	آبفا، آب منطقه ای، سازمان هواشناسی، جهاد کشاورزی	نظام پایش و پایش آگاهی خشکسالی	پایش خشکسالی
	ارائه برنامه مدون جهت بهینه سازی مصرف صنایع در بازه ۵ ساله	بکارگیری مشاوران آب، همکاری واحد حفاظت آب		مدیریت مصرف آب در صنایع	
	نصب برجسب مصرف آب روی محصولات	تهیه استاندارد مصرف، آموزش و فرهنگ سازی	آبفا، آب منطقه ای، استانداری، سازمان صنایع و معادن، شرکت شهرک‌های صنعتی	اصلاح الگوی غذایی مردم	
	طرح مدون جهت بهینه سازی مصرف آب در صنایع بررسی توجیه فنی و زیرساخت‌ها قبل از صدور مجوز	بکارگیری کارشناس آب از وزارت نیرو یا آبفا در کارگروه		کنترل مجوز صنایع	
	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در ادارات و اماکن پرتردد	مراجعه کارشناس واحد حفاظت آب	آبفا، کلیه ادارات دولتی، شرکت‌های خصوصی، مساجد و ...	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در ادارات و شرکت‌های خصوصی	
	الزام به نصب در واحدهای تجاری نظیر استخرها و پارک‌های آبی، کارواش، قالیشویی و ...	مراجعه کارشناس واحد حفاظت آب و صدور اخطاریه (در صورت وجود قوانین بالادستی)	آبفا، سازمان صنایع و معادن	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در صنایع و واحدهای تجاری	
	فروش تجهیزات کاهنده و درج هزینه روی قبوض، اختصاص پارانه به خرید تجهیزات	شناسایی مشترکین پرمصرف	واحد حفاظت آب آبفا	الزام به نصب تجهیزات کاهنده در منازل	
	کسر هزینه بصورت قسطی در قبوض	تبلیغات گسترده			
	وضع قوانین در خصوص نصب تانکر در ساختمان‌ها	نصب تجهیزات و فیلترها	واحد حفاظت آب آبفا	استفاده از آب باران در مصارف خانگی	جمع آوری آب باران در منازل
طرح پایلوت منطقه ثامن	توزیع آب شرب	اصلاح زیرساخت‌ها و توزیع آب شرب	آبفا، آب منطقه ای	تفکیک آب شرب و غیر شرب	جداسازی آب شرب

مصرف صنایع

استفاده از تجهیزات کاهنده

ردپای آب

ردپای آب^۱ شاخصی است برای نشان دادن حجمی از آبی که به طور مستقیم یا غیر مستقیم برای تولید کالا و یا ارائه هرگونه خدمات به مصرف می‌رسد. این عدد شامل مجموع آب مصرف شده در طی فرآیندهای زنجیره تولید یک محصول

¹ Water Footprint

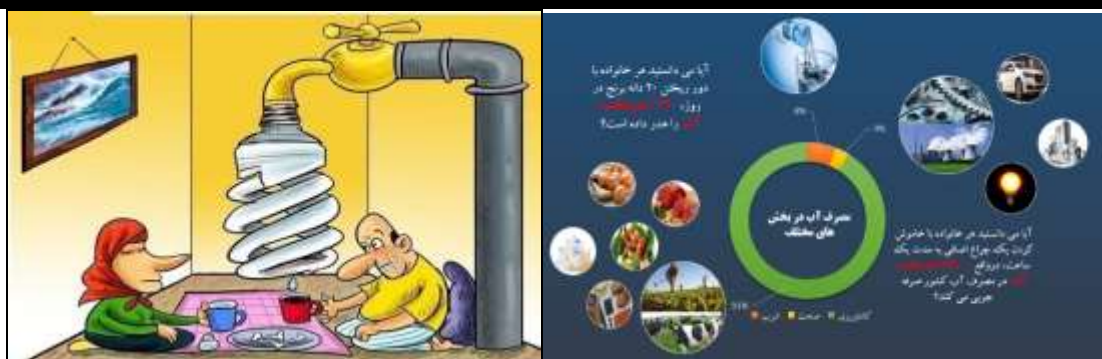
خواهد بود. اما مقادیر مصارف غیرمستقیم آب، برای تولید نیازهای بشر، مانند مواد اولیه خوراکی، کاغذ، لباس و غیره، بسیار بیشتر از مصارف مستقیم آن است. ردپای آب عبارت است از حجم کل آب شیرینی که یک فرد، یک جامعه یا یک سازمان برای تولید محصول یا ارائه خدمت خود مصرف می‌نماید.

ردپای آب در برنج: با احتساب ورود روزانه حداقل ۲۰ دانه برنج به داخل فاضلاب منازل و وجود ۱,۲۸۰,۰۰۰ مشترک در مشهد، روزانه ۵۶۳ کیلوگرم برنج وارد فاضلاب می‌گردد. که با احتساب $\frac{3}{2}$ مترمکعب آب مصرفی به ازای هر کیلوگرم برنج به رقمی بالغ بر ۹۵۶,۴۷۰ مترمکعب آب در سال می‌رسد. **ردپای آب در نان:** با احتساب ضایعات ۲۵ کیلوگرمی نان به ازای هر نفر در مشهد و جمعیت ۳ میلیون نفری شهر مشهد و حضور سالانه ۲۰ میلیون زائر (با متوسط اقامت ۳ روز) و $\frac{8}{1}$ مترمکعب ردپای آب هر کیلوگرم گندم به رقمی بالغ بر ۱۴۲,۳۹۷,۲۳۵ مترمکعب در سال می‌رسد. لذا می‌توان با نصب بیلبوردها و تابلوهایی با مضمون ردپای آب در ضایعات و دورریز برنج، نان (واحدهای تولیدنان و نانواپی‌ها) و سایر مواد غذایی در کاهش مصرف آب در این بخش فرهنگ ساز کرد (شکل ۶)



شکل ۶: نمونه پوستر پیشنهادی برای کاهش ضایعات نان

رد پای آب در مصرف برق: ۸۰ درصد آب بخش صنعت در نیروگاه‌ها مصرف می‌شود. بیشتر نیروگاه‌های قدیمی کشور دارای برج خنک کننده تر هستند که این اصلی ترین عامل در میزان مصرف بالای آب این نیروگاه‌ها است. آمار رسمی نشان دهنده مصرف متوسط ۴ لیتر برای هر کیلووات ساعت است اما این رقم حتی از کشورهای پیشرفته نیز پایین تر است. ردپای آب سوخت ورودی به نیروگاه، مصارف مختلف جاری در نیروگاه و برج‌های خنک کننده رد پای آب به ازای هر ۱ کیلووات ساعت، ۹۰ لیتر است. همچنین باید اشاره داشت که حالت standby وسایل برقی بین ۵ الی ۱۰ درصد مصرف برق دارد. بنابراین با در نظر گرفتن برق مصرف سرانه هر خانوار ایرانی (۳۰۱۴ کیلووات ساعت)، متوسط هدررفت برق در هر خانوار در سال بالغ بر ۲۲۶ کیلووات ساعت می‌گردد. رد پای برق هدر رفته $\frac{3}{20}$ مترمکعب در سال است. که متوسط ۱۵۶ لیتر در روز مصرف آب یک فرد (۱۳۰ لیتر در روز) است. در این خصوص می‌توان با نصب پوسترهایی که نشان دهنده میزان آب مصرف شده برای تولید برق باشند. درج ردپای آب مصرف شده روی قبوض برق به این صورت که مشترکین علاوه بر میزان مصرف برق، میزان آب استفاده شده برای تولید برق را مشاهده نمایند، مصرف را کنترل کرد. فرهنگ سازی و اطلاع رسانی برای قطع دستی برق دستگاه و استفاده از قطع کننده‌های اتومات برق در مسیر وسایل پرمصرف برق مانند تلویزیون و کامپیوتر



شکل ۷: نمونه بیلبورد پیشنهادی برای اصلاح الگوی مصرف خانواده

فرهنگ سازی استفاده بهینه از آب

کولرهای آبی

هر کولر آبی به طور متوسط با ۱۰ ساعت کار در روز مقدار ۲۰۰ لیتر آب در شرایط استاندارد (سلامت کامل کولر) مصرف می‌کند. که از استاندارد سرانه مصرف فرد در ایران (۱۳۰ لیتر در روز) بیشتر است. بنابراین می‌توان فرض کرد که هر خانوار (به طور متوسط چهار نفر) در صورتی که از یک کولر آبی استفاده کنند گویی یک نفر به سرانه افراد افزوده شده است.

با در نظر گرفتن ۱،۲۸۰،۰۰۰ مشترک در شهرستان مشهد و ضریب پوشش ۸۰ درصدی کولر آبی:

$$\text{لیتر در روز} = 1280000 \times 8/10 \times 200 = 204800000$$

با در نظر گرفتن تنها ۱۰ ساعت کار برای هر کولر و عدم نقص فنی میزان ۲۰۴،۸۰۰ مترمکعب آب در روز در فصل گرم صرف خنک کردن محیط منازل و کار می‌گردد. با در نظر گرفتن ۱۰۰ روز گرم در سال این رقم در مجموع به ۲۰،۴۸۰،۰۰۰ مترمکعب در سال می‌رسد که رقمی بسیار بالاست.

یکی از معضلات استفاده از کولرهای آبی عدم تنظیم شناور و خروج آب از مخزن کولرها است که این مورد به ویژه در زمان خاموشی که مصادف با شب و زمان اوج فشار آب می‌باشد بسیار شایع است. در این حالت با در نظر گرفتن خروج یک قطره در هر ثانیه از مخزن کولر (کمترین خروجی ممکن)، ۸/۲ لیتر آب در هر روز به ازای هر کولر اتلاف خواهد شد. بالغ بر ۴۰ درصد کولرها با این مشکل مواجه می‌باشند که رقمی بالغ بر ۳،۳۵۸،۷۲۰ لیتر در روز می‌رسیم که با در نظر گرفتن ۱۰۰ روز گرم سال به رقمی در حدود ۳۳۵،۸۷۲ مترمکعب در سال می‌رسیم. لیتر در روز $100 \times 3358720 = 335872000$ لیتر در روز $335872000 \times 1/4 \times 8/2 = 33587200$ مترمکعب در سال می‌تواند تا ۳۰ درصد در مصرف آب کولر صرفه جویی کند. در این صورت در دوره گرم سال با این روش ساده می‌توان حداکثر تا ۶،۱۴۴،۰۰۰ مترمکعب در سال صرفه جویی کرد که رقم قابل توجهی است.

پایش مداوم کولر، تنظیم شناور و رفع نشتی‌ها می‌تواند ۳۳۵،۸۷۲ مترمکعب در سال در شهر مشهد صرفه جویی داشته باشد.

راهکارهای قانونی (تشکیل پلیس آب و همیار آب)

انجام بازرسی از صنایع، هتل‌ها، رستوران‌ها، کارواش، قالیشویی و...؛ گشت زنی در محلات و جریمه مشترکین در صورت مشاهده اسراف در آب، فروش تجهیزات کاهنده به متخلفین؛ ارسال اخطارنامه و قبوض احتمالی جریمه همراه با قبوض دوره ای برای مشترکین. علاوه بر نیروی پلیس آب، تشکیل نیرویی تحت عنوان همیار آب در واحد حفاظت آب پیشنهاد می‌گردد که می‌تواند نیروهای شرکتی قرائت کننده کنتور و پخش کننده قبوض باشند. تذکرات لازم به ساکنین در صورت مشاهده هدررفت آب در ساختمان‌ها، از دیگر وظایف نیروهای همیار آب تهیه فهرست ۱۰ درصد مشترکان پرمصرف و پایش مداوم قبوض آنهاست. مراحل پایش می‌تواند به شرح زیر باشد: ارائه یک چک لیست توسط همیار آب به هر مشترک پرمصرف برای تعیین میزان مصرف در بخش‌های مختلف منزل و ارسال تصویر آن پس از تکمیل به سامانه ای در شرکت آبفا. در صورت عدم تغییر مصرف، توزیع بروشورهای آموزشی کاهش مصرف آب و مراجعه حضوری همیار آب برای آموزش و در صورت تداوم مصرف بالا، اخطاریه حضوری توسط همیار و گزارش به نیروهای گشت آب جهت اقدامات مقتضی توسط نیروهای گشت آب نظیر اعمال جریمه سنگین و فروش اجباری تجهیزات کاهنده به مشترکین متخلف

ارائه سازوکار جهت اجرایی کردن روش‌های مدیریت

امروزه آب به عنوان یکی از عوامل اساسی و لازم در بخش صنعت، کشاورزی و شهری مطرح است. کمبود و توزیع نامتناسب زمانی و مکانی منابع آب باعث بروز اختلافاتی بین مصرف کنندگان این ماده حیاتی شده است. از سویی دیگر افزایش تقاضای آب، تخلیه منابع آبی و آلودگی مفرط منابع آب، باعث تشدید این اختلافات در زمینه‌های مختلف، از جمله اجتماعی و سیاسی گردیده است. با توجه به این وضعیت، رفع اختلاف بین مصرف کنندگان آب تبدیل به یکی از ضروریات برنامه ریزی منابع آب شده است. از همین رو تعیین روشی برای حل اختلافات به وجود آمده بر سر منابع آب اهمیت می‌یابد. یکی از روش‌های حل چنین اختلاف‌هایی تئوری بازی‌هاست که می‌تواند در مدل سازی این مسائل به کار رود. تئوری بازی‌ها به دلیل ماهیت آن قابلیت در نظر گرفتن رفتار استراتژیک بازیکنان را داراست و می‌تواند همکاری یا عدم همکاری آن‌ها را در درون مدل لحاظ کند.

جدول ۵: شروط لازم برای رسیدن به ائتلافی پایدار در تئوری بازی‌های همکارانه

جنبه	اصل	خروجی مورد انتظار
اجتماعی	تأمین عدالت	تأمین نیازهای اساسی برای جامعه هدف - تأمین آب آشامیدنی مورد نیاز برای جامعه - تأمین آب برای مصارف بهداشتی - امنیت شغلی و اجتماعی
اقتصادی	بهینه بودن برنامه	استفاده حداکثری از آب به عنوان یک کالای با ارزش - وجود انگیزه اقتصادی برای همه شرکت کنندگان در ائتلاف - بهینه شدن سود کلی ائتلاف
محیط زیستی	پایداری	حفظ محیط زیست برای جامعه هدف - حفظ و پایداری کمیت و کیفیت منابع آبی برای تأمین اهداف و نیازهای محیط زیستی و زیستگاهها - حفظ چرخه طبیعی آب در محیط تا حد امکان

جدول ۶: خلاصه راهکارهای فرهنگی و اجتماعی

راهکار کلی	برنامه‌ها	سازمان‌های درگیر	الزامات	طرح پیشنهادی	طرح‌های اجرا شده مشابه
اصلاح الگوی مصرف	بررسی رد پای آب	واحد حفاظت آب	وضع قوانین لازم	الزام به نصب برچسب	-

آبفا، سازمان صنایع و معادن، استانداری، صدا و سیما	تبلیغات و اطلاع رسانی	میزان آب مصرف شده روی محصولات نصب بیلبردهای آگاهی دهنده
فرهنگ سازی مصرف بهینه	واحد حفاظت آب آبفا، صدا و سیما	برنامه های اطلاع رسانی
آموزش و اطلاع رسانی همگانی	واحد حفاظت آب آبفا	بیلبردهای آگاهی دهنده در مناطق، توزیع بروشور همراه با قبوض و ...
کنترل جمعیت	وزارت کشور، استانداری، شهرداری	ایجاد اشتغال در شهرستان ها و بخش روستایی استان
دخالت دادن مردم در تصمیم گیری ها	واحد حفاظت آب آبفا	نظرسنجی قبل از وضع قوانین جدید
اتحادیه های مردم نهاد	واحد حفاظت آب آبفا	امضای تفاهم نامه همکاری تعیین شرح خدمات و دامنه فعالیت طرفین
تیزرها و تبلوهای تبلیغاتی	آبفا، شهرداری	شناسایی مکان های پر تردد، تدوین محتوا

جدول ۷: خلاصه راهکارهای قانونی

طرح های اجرا شده مشابه	طرح پیشنهادی	الزامات	سازمان های درگیر	برنامه ها	راهکار کلی
-	انجام بازرسی ها و گشت زنی و شناسایی تخلف ها	آموزش نیروها و تفویض اختیارات خاص، قوانین بالادستی	استانداری، آبفا، آب منطقه ای، نیروی انتظامی	نیروی پلیس آب تحت نظارت آبفا	تشکیل پلیس آب
-	استفاده از نیروهای قرائت کنتور و پخش قبوض	آموزش نیروها، فرهنگ سازی، ایجاد زیرساخت ها	آبفا، آب منطقه ای، آموزش و پرورش	همیاران آب تحت نظارت آبفا	تشکیل نیروی همیار آب
-	افزایش ستون تنبیه/تشویق روی قبوض	شناسایی مشترکین پرمصرف	آبفا	برای مشترکین پرمصرف	افزایش قیمت آب
-	قیمت گذاری منابع آب بر اساس کیفیت	ایجاد زیرساخت ها، فرهنگ سازی، قیمت گذاری منابع آب	آبفا، آب منطقه ای، استانداری، شهرداری، جهاد کشاورزی	قیمت گذاری منابع آب بر اساس کیفیت	تشکیل بازار آب و پساب
-	اعزام کارشناس به منظور تشخیص راه های کاهش مصرف آب	امضای تفاهم نامه با ارگان های دولتی	کلیه ادارات دولتی و شرکت های خصوصی	نصب تجهیزات کاهنده	کنترل میزان مصرف در ادارات دولتی

بنابراین راهکارهای عنوان شده در بخش کشاورزی می‌تواند به ذخیره مقدار بسیار زیادی از منابع آب شهر مشهد بیانجامد. اما در این میان مصرف شرب و شهری نیز از سهم قابل توجهی برخوردار است و مصرف بهینه در این بخش می‌تواند در صرفه جویی میلیون‌ها مترمکعب آب تصفیه شده مؤثر باشد. ضمن اینکه راهکارهای عنوان شده در این گزارش عمدتاً بر کاهش مصرف آب در بخش شهری تأکید داشته‌اند.

اگر میزان هدررفت کلی در اثر خطوط فرسوده و نشت‌های احتمالی ۲۰ تا ۳۰ درصد در نظر گرفته شود، با اصلاح این هدررفت‌ها می‌توان از هدر رفتن حدود ۳۵ تا ۵۲ میلیون مترمکعب آب تصفیه شده در سال جلوگیری نمود، هرچند این راهکار مستلزم برنامه‌ریزی گسترده، صرف هزینه‌های گزاف و نیز فرایندی زمان بر است. با توجه به وجود تصفیه خانه‌های فاضلاب در شهر مشهد و ظرفیت بالای این شهر به منظور استفاده از پساب تصفیه شده در بخش‌های مختلف، در صورتیکه بتوان در ۱۰ الی ۲۰ درصد از مصارف شهری، پساب تصفیه شده را جایگزین آب تصفیه شده نمود، در نهایت می‌توان حدود ۱۷/۵ تا ۳۵ میلیون مترمکعب در سال آب شرب را ذخیره نمود. بخش خانگی با حدود ۸۱ درصد بزرگترین مصرف کننده آب تصفیه شده است. راهکارهای عنوان شده نظیر راهکارهای آموزشی، فرهنگ سازی، به منظور کاهش مصرف آب در بخش خانگی راهکارهایی کوتاه مدت و نسبتاً کم هزینه تری هستند اگر این راهکارها بطور متوسط منجر به کاهش مصرف در بخش خانگی به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد شود، در نهایت ۲۱ تا ۲۸ میلیون در سال صرفه جویی در مصرف آب شهری خواهیم داشت. در حال حاضر تنها ۲۰ درصد از آب موردنیاز در فضای سبز از منابع آب شرب تأمین می‌شود که این میزان حدود ۴ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین با جایگزین نمودن این میزان با آب غیرشرب می‌تواند سالیانه ۴ میلیون مترمکعب آب شرب ذخیره نمود. در این گزارش راهکارهایی به منظور کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری عنوان شد. در صورتی که این راهکارها مؤثر واقع شده و حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد کاهش مصرف آب در این دو بخش را به دنبال داشته باشند، در نهایت منجر به صرفه جویی میزان ۱/۵ تا ۳ میلیون مترمکعب آب در سال خواهند شد (جدول ۱۱).

جدول ۸: میزان صرفه جویی راهکارهای مختلف

راهکار	میزان صرفه جویی در سال (درصد)	میزان صرفه جویی در سال (میلیون مترمکعب)
اصلاح خطوط آبرسانی	۳۰-۲۰	۵۲-۳۵
استفاده از آب‌های نامتعارف	۲۰-۱۰	۱۷/۳۵-۵
مصرف بهینه در بخش خانگی	۲۰-۱۵	۲۸-۲۱
جداسازی آب فضای سبز از شرب	۲/۴	۴
کاهش مصرف در بخش صنعتی و تجاری	۲۰-۱۰	۱/۳-۵

۴- نتیجه گیری

با توجه به شرایط حاکم در مشهد و در اغلب مناطق ایران و کاهش بارش‌ها و وقوع خشکسالی‌های متعدد و به تبع آن کمبود آب باعث شده است که برای تأمین آب شرب اقدامات گسترده‌ای که طبعاً دارای هزینه‌های بالایی است صورت گیرد. از جمله این اقدامات می‌توان به انتقال آب بین حوضه‌های، حفر چاه‌های متعدد، احداث سدهای بزرگ و کوچک و ... اشاره نمود. چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌هایی در مصرف آب صرفه جویی کرد و به عبارت دیگر بهره‌وری آب را افزایش داد می‌توان انتظار کاهش هزینه‌های مربوط به تأمین آب را داشت. با توجه به مطالب عنوان شده در بخش‌های مختلف گزارش، بطور میانگین در محدوده دشت مشهد سالیانه حدود ۵۷۳ میلیون متر مکعب آب زیرزمینی در بخش کشاورزی مصرف شده، ۴۱ میلیون مترمکعب در بخش صنعتی به مصرف می‌رسد و ۲۵۸ میلیون مترمکعب به مصارف شرب و شهری می‌رسد. لذا چنانچه بتوان با انجام مدیریت‌های لازم میزان کاهش مصرف آب را در هر بخش برابر ۱۵ درصد لحاظ کرد، در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب به ترتیب به مقدار حدود ۸۶، ۶ و ۳۹ میلیون مترمکعب آب از منابع آب زیرزمینی صرفه جویی خواهد شد. مجدداً تأکید می‌شود اصول، شاخص‌ها و الگوهای توسعه پایدار باید راهنما و مبنای اتخاذ استراتژی و سیاست‌های این برنامه باشد. در بررسی راهکارهای موفق سازگاری با خشکسالی در دیگر کشورها، این نکته به چشم می‌خورد که علاوه بر راهکارهای فنی، همواره آموزش کودکان و بانوان به عنوان عاملی مؤثر در برنامه‌های و مدیریت ریسک خشکسالی در نظر گرفته شده است.

همچنین با توجه به اینکه حجم زیادی از منابع آبی مربوط به هدررفت در زیرساخت‌ها و خطوط می‌باشد، انتخاب راهکارهای نهادی و زیرساختی و فنی به عنوان اولویت دوم و سوم منطقی به نظر می‌رسد. ضمن اینکه در زمینه مسائل اجتماعی و فرهنگی تاکنون اقدامات زیادی انجام شده است. در انتها باید اشاره نمود که با توجه به اینکه کارشناسان راهکارهای قانونی را در جایگاه انتهایی انتخاب خود قرار داده‌اند، می‌توان اینگونه برداشت کرد که بهتر است اجرای راهکارهای مدیریت ریسک خشکسالی بر عهده خود مردم و بدون دخالت مستقیم دولت باشد.

۵- منابع

۱. عرب، د. و مهدی‌خانی، ح. ۱۳۸۴. گذار از مدیریت بحران به سوی مدیریت ریسک: استراتژی‌های مدیریت خشکسالی. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیرمترقبه. ۹-۱۰ بهمن، تهران.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۸۰. خشکسالی و ضرورت افزایش بهره‌وری آب. فصلنامه خشکی و خشکسالی کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. شماره ۲: ۸-۳.
۳. مرید، س. و مقدسی، م. ۱۳۸۴. حرکت از مدیریت بحران به مدیریت ریسک خشکسالی در آمریکا و افق‌های کاری ما. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی مدیریت جامع بحران آب در حوادث غیرمترقبه. ۹-۱۰ بهمن، تهران.
۴. میرابوالقاسمی، ه. و مرید، س. ۱۳۸۰. طرح جامع خشکسالی، حلقه گمشده در برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب ایران. مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، ۱۸ و ۱۹ اسفند، دانشگاه زابل. جلد اول: ۴۴۳-۴۵۴.
۵. یزدانی، و. زارع‌ابیانه، ح. شادمانی، م. ۱۳۹۰. تحلیل فراوانی و پهنه‌بندی خشکسالی‌های ایران با کاربرد نمایه شاخص استاندارد شده بارش، فصلنامه مهندسی آب، ۴ (۸): ۳۵-۴۷.
۶. یزدانی، و. داوری، ک. قهرمان، ب. زارع‌ابیانه، ح. ۱۳۹۲. اعتبارسنجی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی بر اساس حلقه‌های رشد درختان غیر مثمر (مطالعه موردی مشهد). مجله مهندسی منابع آب، ۶ (۲۴): ۳۸-۲۳.
۷. یزدانی، و. غیبی، ف. لاری، ا. فاطمی، م. ۱۳۹۷. ارائه طرح جامع بهینه و اقتصادی در خصوص سازگاری با خشکسالی (بر اساس تجارب جهانی و پتانسیل منطقه ای). طرح پژوهشی، شرکت آب و فاضلاب شهر مشهد.
8. Gautam, M. 2006. Managing drought in Sub-Saharan Africa: Policy perspectives. IAAE Conference, Gold Coast, Queensland, Australia, 12-18 August.
9. Hwang, Ching-Lai, and Kwangsun Yoon. "Methods for multiple attribute decision making." Multiple attribute decision making. Springer, Berlin, Heidelberg, 1981. 58-191.
10. Sivakumar, M. V. K., Wilhite, D. A., Pulwarty, R. S., & Stefanski, R. (2014). The high-level meeting on national drought policy. Bulletin of the American Meteorological Society, 95(4), ES85-ES88.

تأثیر آب نامتعارف بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه

محدثه کشتکار^{۱*}، ابوطالب هزار جریبی^۲، خلیل قربانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(mrs.keshtkar@gmail.com)

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب شیرین به ویژه در سرزمین‌های خشک و بیابانی، استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده در کشورهای مختلف جهان به منزله راهکاری برای مدیریت و عرضه و تقاضا منابع آب مطرح است. با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب‌های شهری و خانگی در اراضی زراعی و کشاورزی حواشی شهرهای بزرگ کشور، امروزه تحقیقات در این زمینه و مشاهدات اثرات مختلف آبیاری با فاضلاب از اهمیت به‌سزایی برخوردار است.

واژگان کلیدی: آب نامتعارف، گیاه، خاک.

۱- مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی برای تامین مواد غذایی و افزایش مصرف آب و در پی آن تولید فاضلاب و همچنین توجه به استفاده‌ی غیراصولی در وضع موجود، ایجاب می‌کند برای جلوگیری از گسترش مشکلات زیست محیطی و تامین بخشی از آب مورد مصارف مختلف، از طریق بازچرخانی و استفاده مجدد از پساب‌ها و آب‌های برگشتی برنامه‌ریزی شود. در این میان پساب‌های ناشی از تولیدات صنعتی و کارخانه‌ها و فاضلاب شهری، در کنار تخریب و کاهش منابع طبیعی، فشار مضاعفی را بر اکوسیستم کره‌ی زمین تحمیل می‌کند. این مسئله موجب شده دانشمندان با روش‌های مختلف، بار آلودگی پساب وارد شده به محیط را کاهش دهند. بنابراین به کارگیری روش‌هایی که هم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و هم آثار مخرب زیست محیطی نداشته باشند، لازم و ضروری می‌باشد. در این راستا یکی از بهترین شیوه‌های دفع پساب فاضلاب، کاربرد آن در کشاورزی است که این نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، خطرات زیست محیطی و بهداشتی برای خاک، گیاه و منابع آب سطحی و زیرزمینی نداشته باشد. استفاده صحیح از پساب‌های شهری علاوه بر گسترش پوشش گیاهی، از آلودگی محیط زیست جلوگیری کرده و با دارا بودن عناصر مغذی، علاوه بر کاهش آلودگی آ‌های سطحی و زیرزمینی، باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. به همین علت، به عنوان منابع آب و کود ارزان قیمت مورد توجه قرار گرفته است.

۲- مروری بر مطالعات انجام شده

توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن سبب گردیده همه ساله به علت تغییر کیفیت بخش قابل توجهی از منابع آب موجود به علت از چرخه مصرف خارج گردد که نمونه بارز آن فاضلاب‌های شهری است. با توجه به حجم عظیم فاضلاب‌ها، تلاش برای رسیدن به شیوه‌های دفع مناسب فاضلاب ضرورت می‌یابد (۱). جهت تأمین آب مصرفی در بخش کشاورزی استفاده از آب‌های

نامتعارف، نظیر فاضلاب‌های تصفیه‌شده ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد (۱۲). در مقایسه با حجم آب آبیاری مورد نیاز، فاضلاب تصفیه شده مقدار کمی را شامل می‌شود ولی بهره‌برداری از همین مقدار کم باعث می‌شود که آب‌های با کیفیت بالاتر را بتوان در موارد با اهمیت‌تری به کار برد (۶). به رغم جنبه‌های مفید کاربرد فاضلاب تصفیه‌شده شهری در کشاورزی به عنوان منبع غنی از عناصر غذایی، وجود مقادیری از فلزات سنگین و عناصر کمیاب در آن، کاربرد بلند مدت فاضلاب تصفیه‌شده در خاک‌های زراعی را مشکل‌ساز خواهد کرد.

استفاده مجدد از فاضلاب خانگی و پساب حاصل از تصفیه آن در مصارفی نظیر آبیاری اراضی کشاورزی، موجبات افزوده شدن برخی از انواع یون‌های قابل تبادل، املاح و مواد جامد معلق (آلی و معدنی) را به خاک فراهم نموده که این امر خواص فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی متأثر در این شرایط، می‌توان به ساختمان خاک و به تبع آن هدایت هیدرولیکی یا ضریب آبگذری خاک اشاره نمود.

به دلیل وجود یون‌های محلول در استفاده از فاضلاب‌های شهری و پساب حاصل از تصفیه آن برای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی؛ در مناطق خشک و نیمه خشک توجه به خصوصیات خاک موارد مهم و اساسی به شمار می‌آید. در چنین شرایط اقلیمی که با دمای بالای هوا و رطوبت نسبی کم توأم است، تبخیر و تعرق گیاهی قابل ملاحظه بوده و در نتیجه، مقدار املاح باقیمانده در لایه سطحی نیمرخ خاک افزایش قابل توجهی می‌یابد. خواص فیزیکی و مکانیکی خاک نسبت به یون‌های محلول و موجود در آب آبیاری بسیار حساس است و در چنین شرایطی به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. آب آبیاری با کیفیت نامناسب می‌تواند خواص شیمیایی و فیزیکی خاک را تغییر دهد. آبی که از شوری پایینی برخوردار باشد، حالت خورندگی پیدا می‌کند و آبشویی کانی‌ها و نمک‌های انحلال‌پذیر، به ویژه کلسیم خاک را سبب شده و موجب می‌شود از شدت تأثیر پایدارکنندگی آن بر روی خاکدانه‌ها و ساختمان خاک کاسته شود. معمولاً سرعت نفوذپذیری خاک با افزایش شوری آب آبیاری افزایش پیدا می‌کند، در حالی که با افزایش یون سدیم کاهش پیدا می‌کند. هدف و دیدگاه اصلی این تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد پساب‌های تصفیه شده بر میزان تغییرات فیزیکی و شیمیایی خاک و خصوصیات گیاه، در نتیجه اجرای عملیات آبیاری محصولات کشاورزی با استفاده از این نوع آب‌های نامتعارف می‌باشد.

بررسی‌های انجام شده توسط محققین مشخص نمود که استفاده از پساب تصفیه شده ثانویه به مدت ۱۶ ماه به ترتیب باعث افزایش نیتروژن به مقدار ۷/۸، پتاسیم به مقدار ۱۳۴ و فسفر به میزان ۳۱/۷ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک شده است. استفاده از فاضلاب در خاک می‌تواند باعث اصلاح خواص فیزیکی خاک گردد؛ در واقع جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش، ظرفیت نگهداری و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش می‌یابد (۲ و ۱۰). پژوهش‌های انجام شده محققان نشان داد که به مدت پنج سال آبیاری با فاضلاب، فقط غلظت آهن موجود در خاک افزایش می‌یابد و به مدت ۱۰ سال غلظت فلزات سنگین روی، آهن، نیکل و سرب نیز بیشتر گردید و در خاک آبیاری شده با فاضلاب به مدت ۲۰ سال غلظت فلزات سنگین آهن، روی، مس، منگنز، نیکل و سرب خاک افزایش می‌یابد (۱۳). فیضی (۱۳۸۰) در مقایسه پساب فاضلاب و آب چاه بر خاک در منطقه شمال اصفهان نشان داد که هدایت الکتریکی، pH و نسبت جذب سدیم با شوری آب مصرفی ارتباط نزدیکی دارد و بیان داشت که غلظت عناصری از قبیل سرب، روی، منگنز، مس و آهن در خاک (عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری) آبیاری شده با پساب فاضلاب بیشتر از خاک‌های آبیاری شده با آب چاه بوده، اگرچه تفاوت معنی‌داری نیست.

گروهی از محققان بر روی استفاده مجدد از فاضلاب به جای آب آبیاری کار کردند و بیان نمودند که استفاده از پساب؛ بهبود نفوذپذیری، افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک در پی خواهد داشت (۹ و ۱۱). سگریست (۱۹۸۷) گرفتگی خاک را ناشی از تجزیه زیاد و شدت بارگذاری می‌داند

محققی گزارش کرد که با شخم و طولانی کردن فاصله آبیاری‌ها، هوادهی به خاک بهتر انجام می‌گیرد و مواد جامانده زودتر تجزیه می‌شوند. اما به طور کلی لک گرفتگی سطح خاک را با تغییرات شیمیایی و میکروبی، کل مواد جامد (TS)، پلی‌ساکاریدها و سولفید آهن مرتبط می‌داند و بیان نمود که مواد معلق نباید از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بیشتر شود (۸).

اگر چه برخی از این عناصر در مقادیری ناچیز برای رشد گیاه لازم هستند، ولی غلظت آنها کمی بیش از حد آستانه می‌تواند برای حیات گیاهی و جانوری خطرساز باشد. بنابراین یکی از مسایل عمده‌ای که در هنگام استفاده از فاضلاب تصفیه‌شده شهری در اراضی کشاورزی باید مورد توجه قرار گیرد، احتمال تجمع عناصر سنگین در خاک است (۳). طبری و صالحی (۱۳۹۰) به بررسی تأثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری اطراف شهر تهران بر تجمع فلزات سنگین (آهن، منگنز، کروم، سرب و کادمیم) پرداختند. نتایج نشان داد که غلظت فلزات سنگین در خاک آبیاری شده با فاضلاب شهری حدود ۱/۵ برابر آن‌ها در خاک آبیاری شده با آب چاه شده و تجمع فلزات سنگین در لایه سطحی (عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری) بیشتر از لایه‌های زیرین بوده است. مقایسه سطح فلزات سنگین مورد مطالعه در خاک نشان داده است که غلظت این فلزات در مدت شش ماه، به جز سرب به محدوده خطرناکی برای خاک نرسیده است ولی استفاده طولانی مدت از فاضلاب شهری به عنوان آب آبیاری می‌تواند سبب تجمع و افزایش بیش از حد سطح که از فلزات سنگین در خاک و نهایتاً موجب تخریب محیط خاک و منابع آبی شود.

فیضی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که عملکرد علوفه تر و عملکرد ماده خشک ارزن تحت تأثیر تیمار فاضلاب خانگی تصفیه شده از نظر آماری افزایش معنی‌داری دارد. همچنین مشخص گردید آبیاری با پساب تصفیه شده در آثار سوئی از لحاظ بهداشتی و آلودگی، شرایط این آزمایش عناصر سنگین در خاک و گیاه ندارد. محققان تأثیر توام پساب تصفیه شده شهری و بافت خاک را بر رشد و عملکرد گیاه قره‌داغ تحت شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد پساب در مقایسه با آب معمولی بر طول ساقه، وزن تر و خشک گیاه اثر مثبت دارد (۴).

۳- نتایج و بحث

همان‌طور که در قبل بیان شد نتایج به دست آمده توسط محققان در استفاده از پساب دارای تفاوت‌های بسیاری است. برخی از آن‌ها کاهش و برخی دیگر افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را گزارش نموده‌اند و در بسیار موارد و عوامل تأثیرگذار در تغییرات خصوصیات خاک نیز با هم اتفاق نظر ندارند. این تناقض در نتایج به دلیل عدم یکسانی در خصوصیات فاضلاب مورد استفاده، آب و هوای منطقه مورد مطالعه، بافت خاک، مقدار آب آبیاری و ... است. لذا لزوم بررسی‌های موردی در منطقه با توجه به کمبود منابع آب سطحی و زیرزمینی و با عنایت به سیاست استفاده از منابع آب غیر متعارف ضروری است.

۴- منابع و مراجع

- (۱) حسین‌پور، ا.، حق‌نیا، غ.ج.، علیزاده، ا.، و قنوت، ا. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات کیفیت شیمیایی فاضلاب خام و پساب شهری در اثر عبور از ستون‌های خاک، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۳): ص ۴۵-۵۶.
- (۲) روحانی شهرکی، فرزاد. مهدوی، رسول. رضایی. (۲۰۰۵) ۱۳۸۴. اثر آبیاری با پساب بر برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک. مجله آب و فاضلاب. جلد ۱۶، شماره ۵۳: ص ۳۳-۲۹.
- (۳) سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۸۷. ضوابط و استانداردهای زیست محیطی، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ص ۶-۵.
- (۴) شهریار، ع.، نوری، س.، عابدی کوپایی، ج و اصلاح، ف. ۱۳۸۹. اثر آبیاری با پساب فاضلاب تصفیه شده بر رشد گیاه قره‌داغ تحت شرایط گلخانه، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال اول، شماره چهارم، ص ۲۱-۱۳.
- (۵) طبری، م.، و صالحی، آ. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر آبیاری با استفاده از فاضلاب شهری بر تجمع فلزات سنگین در خاک. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۳ (۴): ص ۴۹-۵۹.
- (۶) عابدی، م.، و نجفی، ب. ۱۳۸۰. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۴۸ ص.
- (۷) فیضی، م. ۱۳۸۰. مقایسه تأثیر مصرف پساب و آب چاه بر روی خاک و گیاه در شمال اصفهان، گزارش نهایی طرح، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان.

۸) فیضی، ح.، رضوانی مقدم، پ و برکی، ح. ۱۳۸۹. بررسی اثرات آبیاری با فاضلاب‌های خانگی تصفیه شده بر کمیت و کیفیت ارزن علوفه‌ای. دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب- کاربردها در کشاورزی و فضای سبز.

- 9) Ayres, R.S. and Wescot, D.W. 1985. Water-Quality for Agriculture. Rev.I, FAO. *Rome Food and Agriculture Organization of the United Nations.*. 174p
- 10) Chang, A.C., Wameke, J.E., Page, A.L. and Lund, L.J. 1984. Accumulation of metal in sewage sludge treated. *Journal of Environmental Quality*. Qual.vol 13. pp. 87-90.
- 11) Hayes, A.R., Mancino, C.F., Forden, W.Y., Kopec, D.M., and Pepper, I.L. 1990. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: II. *Turf Quality.J of Agron.* Vol 82. pp. 943-946.
- 12) Mahida, N.U. 1981. Water pollution and disposal of wastewater on land. *Tata McGraw-Hill Pupliching Company limited.* New Dlhi, 325p.
- 13) Pescod, M.B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture, FAO, *Irrigation and Drainage Paper*, vol 47: 113 P.
- 14) Rusan, M.S. and Rousan, H. L. 2006. Long term effect of wastewater irrigation of crops on soil and plant quality parameters, *Science direct, Desalination*, 215, pp143-152.
- 15) Soegrist R.L. 1987. Soil clogging during subsurface wastewater infiltration as affected by effluent composition and loading rate1. *Journal of Environmental Quality*, 16(2), pp 181-187.



Effect of unconventional water on soil physical and chemical characteristics

Mohadeseh keshtkar^{1*}, Abutaleb Hezarjaribi², Khalil Ghorbani³

^{1*}MSC student of Irrigation and drainage, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural resources

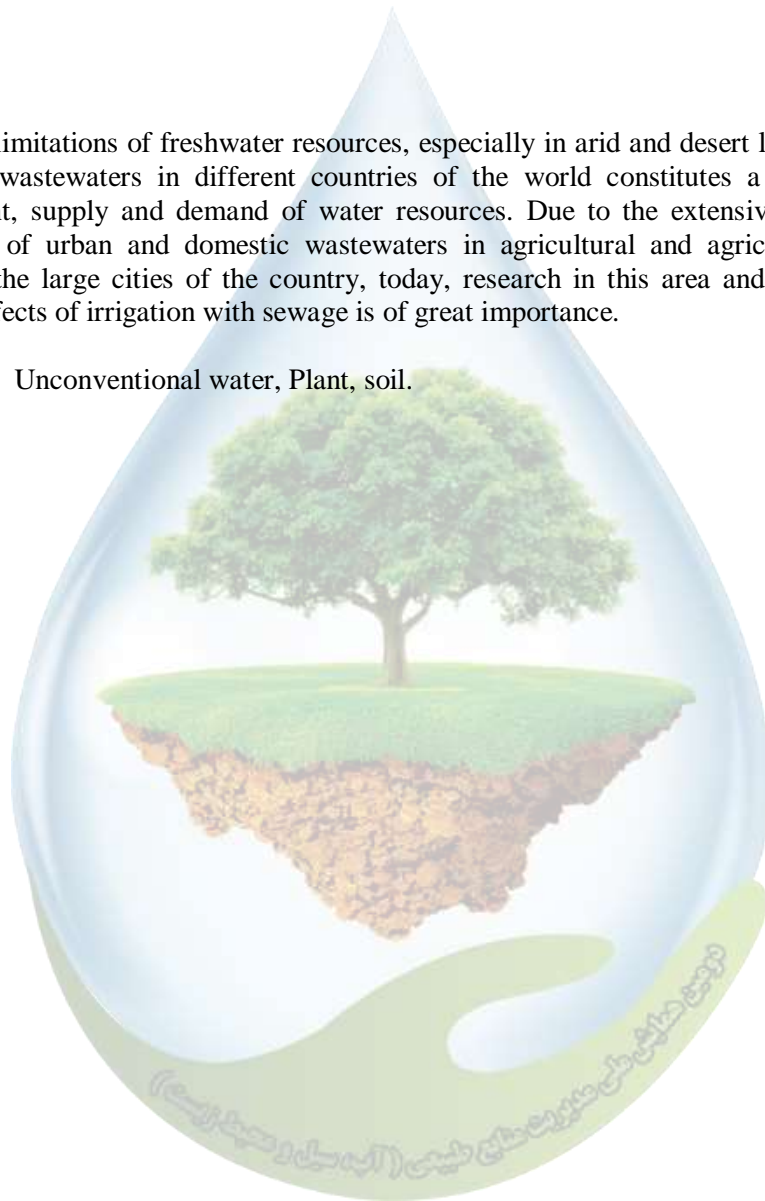
^{2,3} Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural resources

^{1*}*mrs.keshtkar@gmail.com*

Abstract

Due to the limitations of freshwater resources, especially in arid and desert lands, the use of refined wastewaters in different countries of the world constitutes a solution for management, supply and demand of water resources. Due to the extensive volume of application of urban and domestic wastewaters in agricultural and agricultural lands comments the large cities of the country, today, research in this area and viewing the different effects of irrigation with sewage is of great importance.

Keywords: Unconventional water, Plant, soil.



شبیه‌سازی تغییرات دمای بیشینه و کمینه ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان طی دوره

CanESM2 (۲۰۹۹-۲۰۱۰) با استفاده از مدل

محدثه کشت‌کار^{۱*}، ابوطالب هزار جریبی^۲ خلیل قربانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۱ و * رایانامه نویسنده مسئول: (Email: mrs.keshtkar@gmail.com)

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات دما طی دوره ۲۰۹۹-۲۰۱۰ با استفاده از مدل CanESM2 است. این پژوهش بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان و با استفاده از مدل ریز مقیاس نمایی آماری LARS-WG، رفتار داده‌ها در دوره مشاهداتی (دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰) شبیه‌سازی و بارش روزانه این ایستگاه براساس مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سناریوهای مختلف RCP4.5 و RCP8.5 برای سه دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ شبیه‌سازی شد. از آزمون تشخیص روند من-کندال و آزمون شیب خط سن برای تشخیص روند در مقیاس زمانی ماهانه و آزمون مقایسه میانگین‌ها برای معنی‌دار بودن یا نبودن داده‌های مشاهداتی و داده‌های تولید شده استفاده شد. نتایج ریز مقیاس نمایی با مدل LARS-WG نشان داد این مدل می‌تواند به خوبی رفتار سری داده‌های هواشناسی را شبیه‌سازی کند. نتایج بررسی تغییرات اقلیمی نشان داد که در یک بازه ۹۰ ساله تا سال ۲۰۹۹ نشان داد که طبق سناریوی RCP4.5، ۲/۲۰ درجه سانتی‌گراد و مطابق سناریوی RCP8.5؛ ۳/۷۸ درجه سانتی‌گراد میلی‌متر افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، دمای بیشینه و کمینه، شبیه‌سازی، CanESM2

۱- مقدمه

در چند دهه اخیر فعالیت‌های نظیر افزایش جمعیت جهان و به تبع آن گسترش روزافزون فعالیت‌های صنعتی برای تامین رفاه و نیازهای جمعیت کره زمین، تغییر کاربری اراضی و استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی باعث افزایش غلظت گازها به خصوص CO_2 شده است. گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین امواج ساطع شده از خورشید را که دارای طول موج بلند ساطع شده از طرف زمین را جذب می‌کنند این امر باعث افزایش دمای آن‌ها در نتیجه برگشت انرژی به زمین و افزایش دمای آن می‌شود. در شرایط تغییرات اقلیمی به لحاظ گرم شدن هوا منابع آب در دسترس بخش کشاورزی به شدت آسیب‌پذیر خواهد بود. مدل‌های گردش عمومی جو GCM مدل‌هایی هستند که به منظور شبیه‌سازی اقلیم حال کره زمین توسعه داده شده‌اند و قادر هستند تا تغییر اقلیم آینده کره زمین را پیش‌بینی کنند، این مدل‌ها سه بعدی بوده و قوی‌ترین ابزار برای تولید

¹ General circulation Models

سناریوهای اقلیمی با لحاظ کردن اکثر فرایندها در مقیاس جهانی و یا قاره‌ای می‌باشد و قادر است سری‌های زمانی روزانه مجموعه‌ای از متغیرهای هواشناسی، مانند بارش، درجه حرارت و تابش خورشیدی را به صورت مصنوعی تولید کند و از لحاظ آماری رفتاری مشابه با داده‌های هواشناسی مشاهده شده داشته باشد (۵ و ۶). نتایج محققان نیز بیانگر قابلیت بالای مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی در دوره آماری و استفاده از این مدل برای ارزیابی تغییر اقلیم در دهه‌های آتی است (۱). محققان با مقایسه سه مدل WM، WM2 و LARS-WG نشان دادند که مدل LARS-WG در سطح اطمینان ۹۵ درصد اقدام به تولید داده نموده است (۳). نادربنی و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های بیشینه در دوره‌های آتی در حوزه بهشت‌آباد پرداختند آن‌ها در این کار از ۷ مدل گردش عمومی جو تحت دو سناریوی A2 و B1 و از مدل LARS-WG جهت ریز مقیاس نمایی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان از افزایش و کاهش بیشتر دما و بارش به ترتیب ۱/۲ درجه سانتی‌گراد برای دما و ۲۰ درصد برای بارش بوده است. در این تحقیق به منظور پیش‌بینی پارامتر اقلیمی دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سینوپتیک گرگان استان گلستان از داده‌های روزانه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ استفاده شده است. از مدل CanESM2 که مربوط به گزارش IPCC که در سال ۲۰۱۳ منتشر شد، استفاده شده است و دمای کمینه و بیشینه برای دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 پیش‌نمایی شده است.

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق برای شهرستان گرگان مرکز استان گلستان واقع در شمال ایران انجام شده است. در این پژوهش از دو گروه داده‌های مشاهداتی و مدل گردش عمومی به صورت روزانه از ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد شهرستان گرگان واقع در منطقه هاشم‌آباد که شامل داده‌های تشعشع خورشیدی، حداقل و حداکثر دمای روزانه و بارندگی می‌باشد؛ در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۰ استفاده شد. به منظور ارزیابی تغییر اقلیم شهرستان گرگان، از جدیدترین نسخه نرم‌افزاری مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG6 استفاده شد. نسخه جدید مدل LARS-WG نتایج گزارش نسخه پنجم تغییر اقلیم از IPCC را در نظر می‌گیرد و مدل‌های گردش عمومی جو شامل CanESM می‌شود. در جدول ۱ مشخصات مدل گردش عمومی استفاده شده در این تحقیق ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات مدل گردش عمومی استفاده شده در مطالعه

نام مدل اقلیم جهانی	نام مخفف مدل	مرکز تحقیقات	کشور	شبکه‌بندی
CanESM2	CanESM2	U.K.M.O	انگلستان	۱۲۸×۶۴

به منظور بررسی دقیق‌تر پدیده تغییر اقلیم در سال ۱۹۸۸ هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم IPCC تشکیل شد. این هیئت در تدوین گزارش پنجم ارزیابی خود AR5 از سناریوهای جدید RCP^۴ به عنوان نماینده‌های چهار خط سیر کلیدی گازهای گلخانه‌ای با نام‌های RCP2.6، RCP4.5، RCP6 و RCP8.5 که بر اساس میزان سطح واداشت‌های تابشی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تا پایان قرن ۲۱ شامل مقادیر ۲/۶، ۴/۵، ۶، ۸/۵ وات بر متر مربع انجام شده است، استفاده نموده است. در جدول ۲ سناریوهای اقلیمی مربوط به گزارش پنجم که در این تحقیق در نظر گرفته شده، ارائه شده است.

جدول ۲. سناریوهای اقلیمی مورد استفاده در گزارش پنجم IPCC

سناریو	کشور موسسه طراح	فرض‌های کلیدی
RCP4.5	گروه مدل سازی MiniCAM و موسسه	واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای، قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر متر مربع

¹ Weather Monitoring

² Www.ipcc-data.org

³ Fifth Assessment Report

⁴ Representative Concentration Pathways

ثابت می ماند. (JGCRI) در شمال غرب اقیانوس آرام گروه مدل سازی MESSAAGE و موسسه RCP8.5 بدون اتخاذ هیچ گونه سیاست های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر انتشار پیش خواهد رفت، به طوری که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می شود. بین المللی آنالیز سامانه های کاربردی (IIASA) اتریش

در این تحقیق از مولدهای تصادفی آب و هوایی استفاده شده است که بر اساس مدل های سری زمانی، زنجیره های مارکف و سری های فوریه ارائه می شود. یکی از روش هایی که بر اساس این رویکرد بنا شده است مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG می باشد. این مدل از سه بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از: کالیبراسیون، ارزیابی و تولید داده های هواشناسی دهه های آینده. نیاز اساسی و اصلی مدل در مرحله کالیبراسیون، فایل مشخص کننده رفتار اقلیمی در دوره گذشته است که این فایل باید دارای داده های روزانه دمای حداکثر و حداقل، بارش و ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک هاشم آباد گرگان با در نظر گرفتن یک دوره پایه (۱۹۸۰-۲۰۱۰)، تهیه شده و مدل براساس آن اجرا شد. در مرحله بعد اقدام به ارزیابی داده های تولید شده توسط مدل در دوره پایه و مقایسه با داده های واقعی می شود و پس از اطمینان از درستی نتایج ارزیابی و قابلیت مدل در LARS-WG در شبیه سازی داده های مشاهده شده هواشناسی، اقدام به اجرای مرحله سوم (شبیه سازی داده های اقلیمی) دوره ۲۰۱۰-۲۰۹۰ می گردید. در حقیقت در این مرحله، مدل با استفاده از رفتار اقلیم در دوره پایه و ریز مقیاس نمایی آماری داده های یک مدل گردش عمومی جو، پارامترهای اقلیمی آینده را در حد مقیاس منطقه مورد مطالعه شبیه سازی می کند. برای تشخیص تغییر در داده های هواشناسی و تشخیص تغییر اقلیم، دو گروه آزمون بر روی داده ها انجام می شود. گروه اول آزمون برای تشخیص روند در داده ها که با استفاده از آزمون من-کندال و شیب خط-سن انجام می شود و گروه دوم آزمون مقایسه میانگین ها بین سری داده های مشاهداتی و داده های دوره آتی برای تمامی سری های زمانی دمای بیشینه و دمای کمینه در مقیاس زمانی ماهانه بر اساس آزمون مقایسه میانگین t-student انجام می شود.

۳- نتایج و بحث

آزمون من-کندال برای دمای بیشینه و کمینه انجام شده و با توجه به محاسبات انجام شده، برای میانگین ماهانه دمای بیشینه و کمینه روزانه در سطح ۵ درصد روند معنی داری در افزایش یا کاهش درجه حرارت مشاهده نشد و خطوط روند دارای شیب بسیار ناچیز می باشد. همچنین با بررسی شکل ۱ الف و ب مشخص شد که در تمامی ماه های سال سناریوهای اقلیمی دمای بیشینه و کمینه را با میانگین بالاتری نسبت به دوره مشاهداتی شبیه سازی می کنند. از آزمون t-student برای مقایسه میانگین های ماهانه استفاده شد (جدول ۳). نتایج موجود نشان می دهد اختلاف معنی داری میان داده های مشاهداتی دوره گذشته و داده های تولید شده مدل برای دوره گذشته وجود ندارد و این موضوع مبین این است که مدل لارس دمای بیشینه و کمینه را به خوبی پیش بینی کرده است. اما همانطور که در جدول نیز دیده می شود، در بیشتر ماه های سال اختلاف معنی داری میان داده های تولید شده توسط مدل تحت سناریوهای اقلیمی و داده های مشاهداتی دیده می شود تنها در بیشینه دما در ماه (می و نوامبر) اختلاف معنی داری وجود ندارد و برای دمای کمینه روزانه نیز به غیر از ماه نوامبر برای بقیه ماه ها اختلاف معنی داری وجود دارد.

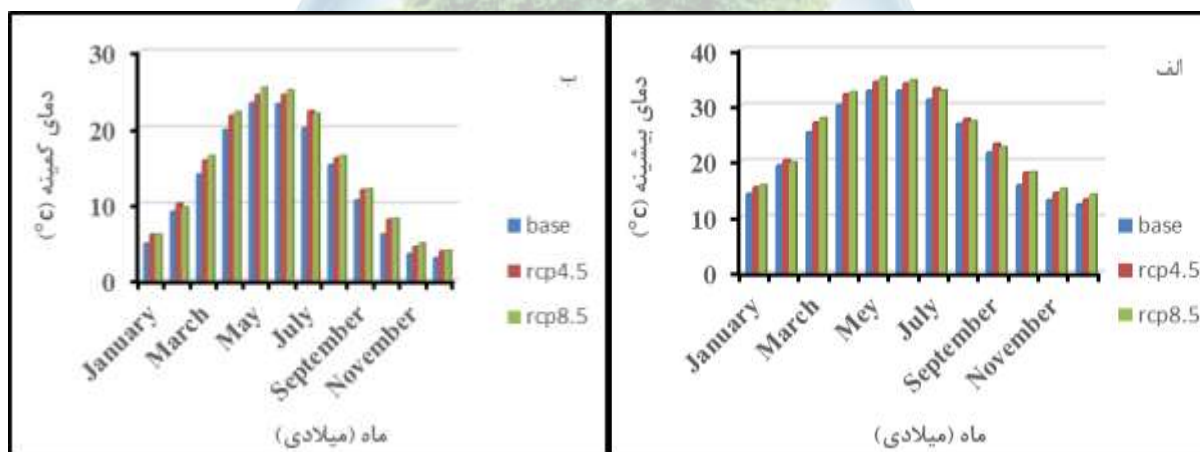
جدول ۳. آزمون t برای مقایسه اختلاف میانگین های ماهانه حداکثر دمای روزانه در دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ تحت سناریوهای مختلف با دوره مشاهداتی در سطح خطای ۱ و ۵ درصد

ماه	دمای بیشینه		دمای کمینه	
	T-VALUE	P-VALUE	T-VALUE	P-VALUE
۱	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE
	-۱/۹۴	۰/۰۵۷	-۲/۱۳	۰/۰۳۷*
۲	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE	RCP 4.5-BASE
	-۲/۴۲	۰/۰۱۹*	-۲/۳۷	۰/۰۲۱*

-۵/۵۵	.*	-۵/۲۸	.*	-۳/۵۹	۰/۰۰۱**	-۳/۴۳	۰/۰۰۱**	۳
-۴/۳۰	.*	-۴	.*	-۱/۶۸	۰/۰۹۸	-۲/۷۶	۰/۰۰۸**	۴
-۴/۲۳	.*	-۳/۲۰	۰/۰۰۲**	-۱/۱۱	۰/۲۷۴	-۲/۰۹	۰/۰۴۱*	۵
-۷/۹۴	.*	-۹/۱۶	.*	-۴/۴۵	.*	-۵/۵۵	.*	۶
-۹/۶۰	.*	-۶/۴۳	.*	-۵/۷۵	.*	-۳/۹۵	.*	۷
-۷/۵۸	.*	-۳/۹۱	.*	-۵/۳۴	.*	-۳/۵۴	۰/۰۰۱**	۸
-۷/۳۷	.*	-۵/۸۲	.*	-۷/۲۱	.*	-۵/۹۹	.*	۹
-۵/۶۲	.*	-۴/۲۵	.*	-۵/۳۴	.*	-۳/۶۷	۰/۰۰۱**	۱۰
-۱/۷۱	۰/۰۹۳	-۳/۲۶	۰/۰۰۲**	-۱/۱۱	۰/۲۷۳	-۱/۹۱	۰/۰۴۱*	۱۱
-۲/۶۱	۰/۰۱۱*	-۲/۶۱	۰/۰۱۱*	-۳/۳۱	۰/۰۰۲**	-۲/۴۸	۰/۰۱۶*	۱۲

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد و ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

در مقایسه آمار ۹۰ ساله نیز مشخص شد که، میانگین‌های دمای بیشینه و کمینه روزانه در یک دوره ۹۰ ساله در تمامی ماه‌های سال از مقدار میانگین آن در دوره مشاهداتی بیشتر است. هنگامی که مقادیر پیش‌بینی شده برای دمای بیشینه روزانه تحت دو سناریو مقایسه شدند، مشاهده می‌شود که سناریوی RCP8.5 دمای بیشینه روزانه را با اختلاف بیشتری نسبت به دوره گذشته تولید کرده و در مرتبه‌ی پایین‌تر سناریوی RCP4.5 قرار دارد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده از بررسی دوره ۹۰ ساله؛ حداکثر دمای گرگان به‌طور متوسط، براساس سناریو RCP8.5، ۳/۷۵ درجه و مطابق سناریو RCP4.5، ۲/۹۴ درجه تا سال ۲۰۹۰ افزایش خواهد یافت.



شکل ۱. روند تغییرات میانگین ماهانه دمای بیشینه و کمینه روزانه تحت سناریوهای مختلف در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ الف: بیشینه ب: کمینه

پس به طور کلی می‌توان گفت که در مورد دما هر دو سناریو نرخ افزایشی را نشان می‌دهند که کمترین مقدار افزایش دمای متوسط سالانه در ۹۰ سال آینده حداقل ۲/۲۰ درجه سانتی‌گراد تحت سناریو RCP4.5 و حداکثر ۳/۷۸ درجه سانتی‌گراد تحت سناریوی RCP8.5 بوده است. توصیه می‌شود که این بررسی در مورد سایر شهرهای استان و استان‌های دیگر به‌عمل آید تا درک بهتری از وضعیت تغییر اقلیم کشور و منابع مختلف آن بدست آید.

۴- منابع و مراجع

۱. بابائیان، ا.، نجفی‌نیک، ز. ۱۳۸۵. معرفی و ارزیابی مدل LARS-WG برای مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳. مجله نیوار، ۶۲ و ۶۳، پاییز و زمستان: ۴۹-۶۹.

۲. قربانی خ.، و سلطانی، ا. ۱۳۹۳. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد سویا در منطقه گرگان. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی، جلد ۲۱: ۶۷-۸۵.

3. Mavromatis, Th., and Hansen, J.W. 2001. Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. *Agricultural and forest meteorology*. 109: 283-296
4. Naderi Bani, M. S. 2014. Effect of Climate Change on Maximum Deposits in Future (Behesht Abad Basin), Master's Degree in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.
5. Racsko, P.; Szeidl, L.; Semenov, M. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecol Model*, 57:27-41.
6. Richardson, C.W.; Wright, D.A. 1984. WGEN: a model for generating daily weather variables: Agricultural Research Service ARS-8, US Department of Agriculture, Washington, DC.



Simulation of maximum and minimum temperature changes in Hashemabad synoptic Station of Gorgan during the period (2099-2010) using CanESM2 model

Mohadeseh keshtkar^{1*}, Abutaleb Hezarjaribi², Khalil Ghorbani²

¹MSC student of Irrigation and drainage, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural resources

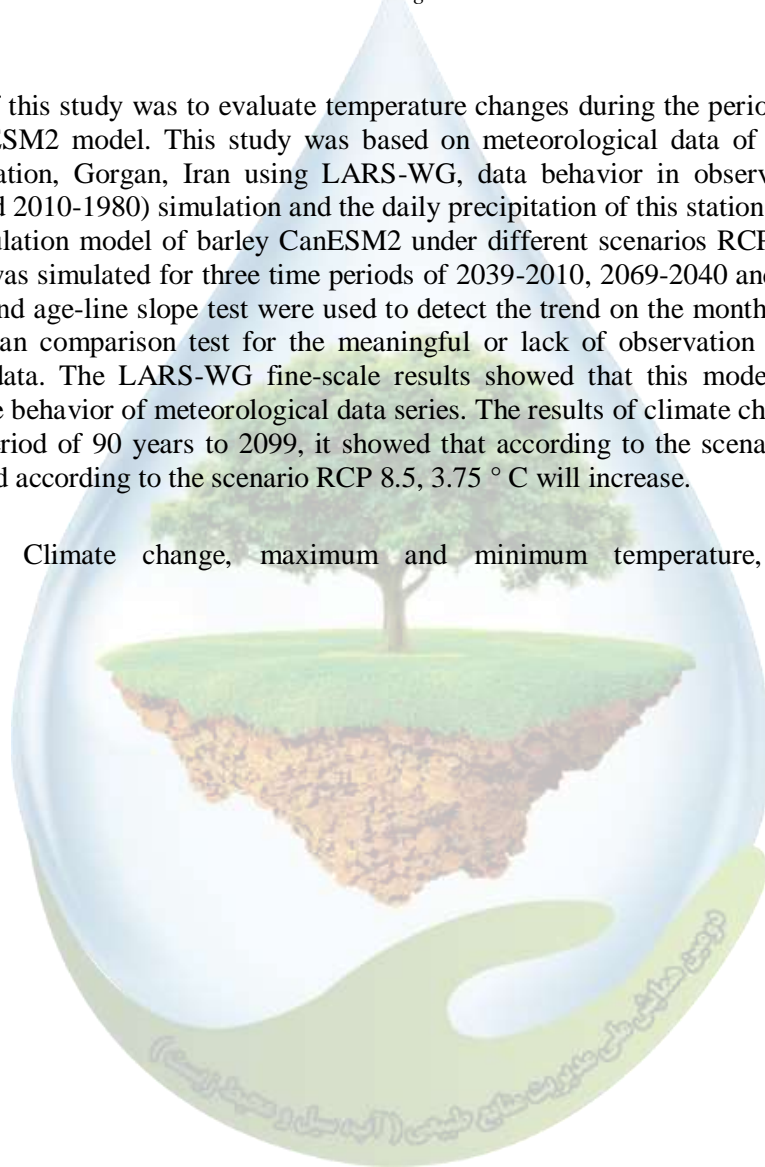
^{2,3} Associate Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural resources

mrs.keshtkar@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to evaluate temperature changes during the period 2099-2010 using CanESM2 model. This study was based on meteorological data of Hashemabad synoptic station, Gorgan, Iran using LARS-WG, data behavior in observation period (time period 2010-1980) simulation and the daily precipitation of this station based on the public circulation model of barley CanESM2 under different scenarios RCP 4.5 and RC The 8.5 p was simulated for three time periods of 2039-2010, 2069-2040 and 2099-2070. I-Kendall and age-line slope test were used to detect the trend on the monthly time scale and the mean comparison test for the meaningful or lack of observation data and the generated data. The LARS-WG fine-scale results showed that this model could well simulate the behavior of meteorological data series. The results of climate change showed that in a period of 90 years to 2099, it showed that according to the scenario RCP 4.5, 2.35 ° C and according to the scenario RCP 8.5, 3.75 ° C will increase.

Keywords: Climate change, maximum and minimum temperature, simulation, CanESM2.



تجارب ملی و بین‌المللی در زمینه پایش و بهبود بهره‌وری آب

محمدنوید فرح‌زاد^۱، بیژن نظری^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران، ^۲ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

*^۲b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه به پیشینه‌ی مطالعاتی در ارتباط با مقادیر بهره‌وری آب در ایران و جهان پرداخته شده است. نتایج نشان داد برای تعیین و پیشنهاد الگوی کشت بهینه به منظور افزایش بهره‌وری آب می‌توان از تغییرات بهره‌وری آب محصولات مختلف مناطق کشور به ازای تبخیر و تعرق بهره برد. به عنوان نمونه بهره‌وری بالای گندم در مازندران، ذرت دانه‌ای در همدان و سیب‌زمینی در خوزستان (بوشهر) و سیستان حاصل شده است. همچنین کاربرد مدل‌ها و شیوه‌های تعیین دقیق زمان و مقدار آبیاری در برنامه‌ریزی‌های آبیاری محصولات کشاورزی و سیستم‌های آبیاری تحت فشار می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری آب گردد. بررسی مطالعات روند تغییرات بهره‌وری آب برای زراعت برنج و دیگر غلات طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۲۵ میلادی در مقیاس بین‌المللی نشان داد که روند افزایش بهره‌وری آب برنج در کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ میلادی مقدار آن در هر دو سری کشورها یکسان باشد. ولی در مجموع، روند افزایش بهره‌وری آب برنج بسیار کند است و پیش‌بینی می‌شود مقدار فعلی ۰/۴۴ به حداکثر مقدار ۰/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب در سال ۲۰۲۵ میلادی برسد. بهره‌وری آب سایر غلات، دارای رشد افزایشی بیش‌تری است و پیش‌بینی می‌شود مقدار آن در کشورهای توسعه یافته از ۱ به ۱/۴ و در کشورهای در حال توسعه از ۰/۷ به ۱/۱ افزایش یابد و این افزایش در تمام مناطق مختلف وجود دارد.

واژگان کلیدی: الگوی کشت، بهره‌وری تبخیر-تعرق، غلات.

۱- مقدمه

آب یکی از حیاتی‌ترین عوامل رشد و توسعه در جوامع بشری است. در دو دهه اخیر و به‌ویژه در سال‌های پایانی قرن بیستم، آب و مدیریت آن به یک دغدغه بزرگ بین‌المللی تبدیل شده است. بررسی جهانی حاکی از آن است که جمعیت جهانی تا سال ۲۰۲۵ میلادی به ۸/۷ میلیارد نفر خواهد رسید و فشار زیادی را بر امنیت غذایی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که بیش از ۸۰ درصد افزایش جمعیت در آن‌ها صورت خواهد گرفت، وارد خواهد آورد (۶). در حال حاضر تعداد زیادی از کشورهای جهان با کمبود شدید آب روبه‌رو هستند که بیش‌تر این کشورها در آفریقا و خاورمیانه قرار دارند. سرانه آب در ایران به علت اقلیم خشک و نیمه خشک آن، یک‌چهارم سرانه آب جهانی است ولی مصرف سرانه از متوسط جهانی و از اکثر کشورهای اروپایی بیشتر است. این مسأله باعث شده که منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی در وضعیتی نامطلوب قرار گیرند. این وضعیت در آینده، به‌ویژه به علت نرخ بالای رشد جمعیت در کشور و نیز مصرف ناموزون آب، تشدید نیز خواهد شد. از طرفی این مسأله خاطر نشان می‌سازد که کشاورزی باید بتواند غذای این جمعیت زیاد را با همین منابع آب

محدود تولید کند و نیازهای آبی روز افزون بخش‌های صنعت و شرب نیز بایستی تأمین گردد. دستیابی به این مهم، راهکاری جز ارتقای بهره‌وری آب نخواهد داشت. بهره‌وری آب یعنی استفاده هر چه بهتر از هر واحد آب. از سویی دیگر بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی در کشاورزی مصرف می‌شود، بنابراین با ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی، می‌توان بحران‌های آبی و زیست‌محیطی ناشی از کم‌آبی را تسکین بخشیده و نیاز بخش شرب و صنعت را نیز تأمین نمود.

ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مستلزم برنامه‌ریزی دقیق و اجرای صحیح آن است. برای اینکه نتایج هر مرحله از برنامه‌ریزی و اجرای برنامه‌های مربوط به ارتقای بهره‌وری را بدانیم، نیازمند اندازه‌گیری و تحلیل پارامترها و شاخص‌های بهره‌وری خواهیم بود و لازم است فرآیندی را به نام «چرخه‌ی بهره‌وری» که شامل مراحل چهارگانه اصلی «اندازه‌گیری»، «تحلیل»، «برنامه‌ریزی» و «بهبود» است برای حصول موفقیت به کار بست.

در این پژوهش به بررسی روند تغییرات شاخص‌های مختلف بهره‌وری آب در طی زمان و مقایسه شاخص‌های یک واحد تولیدی با واحد تولیدی مشابه خود و به عبارت دیگر مقایسه مکانی تغییرات شاخص‌ها در سطح ملی و بین‌المللی پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

شاخص‌های بهره‌وری به صورت نسبت ارزش «ستانده» به ارزش «داده» که در سه نوع تک عامله، چند عامله و کل طبقه‌بندی می‌شود، تعریف می‌گردند. شاخص بهره‌وری تک عامله، نسبت ستانده را به یکی از عوامل تولید، شاخص بهره‌وری چند عامله، نسبت ستانده را به ترکیبی از عوامل تولید و شاخص بهره‌وری کل، نسبت ستانده را به کل عوامل تولید، ارزیابی و پایش می‌کند.

تعریفی که از بهره‌وری آب می‌شود در بهره‌وری تک‌عامله جای می‌گیرد. در واقع آب به عنوان یکی از عوامل تولید که با محدودیت مواجه است، مورد توجه قرار می‌گیرد. به بیان دیگر، در بحث بهره‌وری آب قسمت نهاده در شاخص عموماً آب است. البته باید توجه داشت که این نسبت در واقع شاخصی عمومی از بهره‌وری آب می‌باشد. ستانده می‌تواند بسته به دیدگاه مورد نظر بر حسب مقادیر وزنی، تعداد، سود ناخالص، سود خالص، میزان اشتغال و ... مطرح شود. بنابراین شاخص‌ها با توجه به نوع ستانده در دسته‌های مختلف فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی-زیست‌محیطی و ... مطرح می‌گردند. در ادامه به برخی از رایج‌ترین این شاخص‌ها اشاره می‌گردد.

بهره‌وری تبخیر-تعرق به صورت فرمول (۱) تعریف می‌شود.

$$WP_{ET} = \frac{Y(kg ha^{-1})}{ET(m^3 ha^{-1})} \quad (1)$$

که در آن Y مقدار محصول بر حسب کیلوگرم بر هکتار طی فصل زراعی، ET مقدار تبخیر-تعرق بر حسب مترمکعب بر هکتار و WP_{ET} بهره‌وری تبخیر-تعرق بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد (۱۲). به این شاخص کارایی مصرف آب نیز اطلاق می‌شود.

بهره‌وری آب آبیاری و بارش که معمولاً منظور از اصطلاح رایج بهره‌وری آب، این شاخص است که به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$WP_{I+P} = \frac{Y(kg ha^{-1})}{[I + P](m^3 ha^{-1})} \quad (2)$$

که P و I به ترتیب مقدار آبیاری و بارندگی بر حسب مترمکعب بر هکتار در طول فصل زراعی می‌باشند. WP_{I+P} بهره‌وری آب آبیاری و بارش است که معمولاً به اختصار بهره‌وری آب و یا بهره‌وری آب کل نیز نامیده می‌شود و بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

بهره‌وری آب به صورت اقتصادی نیز قابل ارائه می‌باشد که به صورت رابطه (۳) نشان داده شده است.

$$BPD = \frac{Y(\$kg^{-1} \times kg ha^{-1})}{[I + P](m^3 ha^{-1})} \quad (3)$$

که در آن صورت کسر، سود حاصل از تولید کشاورزی در هر هکتار و مخارج کسر مقدار آب آبیاری و بارش به کار برده شده در هر هکتار می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

در جدول (۱) پیشینه‌ی از مطالعات در ارتباط با مقادیر بهره‌وری آب در ایران و جهان ارائه گردیده است.

جدول ۱- پیشینه مطالعات درباره مقادیر بهره‌وری آب در ایران و جهان (۱، ۲، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۱۶)

پژوهشگران	سال	مکان	محصول	نتایج (کیلوگرم بر مترمکعب)
کشاورز و صادق‌زاده	۱۳۷۹	---	میانگین محصولات	۰/۷
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	گندم	۰/۰-۳۴/۸۴
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	یونجه	۰/۱-۷/۴۴
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	چغندر قند (ریشه)	۱/۴-۳۳/۸۳
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	پنبه	۱/۱-۲۷/۹۱
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	سویا	۰/۲-۷۵/۰۹
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	جو	۱
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	سیب‌زمینی	۱/۷۲
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	گوجه‌فرنگی	۳/۳۳
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	لوبیا	۰/۹۱
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	کاهو	۴/۷۷
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	کنجد	۰/۲
حیدری و حقایقی مقدم	۱۳۸۰	اصفهان، گلستان، خراسان، خوزستان (دزفول) و آذربایجان غربی	ذرت دانه‌ای	۰/۶۵
آبسالان و همکاران	۱۳۸۶	خوزستان	گندم	۱/۲ تا ۰/۲۴



۰/۴۴ ، ۰/۷۶ ، ۰/۳۸	گندم	خراسان	۱۳۸۳	نی‌ریزی و حلمی فخرآباد
۱/۹ و ۳/۵ ، ۱/۸	چغندر قند	خراسان	۱۳۸۳	نی‌ریزی و حلمی فخرآباد
۱/۱۸	گندم	اصفهان	۱۳۸۷	وظیفه دوست و همکاران
۳/۳۸	ذرت علوفه‌ای	اصفهان	۱۳۸۷	وظیفه دوست و همکاران
۰/۳۳	آفتاب گردان	اصفهان	۱۳۸۷	وظیفه دوست و همکاران
۱/۷۲	چغندر قند	اصفهان	۱۳۸۷	وظیفه دوست و همکاران
۱/۰۴	گندم	هند	۲۰۰۲	سین و همکاران
۰/۸۴	برنج	هند	۲۰۰۲	سین و همکاران
۰/۲۱	وش پنبه	هند	۲۰۰۲	سین و همکاران
۰/۲۳ تا ۰/۹۴	گندم	مناطق گرم و خشک ترکیه	۲۰۰۳	واچ
برآورد فائو: ۰/۴ تا ۰/۶				
۱/۰۹	گندم	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۱/۰۹	برنج	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۰/۶۵	پنبه (تولید دانه)	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۰/۲۳	پنبه (تولید وش)	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۱/۸۰	ذرت	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۰/۲-۲/۴	غلات	جهان	۲۰۰۴- ۱۹۸۹	زارت و باستانسن
۰/۰-۱/۲۵	برنج و دیگر غلات	آفریقا	۲۰۰۴	زارت و باستانسن
۰/۰-۱/۶	دیگر غلات	آفریقا	۲۰۰۴	زارت و باستانسن
۲/۵ تا ۱/۶۵	ذرت	ترکیه	۲۰۰۵	دگدگدن و همکاران
۱/۲	میانگین محصولات	ترکیه	۲۰۰۵	بوراک

منتظر و کوثری (۲۰۰۸) با هدف تعیین بازه تغییرات مقادیر کمی شاخص بهره‌وری مصرف آب، نتایج حاصل از ۷۳ تحقیق (در ۱۳ استان مختلف)، بر روی ۱۱ محصول را مورد مطالعه قرار دادند که خلاصه نتایج آن در جدول (۲) توضیح داده شده است (۱۳).

جدول ۲- مقادیر کمی شاخص بهره‌وری مصرف آب محصولات عمده کشور

نوع محصول	خلاصه نتایج تحقیقات
گندم	نتایج ۱۳ طرح تحقیقاتی که در آن‌ها پارامترهای آبیاری، وارپته و موقعیت‌های زمانی و مکانی (در هفت استان شامل: خراسان،

آذربایجان شرقی، کرمانشاه، تهران، کرمان، گلستان و خوزستان) متغیر بوده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطالعات در طی سال‌های ۱۹۹۳-۲۰۰۴ انجام شده است. بازه تغییرات شاخص بهره‌وری محصول گندم ۴-۰/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. نتایج نشان می‌دهد که کم‌آبیاری در رابطه با محصول گندم با وجود کاهش نسبی مقدار تولید، تأثیر بسیار چشمگیری بر ارتقای مقدار کمی بهره‌وری مصرف آب دارد. هم‌چنین شیوه آبیاری بدون اعمال مدیریت مناسب بهره‌بردار، نقش زیادی در افزایش بهره‌وری مصرف آب نخواهد داشت.

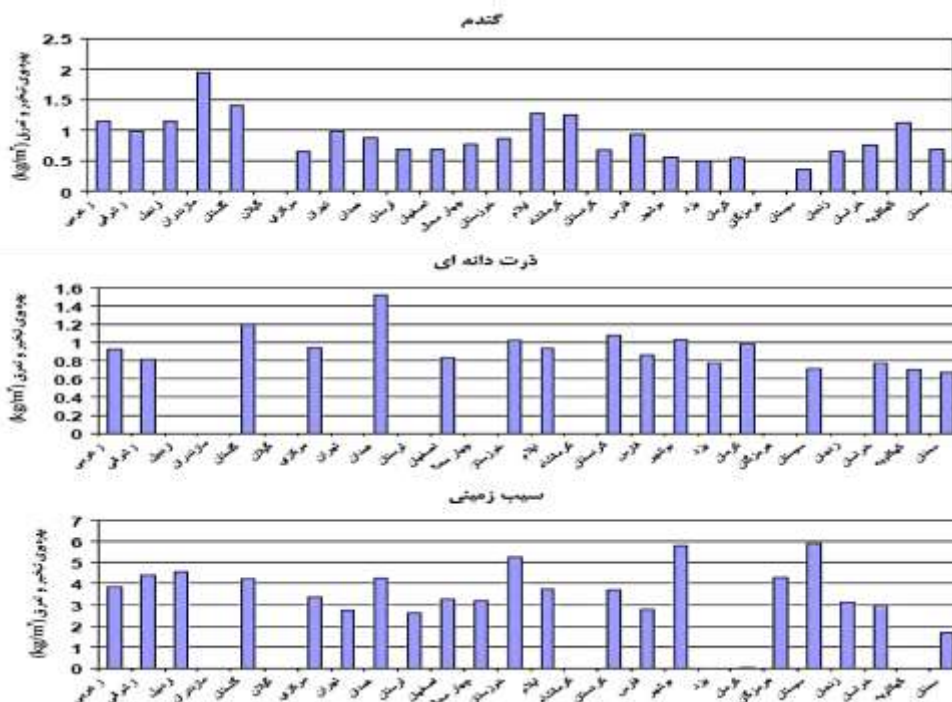
جو
نتایج ۴ طرح تحقیقاتی در فاصله سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۳ در استان‌های تهران و کرمان مقدار شاخص بهره‌وری تولید به آب مصرفی بین ۶/۱-۰/۵ بوده است.

چغندر قند
۹ طرح تحقیقاتی محصول چغندر قند در فاصله سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۵ در پنج استان خراسان، اصفهان، تهران، خوزستان و کرمانشاه انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که بازه تغییرات شاخص بهره‌وری این محصول در ریشه ۱۰/۷-۱/۶۵ کیلوگرم بر مترمکعب، برای قند ناخالص ۱/۷۷-۰/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب و برای قند خالص ۱/۷-۰/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. در طرح شماره شش که به منظور مطالعه تأثیر آبیاری شیار با کاشت یک ردیفه و دو ردیفه بر عملکرد چغندر قند انجام شد، مشخص گردید که مقدار شاخص بهره‌وری تیمارهای با کاشت دو ردیفه حدود دو برابر تیمارهای با کاشت یک ردیفه می‌باشد. البته به‌طور کلی کارایی مصرف آب در کلیه تیمارهای این طرح کم‌ترین مقادیر را به خود اختصاص داده‌اند. ماکزیمم مقدار بهره‌وری محصول چغندر قند (۱۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب) مربوط به تیماری بوده است که به روش قطره‌ای آبیاری شده است.

ذرت
نتایج ۹ طرح تحقیقاتی (۲۰۰۴-۱۹۹۸) را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیقات پارامترهای مدیریت آبیاری، وارپته گیاه، زمان و مکان متفاوت می‌باشد. مطالعات در استان‌های اصفهان، خوزستان، قزوین، تهران و کرمان انجام گردیده است. بر اساس محاسبات انجام شده مقدار ماکزیمم و مینیمم شاخص بهره‌وری محصول ذرت برای نوع دانهای، ۱/۹۸-۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده است. ماکزیمم مقادیر شاخص بهره‌وری مربوط به طرحی بوده است که در آن برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس اندازه‌گیری پوشش سبز گیاه به وسیله دماسنج مادون قرمز صورت گرفته است. دامنه تغییرات شاخص بهره‌وری محصول ذرت در شرایط این طرح ۷۵/۹۸-۱/۱ بوده است. این نتیجه گواهی است بر لزوم کاربرد مدل‌ها و شیوه‌های تعیین دقیق زمان و مقدار آبیاری در برنامه‌ریزی‌های آبیاری محصولات کشاورزی.

پنبه
برای محصول پنبه نتایج ۴ طرح تحقیقاتی مورد بررسی قرار گرفت. این طرح‌ها در فاصله سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۸ و در استان‌های گلستان و خراسان انجام گردیده است. بر اساس محاسبات انجام شده بازه تغییرات شاخص بهره‌وری محصول پنبه ۱۷/۳۵-۰/۱ می‌باشد که مقدار حداقل مربوط می‌شود به الگوی آبیاری شیار معمولی در سال ۱۹۹۸ و مقدار بیشینه مربوط می‌شود به کم‌آبیاری پنبه در استان گلستان.

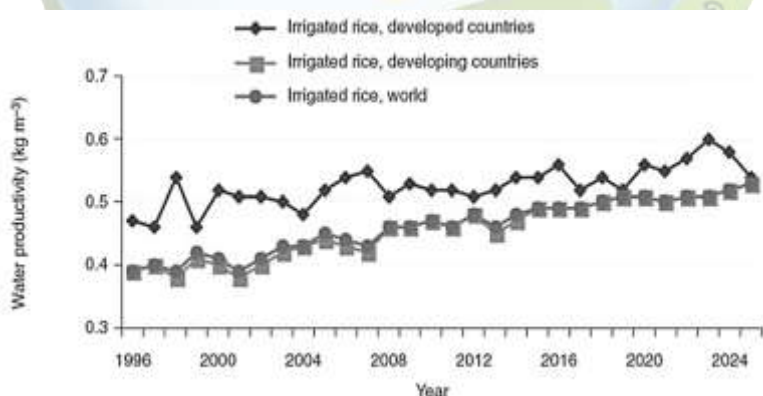
در شکل (۱) تغییرات بهره‌وری آب محصولات مختلف در بعضی مناطق کشور به ازای تبخیر و تعرق ارائه شده است. تغییرات زیاد بهره‌وری آب زراعت‌های مختلف در استان‌ها به ازای تبخیر و تعرق می‌تواند در تعیین و پیشنهاد الگوی کشت بهینه برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی به کار برده شود. بهره‌وری بالای گندم در مازندران، ذرت دان‌های در همدان و سیب‌زمینی در خوزستان (بوشهر) و سیستان در بین سایر استان‌ها در این شکل مشخص است. تفاوت در نتایج ارائه شده توسط دهقانی سانج و همکاران (۲۰۰۸) و کاوه و حسینی ابری (۱۳۸۸) می‌تواند در نتیجه تعریف بهره‌وری (تبخیر و تعرق و آب مصرفی) باشد که توجه به آن در مطالعات مورد تأکید است (۳ و ۴)



شکل ۱- تغییرات متوسط بهره‌وری آب محصولات مختلف در کشور به ازای مقدار تبخیر - تعرق

کای و روزگرات (۲۰۰۳) روند تغییرات بهره‌وری آب را برای زراعت برنج و دیگر غلات طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۲۵ میلادی در مقیاس بین‌المللی مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه ابتدا میزان عملکرد و آب مصرفی با مدل IMPACT-WATER که توسط مؤسسه تحقیقات بین‌المللی سیاست غذا (IFPRI) ارائه شده است محاسبه و سپس بهره‌وری آب تعیین شد (۱۰).

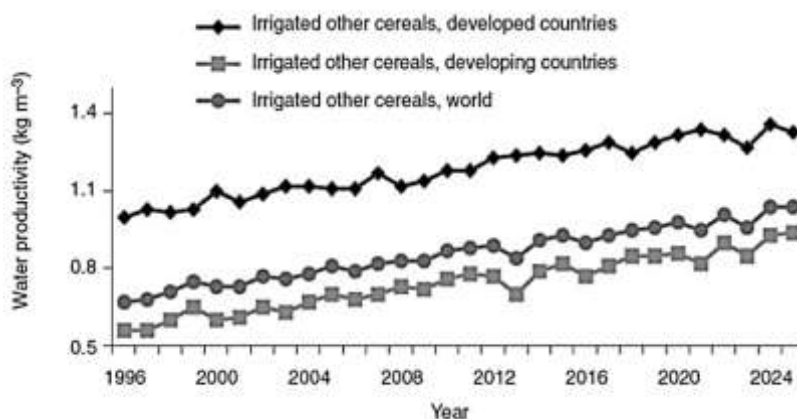
براساس این مطالعات، روند افزایش بهره‌وری آب برنج در کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ میلادی مقدار آن در هر دو سری کشورها یکسان باشد ولی در مجموع، روند افزایش بهره‌وری آب برنج بسیار کند است و پیش‌بینی می‌شود مقدار فعلی ۰/۴۴ به حداکثر مقدار ۰/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب در سال ۲۰۲۵ میلادی برسد (شکل ۲).



شکل ۲- پیش‌بینی تغییرات بهره‌وری آب برنج در جهان در سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۲۵ میلادی

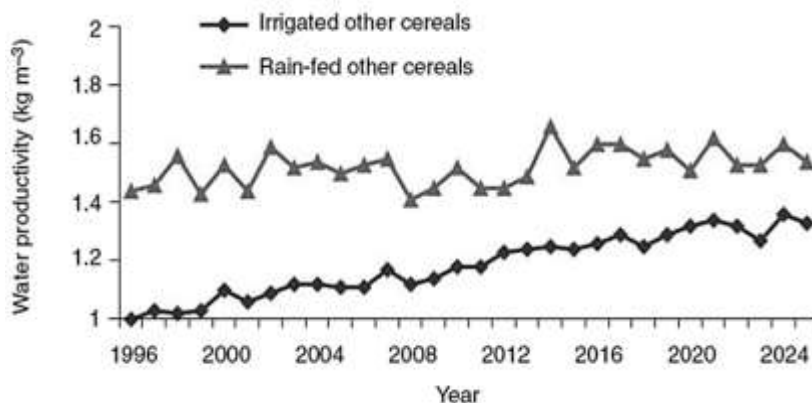
¹ International Food Policy Research Institute

بهره‌وری آب سایر غلات، دارای رشد افزایشی بیش‌تری است و پیش‌بینی می‌شود مقدار آن در کشورهای توسعه یافته از ۱ به ۱/۴ و در کشورهای در حال توسعه از ۰/۷ به ۱/۱ افزایش یابد و این افزایش در تمام مناطق مختلف وجود دارد که پیش‌بینی تغییرات آن در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- پیش‌بینی تغییرات بهره‌وری آب غلات بجز برنج در جهان در سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۲۵ میلادی

پیش‌بینی می‌شود در کشورهای توسعه یافته، مقدار بهره‌وری آب غلات در اراضی دیم در دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۵ میلادی بین ۱/۴ تا ۱/۶ کیلوگرم بر مترمکعب آب متغیر باشد. این در حالی است که بهره‌وری آب زراعت‌های آبی با توجه به روند توسعه تولید بذرهای با مشخصات مقاوم به انواع تنش‌های محیطی، شاخص برداشت بالا، عملکرد بالا در واحد سطح و طول دوره رشد کوتاه‌تر، از ۱ به ۱/۳ افزایش خواهد یافت (شکل (۴)).



شکل ۴- پیش‌بینی تغییرات بهره‌وری آب در زراعت غلات بجز برنج در اراضی آبی و دیم در کشورهای توسعه یافته طی سال‌های ۱۹۹۵-۲۰۲۵ میلادی

۴- نتیجه‌گیری

تغییرات بهره‌وری آب محصولات مختلف در بعضی مناطق کشور به ازای تبخیر و تعرق می‌تواند در تعیین و پیشنهاد الگوی کشت بهینه برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی به کار برده شود. بهره‌وری بالای گندم در مازندران، ذرت دانه‌ای در همدان و سیب‌زمینی در خوزستان (بوشهر) و سیستان در بین سایر استان‌ها حاصل شده است. همچنین تفاوت در نتایج ارائه شده توسط دهقانی سانچ و همکاران (۲۰۰۸) و کاوه و حسینی ابری (۱۳۸۸) می‌تواند در نتیجه تعریف بهره‌وری (تبخیر و تعرق و آب مصرفی) باشد که توجه به آن در مطالعات مورد تأکید است.

بررسی مطالعات روند تغییرات بهره‌وری آب را برای زراعت برنج و دیگر غلات طی سال‌های ۲۰۲۵-۱۹۹۵ میلادی در مقیاس بین‌المللی نشان داد که روند افزایش بهره‌وری آب برنج در کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته بوده و پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ میلادی مقدار آن در هر دو سری کشورها یکسان باشد. ولی در مجموع، روند افزایش بهره‌وری آب برنج بسیار کند است و پیش‌بینی می‌شود مقدار فعلی ۰/۴۴ به حداکثر مقدار ۰/۵۲ کیلوگرم بر مترمکعب آب در سال ۲۰۲۵ میلادی برسد. بهره‌وری آب سایر غلات، دارای رشد افزایشی بیش‌تری است و پیش‌بینی می‌شود مقدار آن در کشورهای توسعه یافته از ۱ به ۱/۴ و در کشورهای در حال توسعه از ۰/۷ به ۱/۱ افزایش یابد و این افزایش در تمام مناطق مختلف وجود دارد.

۵- منابع و مراجع

۱. آیسالان، ش.، ر. پورآذر، ع. ر. جعفری نژادی، ف. خضرزاده، ی. خواجه زاده، ا. م. دانائی، ا. دهقان، ع. دهقانی، ع. راهنما، س. سلیم‌پور، م. ر. سیداحمدی، م. شهربان‌نژاد، ع. ر. عباسی، غ. ر. قدرتی، ژ. کریمی‌نژاد، ا. کمالی، م. گوشه، آ. ماکنالی، ک. میرزاشاهی. ۱۳۸۶. دستورالعمل فنی زراعت کلزا. نشریه شماره ۱۶۳ حوزه ترویج و نظام بهره‌برداری سازمان جهاد کشاورزی خوزستان.
۲. حیدری، ن. و س. ا. حقایقی مقدم. ۱۳۸۰. کارایی مصرف آب آبیاری محصولات عمده مناطق مختلف کشور. گزارش ارائه شده به معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج.
۳. دهقانی سانج، حسین؛ نخجوانی مقدم محمد مهدی؛ مهدی اکبری. ۱۳۸۸. بررسی کارایی مصرف آب بر اساس مزایای نسبی مناطق و کم آبیاری. مجله آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، سال دوم، ص ۹۱-۷۷.
۴. کاوه، فریدون. و سید علی حسینی ابری. ۱۳۸۸. افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی آبی. دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صص ۱۱۱-۱۲۲.
۵. کشاورز، ع.، و صادق زاده، ک. ۱۳۷۹. کم آبیاری بهینه و تحلیل ریاضی و اقتصادی آن. مجله تحقیقاتی فنی مهندسی کشاورزی. ص. ۳۹-۴۶.
۶. نظری، ۱۳۹۲. مدل‌سازی پویای شبکه‌های آبیاری با رویکرد بهره‌وری آب. رساله دکتری. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.
۷. نی ریزی س. و حلمی فخرداد ر (۱۳۸۳). مقایسه کارایی مصرف آب در چند نقطه خراسان. مقالات یازدهمین همایش کمیته آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ص ۳۹۱-۴۰۳.
۸. وظیفه دوست، م.، ا. علیزاده، غ. ع. کمالی و م. فیضی، ۱۳۸۷. افزایش بهره‌وری آب کشاورزی در مزارع تحت آبیاری منطقه برخوردار اصفهان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۴۹۵-۴۸۴: (۲)۲۲.
9. Burak S. 2005. Water Use Efficiency Report Turkey. Water Use Efficiency Experts Meeting, 5 November 2008, Sophia Antipolis. PLAN BLEU, France.
10. Cai X. and Rosegrant M.W. 2003. World Water Productivity: Current Situation and Future Options. CAB International. 163-178.
11. Dagdelin N., Yilmaz E., Sezgin F., and Gurbuz T. 2005. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in Western Turkey. *Agric. Water Manage.* 82 (1-2): 63-85.
12. Kijne, J.W., Tuong, T.P., Bennett, J., Bouman, B., and Oweis, T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. In Challenge Program on Water and Food: Background Papers to the full proposal. The Challenge Program on Water and Food Consortium, Sri Lanka.
13. Montazar A and Kosari H 2008 Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the international conference of water saving in Mediterranean agriculture and future needs. Valenzano (Italy). Series B. 56(1): 109-120.
14. Sin, L. Y. M and Tse, A. C. B. and Yau, O. H. M. and Lee, J. S. Y and Chow, R. 2002 The effect of relationship marketing orientation on business performance in a service-oriented economy. *Journal of Service marketing*, Vol. 16, No. 7, pp. 656-676.
15. Watch. p. 2003. The productivity movement in australia. Available www.apo.tokyo.org/productivity/075prod.htm online at.
16. Zwart SJ and Bastiaansen WGM .2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69(2): 115-133.

بررسی مدیریت ریسک وقوع خشکسالی در اثر تغییر اقلیم

مهسا جمعدار^۱، مهدی سرائی تبریزی^{۲*}، علی صارمی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، ^۲* استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، ^۳ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

^{۲*}(m.sarai@srbiau.ac.ir)

چکیده

تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای تحت تأثیر فعالیت‌های انسان و صنعتی شدن کشورها می‌باشد که منجر به افزایش دمای کره زمین و وقوع بلاهای طبیعی مانند خشکسالی شده است. با توجه به این که قابلیت دسترسی به آب یکی از منابعی است که در معرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیم قرار دارد، بررسی تغییرات آن می‌تواند راه‌گشای معضلاتی چون خشکسالی، سیلاب‌های ناگهانی، مهاجرت جوامع انسانی، نوسانات قیمت محصولات غذایی و غیره باشد. خشکسالی از مخاطرات طبیعی شناخته‌شده و بخش جدایی‌ناپذیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. رخداد خشکسالی بر بخش‌های مختلف زندگی انسان‌ها تأثیر می‌گذارد. تغییر در دما و الگوی بارش اثرات زیادی بر کمیت و کیفیت منابع آب به خصوص در مناطق خشک نظیر ایران دارد. در سال‌های اخیر وقوع خشکسالی‌های متعدد در ایران خطری جدی برای منابع آب محسوب می‌شود. به دلیل افزایش میزان آب مورد تقاضا، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب ضروری به نظر می‌رسد. اقدامات پیشگیرانه‌ای (مدیریت ریسک خشکسالی) که بتواند اثرات خشکسالی و بحران آب را کاهش دهد، نه تنها در مقایسه با هزینه‌های جبران خسارت ناچیز می‌باشد، بلکه این اقدامات در هزینه‌هایی که بعد از وقوع خشکسالی صرف می‌شود، به صرفه‌جویی و کاهش هزینه‌ها نیز می‌انجامد. از این‌رو لازم است با تکیه بر روش‌های مدیریت ریسک خشکسالی تلاش شود تا ضمن کاهش اثرات این پدیده بر بخش کشاورزی، زمینه لازم برای استفاده پایدار از منابع آبی فراهم شود.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، گاز گلخانه‌ای، خشکسالی، بحران آب.

۱- مقدمه

خشکسالی نتیجه یک دوره شرایط هیدرولوژیکی غیرعادی است، که به‌خصوص با کاهش بارندگی در یک دوره مشخص زمانی پدیدار می‌شود. این پدیده، یکی از پدیده‌های متعارف در تمام انواع رژیم‌های آب و هوایی است (۱) برخلاف سایر پدیده‌های حدی، اثرات خشکسالی به‌طور تدریجی در طول چندین ماه و حتی چندین سال آشکار می‌شود. تحلیل خشکسالی عموماً با محاسبه خصوصیات خشکسالی از جمله مدت و شدت خشکسالی انجام می‌گیرد (۲) پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی آبی در هر منطقه برای مدیریت منابع آب بسیار اهمیت دارد. در نیمکره شمالی، مناطق واقع در عرض‌های جغرافیایی مابین ۹۱ تا ۴۱ درجه، مستعد خشکسالی‌های شدیدتر می‌باشند که کشور ایران نیز در این منطقه واقع شده است (۳) مطالعه‌های زیادی برای بررسی اثرات تغییر اقلیم در اقلیم منطقه و هم‌چنین بر خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی متعددی صورت گرفته است (۴). به عنوان مثال، شاخص بارش استاندارد شده Standardized, SPI و شاخص JDI برای تحلیل خشکسالی در مناطق مختلف جهان و ایران استفاده شده است. هم‌بستگی زیادی بین مدت و شدت خشکسالی

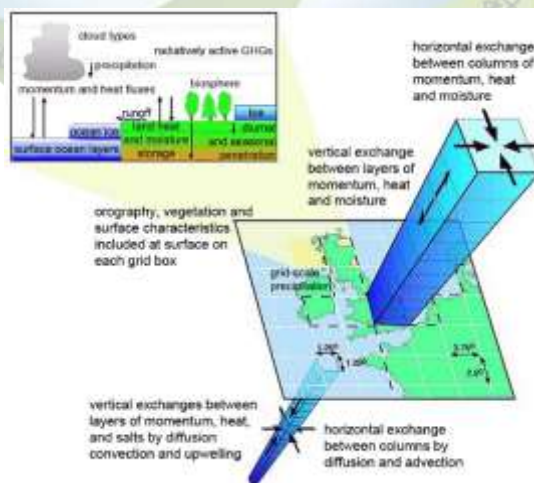
وجود دارد (۵). بنابراین تحلیل خشکسالی تنها براساس یکی از خصوصیات خشکسالی منجر به فهم نادرستی از پدیده خشکسالی خواهد شد. با محاسبه دوره بازگشت تنها بر اساس یکی از خصوصیات خشکسالی، دوره بازگشت برای آن خصوصیت مربوطه محاسبه می‌شود، ولی اطلاعاتی در مورد میزان بزرگی سایر خصوصیات در اختیار نیست. به‌عنوان نمونه می‌توان دوره بازگشت شدت خشکسالی را برای مقادیر بزرگ‌تر از حد مشخصی محاسبه کرد. اقلیم، شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده خاص و یک دوره خاص می‌باشد. تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلند مدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است. نظریه‌های زیادی در ارتباط با تغییر اقلیم ارائه شده است. در این متن علاوه بر معرفی این نظریه‌ها آشنای اجمالی با تغییر اقلیم خواهیم داشت. تغییر اقلیم به معنی هر نوع تغییر در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی است که در طولانی مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ می‌دهد. این تغییرات می‌تواند از ۱۰ سال تا چند میلیون سال تغییر کند. در برخی موارد تغییر اقلیم را با فرض رابطه علت و معلولی بشری نیز به‌کار می‌برند که در کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل UNFCCC مورد استفاده قرار گرفته است. پدیده تغییر اقلیم در نتیجه فاکتورهایی همچون فرآیندهای دینامیکی زمین و یا عوامل بیرونی هم‌چون تغییرات در شدت تابش خورشید، گردش وضعی زمین، گازهای گلخانه‌ای و یا فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها

تغییرات الگوی اقلیم از یک مکان به مکان دیگر وابسته به عرض جغرافیایی، فاصله از دریا، پوشش گیاهی، وجود یا عدم وجود نواحی کوهستانی و دیگر فاکتورهای جغرافیایی می‌باشد. تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است و تهدید و بلایی برای سیاره زمین به شمار می‌رود. این پدیده دارای دامنه زمانی و مکانی وسیعی نیز می‌باشد و بررسی‌های زیادی درباره علل این پدیده انجام گرفته است. فراوانی ازن در اتمسفر ناشی از تعادل موجود بین واکنش‌های تولید و تخریب این گاز است. غلظت ازن اتمسفر در حد (PPT قسمت در تریلیون) است. اما همین مقدار کم نقش بسیار مهمی در تعدیل میزان تشعشعات دریافتی به سطح زمین دارد. بیشترین میزان ازن اتمسفری (حدود ۹۰ درصد) در استراتسفر وجود دارد که حداکثر غلظت آن در این منطقه، در استوا در ارتفاع ۲۵ کیلومتری و در نزدیک قطبین در ارتفاع ۱۵ کیلومتری می‌باشد. ازن، جاذب قوی اشعه ماوراء بنفش است، در نتیجه، سطح زمین از تابش این اشعه مضر محافظت می‌شود. بخش باقی مانده ازن موجود در اتمسفر (کمتر از ۱۰ درصد) در تروپوسفر قرار دارد. امروزه مشخص شده است که لایه ازن استراتسفری به سرعت در حال تخریب می‌باشد. بیشترین تخریب لایه ازن در استراتسفر موجود بر فراز قطب جنوب در طی بهار نیمکره جنوبی (سپتامبر، اکتبر) صورت می‌گیرد. در زمستان و بهار در نیمکره جنوبی چرخش‌های اتمسفری به وسیله بادهای غربی (جریان‌های موضعی) محدود می‌شوند. این بادهای به نحو مؤثری فضای قطب جنوب را مجزا کرده و باعث می‌شود که دمای هوا در زمستان قطب جنوب به ۸۵- درجه سانتیگراد برسد. در این شرایط فضا برای تولید ترکیبات ویژه‌ای از کلر آماده می‌شود که به شدت مخرب لایه ازن است. اما در نیمکره شمالی، چرخش‌های اتمسفری محلی بسیار کمتر بوده و بنابراین، استراتسفر قطب شمالی زیاد سرد نمی‌شود و در نتیجه، تخریب ازن در نیمکره شمالی، عرض‌های میانی و قطب شمال کمتر است. عقیده کلی بر این است که ترکیباتی چون اکسید نیتریک، رادیکال‌های هیدروکسید (OH) و اتم‌های کلر و برم، همگی به صورت کاتالیزورهایی عمل می‌کنند که گاز ازن را در طی مراحل مختلف می‌شکنند. بنابراین اگر ترکیبات مولد این کاتالیزورها در جو افزایش یابد، آنگاه سرعت تخریب لایه ازن بیش از تولید آن بوده و از آنجا که تعادلی پویا بین تولید و تخریب ازن حکم فرماست، افزایش غلظت کاتالیزور تا بدان حد سرعت تخریب را افزایش می‌دهد که تعادل جدید در غلظت کمتر ازن بدست آید. نظم خاصی بر سیستم‌های آب و هوایی حاکم می‌باشد که بایستی مورد شناسایی قرار گیرد. میتوان با استفاده از ارتباط بین بارش و شاخص‌های اقلیمی، بارندگی در نقاط مختلف جهان را پیش بینی کرد. یکی از مهم‌ترین عوامل نظم دهنده به اقلیم که تاکنون شناخته شده است می‌توان به پدیده دور پیوند انسو اشاره کرد که شامل فازهای النینو (El nino) و لانینا (La Nina) می‌باشد.

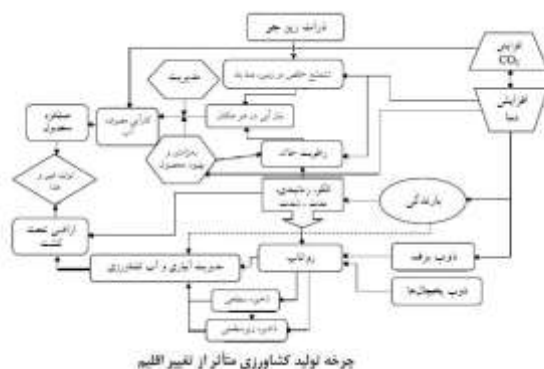
در بسیاری از مناطق جهان انسو، مهم ترین عامل تغییرات اقلیمی در مقیاس زمانی یک تا ده سال شناخته شده است و این عامل، اقلیم مناطقی از جهان را به شدت تحت الشعاع قرار می دهد. مدل های جفت شده اقیانوسی اتمسفری گردش عمومی جو یا مدل های AOGCM براساس روابط ریاضی و حل در یک شبکه سه بعدی که شامل تمام سطح کره زمین است توسعه یافته اند. پروسه های اصلی سیستم اقلیمی (اتمفسفر، اقیانوس، سطح زمین، پوشش یخی و بیوسفرف) در این مدل ها به صورت جداگانه مورد واکاوی قرار گرفته اند، بنابراین تمام پروسه های تأثیرگذار بر اقیانوس و جو داخل این مدل ها به صورت زیر مدل لحاظ شده اند. در زیر مدل ها جابجایی (مومنوم)، دما و رطوبت نیز در مقیاس های بزرگ شبیه سازی شده اند. مقیاس مکانی این نوع مدل ها در مناطق خشکی کره زمین ۲۵۰ کیلومتر (معمولاً) به صورت افقی و ۱ کیلومتر به صورت ارتفاعی است، یعنی به صورت کاشی های ۲۵۰*۲۵۰ کیلومتر با ارتفاع ۱ کیلومتر که سطح خشک زمین را پوشانده اند. در اقیانوس ها این مقیاس به صورت ۱۲۵ تا ۲۵۰ کیلومتر افقی و ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر افقی به وجود آمده است. به احتمال زیاد، ذخیره آب بیش تر در همه انواع آن و به هر صورت ممکن ضروری و لازم می باشد. بعضی از این انواع ذخیره آبخوان ها، تالاب ها، دریاچه ها، رودخانه ها، یخچال ها و غیره ذخیره های طبیعی هستند. بعضی دیگر از انواع ذخیره ها، مصنوعی بوده و هدف آن ها حفاظت از محیط زیست و اجتماع های گیاهی و حیوانی در حال نابودی می باشد. هر دو نوع ذخیره آب به منظور افزایش اطمینان در مقابله با خشکسالی ها و سیلاب ها، در بسیاری از مناطق ضروری بوده و فواید چندمنظوره مشخصی (انرژی، غذا، تأمین آب خانگی، کشتیرانی و غیره) را نیز تأمین می کند. احداث و تقویت زیرساخت های توسعه و توزیع منابع آب نشان داده که منجر به منافع کلان اقتصادی زیادی می شود. برعکس، کشورهای دارای زیرساخت نامناسب، از خسارات ناشی از بروز سیلاب ها و خشکسالی ها، درمان نبوده و رنج خواهند برد. توسعه تکنولوژیکی در کارایی آب آبیاری، استفاده از آب با کیفیت پایین (فاضلاب های تصفیه شده) و کاهش افت از سیستم های آبی نشان دهنده وجود پتانسیل بالقوه به منظور حفاظت از سیستم های تأمین آب موجود و بهبود استفاده از آن چه وجود دارد، می باشد. تکنولوژی ها باید متناسب با شرایط محلی هم چون ظرفیت اجرا و بهره برداری از آن ها، مورد استفاده قرار گیرند. نیاز به سازگاری به نحو بارزی برای بخش کشاورزی آشکار و ضروری است. افزایش پیوسته تقاضا برای محصولات کشاورزی به منظور تأمین نیازهای جمعیت رو به رشد، در حال تبدیل شدن به اصلی ترین عامل مصرف آب م یباشد. در حالی که رشد جمعیت جهان از سال ۱۹۷۰ روند کندتری به خود گرفته است و انتظار می رود این روند ادامه پیدا کند، اما جمعیت ثابت هم چنان افزایش را نشان می دهد. توسعه اقتصادی، به ویژه در اقتصادهای نو ظهور به معنای افزایش تقاضا برای محصولات متنوع همچون تولیدات گوشتی و لبنی تلقی می شود که منجر به اعمال فشار اضافی به منابع آب خواهد شد. بخش کشاورزی که در مقیاس جهانی بزرگ ترین مصرف کننده آب است، هم چنین، منبعی برای تولید گازهای گلخانه ای و نیز یک قربانی برای گرم شدن جهانی خواهد بود. اگر چه بعضی از مناطق و بعضی از محصولات هنوز سودآور باقی خواهند ماند، اما بقیه متضرر خواهند شد. بیشتر اصلاحات متوجه مناطق پرجمعیت و فقیر در کشورهای در حال توسعه است.

پنج عامل اصلی مرتبط با تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی تأثیرگذار بوده که شدت و اهمیت آن در مناطق مختلف متفاوت



شکل ۱- روند نظریه اوزون در تغییر اقلیم

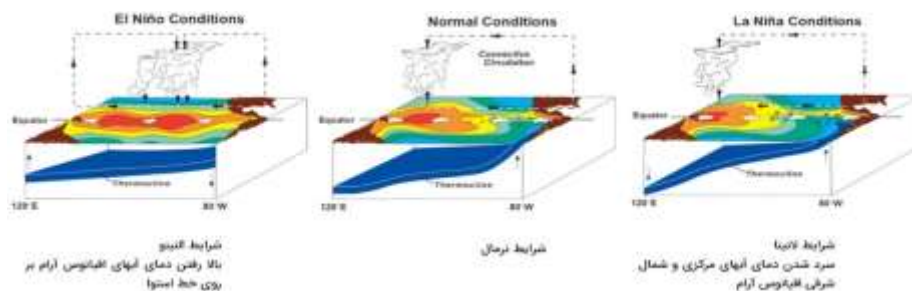
است. این عوامل عبارتند از افزایش دما، الگوی بارش شامل برف و بارندگی، تناوب رویدادهای حدی (سیل و خشکسالی)، افزایش سطح آب دریا و میزان دی‌اکسیدکربن. خلاصه‌ای از نحوه اثرگذاری این عوامل بر تولید غذا در شکل (۱) ارائه شده است. تفاوتی آشکار در تغییرپذیری اقلیم و واحدهای وابسته به آب در قاره‌ها وجود دارد که تا به حال در شبیه‌سازی‌های مبتنی بر مدل‌های اقلیم عمومی مورد توجه نبوده است. هرچند نتایج محدودی از چشم‌انداز اثرات تغییر اقلیم بر موازنه آب و بر آبیاری در دسترس می‌باشد، با این حال اثرات پنج عامل اصلی تغییر اقلیم که بر کشاورزی اثرگذار می‌باشند شامل موارد زیر است: کاهش عملکرد محصول و بهره‌وری کشاورزی در مناطقی که دما میزان رشد گیاهان را محدود می‌کند (اهمیت تغییر روزانه دما به اندازه تغییر روند کلی آن است). کاهش آب قابل دسترس در مناطقی که با کاهش بارش سالانه یا فصلی روبرو هستند. تشدید تغییرپذیری اقلیمی در مناطقی که هم‌اکنون بالاترین میزان تولید را دارند. کاهش ذخیره و ذوب زود هنگام برف زمستان موجب تغییر دبی جریان و اوج رواناب از فصل تابستان (همزمان با تقاضای بالا برای آب) به فصل بهار می‌شود. افزایش خسارت ناشی از امواج طوفانی و پیشروی آب شور و اختلاط آن با آبخوان‌های غیرشور آسیب پذیر در زمین‌های پست ساحلی که تحت تأثیر بالا آمدن سطح آب دریا قرار دارند و افزایش تبخیر تعرق گیاهان با افزایش دما می‌باشد.



شکل ۲- چرخه تولید کشاورزی متأثر از تغییر اقلیم

۳- نتایج و بحث

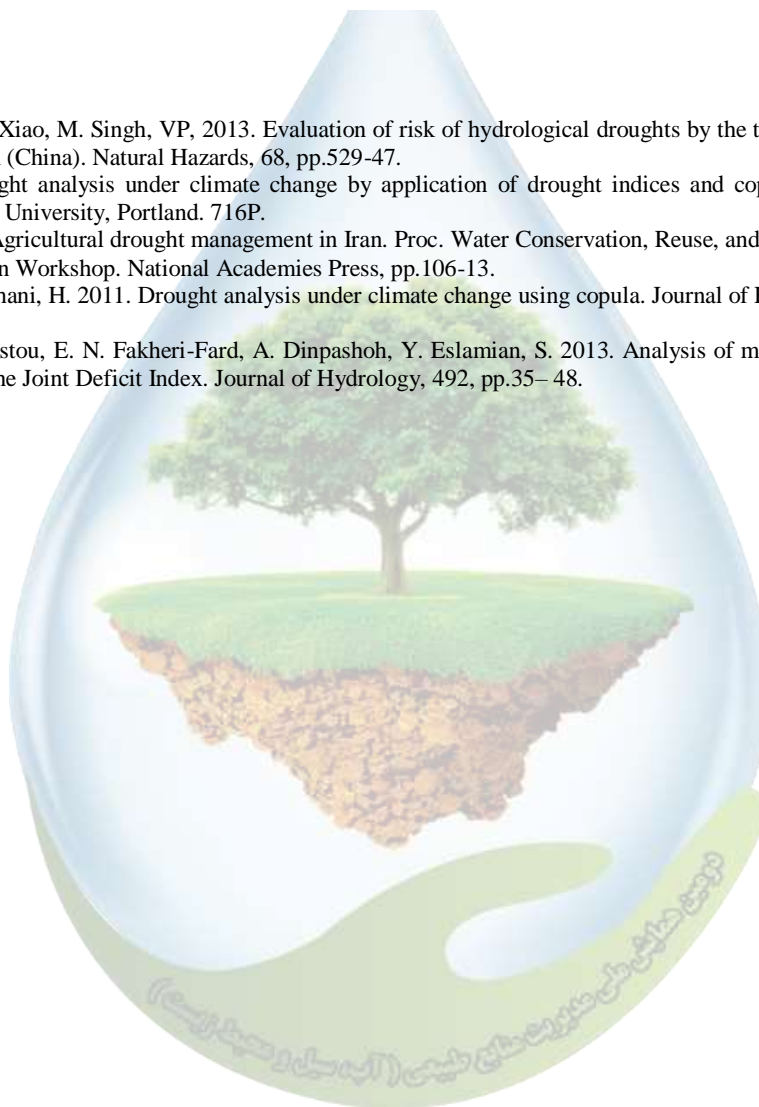
پدیده دور پیوند انسو یک پدیده مستمر و دینامیک است که در هر فاز آن تمایل به تغییر وضعیت و رسیدن به فاز مخالف مشاهده می‌گردد. انسو دارای سه فاز است؛ فاز گرم (النینو)، فاز سرد (لانینا) و شرایط خنثی. پدیده دور پیوند انسو حاصل اندرکنش اتمسفر و اقیانوس است که باعث سرد و گرم شدن آب سطح دریاها در اقیانوس آرام حاره‌های به صورت دورای می‌شود و آثار اقلیمی جهانی دارد. در واقع منشأ پدیده اقلیمی انسو، در اقیانوس آرام است، اما با یک مقیاس زمانی ۲ تا ۷ ساله بر اقلیم جهان اثر می‌گذارد. حاکم شدن شرایط النینو به معنای استقرار یک وضعیت خاص و پایدار آب و هوایی در مدت زمان طولانی نیست؛ زیرا در همین شرایط، تغییرات دمایی سطح آب‌وفشار هوا به گونه‌ای است که آب و هوا را به سوی شرایط لانینا سوق می‌دهد. البته دوره لانینا هم برای همیشه دوام ندارد و با تضعیف لانینا، النینو شروع می‌شود. به دلیل اینکه فاز سرد کم‌تر مشخص بوده و نسبت به فاز گرم یا النینو، کمتر موجب بروز فاجعه می‌گردد، لذا توجه کمتری به آن شده است. به عبارت ساده، النینو موجب تضعیف بادهای شرقی - غربی در اقیانوس آرام شده و تضعیف این بادهای خود موجب تشدید النینومی شود. این جفت‌شدگی و اندرکنش بسیار پیچیده بر اقلیم بسیاری از مناطق جهان تأثیرات زیادی اعمال می‌نماید.



شکل ۳- شرایط لایه‌های لائینا و النینو

۴- منابع و مراجع

- 1- Chen, YD. Zhang, Q. Xiao, M. Singh, VP, 2013. Evaluation of risk of hydrological droughts by the trivariate Plackett copula in the East River basin (China). *Natural Hazards*, 68, pp.529-47.
- 2- Yang W. 2010. Drought analysis under climate change by application of drought indices and copulas, Dissertations and Theses, Portland State University, Portland. 716P.
- 3- Mousavi, S-F. 2005. Agricultural drought management in Iran. *Proc. Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop*. National Academies Press, pp.106-13.
- 4- Madadgar, S. Moradkhani, H. 2011. Drought analysis under climate change using copula. *Journal of Hydrologic Engineering*, 18, pp.746-59.
- 5- Mirabbasi, R. Anagnostou, E. N. Fakheri-Fard, A. Dinpashoh, Y. Eslamian, S. 2013. Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. *Journal of Hydrology*, 492, pp.35- 48.



(بررسی تغییرات شاخص‌های جریان سیال در سدهای خاکی پس از خشکسالی بلندمدت)

علیرضا ترکاشون^۱، عباس‌علی قزل‌سوفلو*^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران، استادیار و عضو هیات علمی گروه عمران، واحد

مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

*^۲ ghezelsolfloo@gmail.com

چکیده

این پژوهش نشان می‌دهد تأثیر محیط غیراشباع فرسایش یافته و استفاده از توابع رطوبتی و هدایت هیدرولیکی وابسته به آن در آنالیز جریان غیرماندگار در نتایجی که در طول بازه زمانی فرسایش در محیط اشباع قرار گرفته‌اند کمتر بوده و با نزدیک شدن به خط فریاتیکی و محیط غیراشباع تأثیر این منحنی‌ها در نتایج واقع در این محیط بیشتر می‌باشد. با توجه به ارزیابی نتایج، انجام آنالیز بر مبنای محیط غیراشباع فرسایشی و استفاده از منحنی‌های مشخصه رطوبتی در کاهش میزان خطا در نتایج آنالیز تأثیرگذار است به طوری که با عدم استفاده از این منحنی‌ها مقدار خطا ۳ تا ۴ برابر نسبت به نتایج مدل غیراشباع افزایش داشته است. لذا تعیین و استفاده از توابع رطوبتی و هدایت هیدرولیکی وابسته به آن در آنالیز جریان غیرماندگار آن دسته از سدهای خاکی که ممکن است در معرض خشکسالی قرار گیرند لازم و ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: سد خاکی، خشکسالی، جریان هیدرولیکی، فرسایش

۱- مقدمه

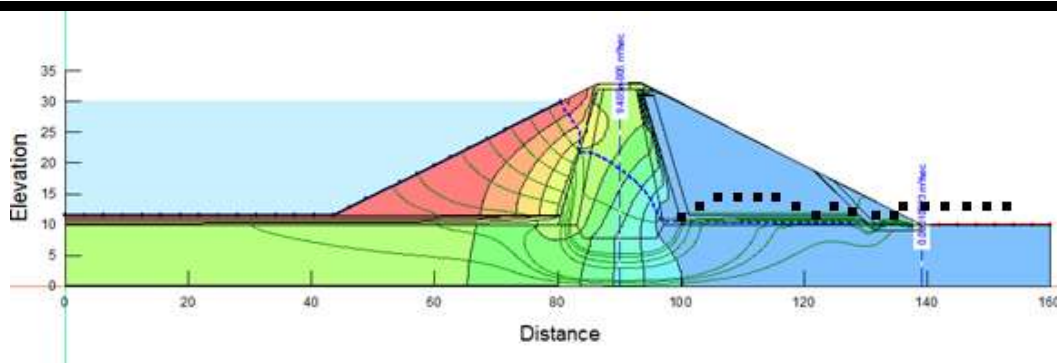
براساس مطالعات پیشین، عوامل مختلفی سبب ایجاد مسیرهای جریان در خاکریزها و پی آنها می‌شوند که موجب بروز تراوش کنترل نشده می‌گردند. برخی از این عوامل و شرایط عبارتند از ترک خوردگی خاکریز در اثر نشست جمع‌شدگی و یا جابه‌جایی پی، فیلترها و زهکش‌های غیر مؤثر، اتصال نامناسب خاکریز با پی و یا خاکریز با تکیه‌گاه و سست شدن سنگ‌ها در اثر فرسایش و هوازگی و به وجود آمدن مسیر تراوش. همچنین نتیجه تحقیقات نشان می‌دهد که اثرات نامطلوب تراوش نیز در پیامدهایی مانند گرادیان خروجی بالا و کنترل نشده، افزایش گرادیان‌های ورودی، افزایش فشار آب منفذی و تخریب سد خاکی در اثر نشت آب خلاصه می‌شوند. مطالعه بر داده‌های آزمایشی و مشاهدات طولانی مدت نشان می‌دهد که خشکسالی با ایجاد حالت ناپایدار رطوبت جایگزین خاک (خیسی غیرقابل برگشت) همراه است و تداوم خشکی متوسط (آزمایشی) و شدید (طبیعی) در تابستان باعث کاهش مقاومت خاک و تغییر دینامیک رطوبت خاک شده به طوری که سبب تخریب ساختمان خاک و منجر به تغییر در پارامترهای هیدرولیکی خاک می‌گردد و در نتیجه تغییراتی در مقدار رطوبت خاک به وجود خواهد آمد که پیامدهای مهمی در اکوسیستم‌های زمینی برای فرآیندهای متأثر از خاک مانند تنفس خاک، بهره‌وری خالص اولیه و

چرخه بیوشیمیایی خاک دارد (نجف آبادی، ۱۳۹۷). لذا می توان گفت در پدیده خشکسالی دو فرآیند متمایز ناشی از خشکی عمل می کند. در ابتدا فرسایش تدریجی مواد آلی به دلیل خشکی باعث بازسازی لایه آلی و کاهش ویژگی های نگهداری رطوبت در خشکی نسبت به شاهد می گردد (سوری، ۲۰۰۸). ثانیاً تغییرات در رطوبت خاک به دلیل دوره خشکی شدید و طبیعی بر تیمار شاهد و خشکی تأثیر می گذارد که پس از آن سطوح رطوبت خاک هیچ گاه به حالت اشباع نمی رسد، به طوری که رفتارها در این دوره تغییر کرده و مرز میان نقطه اشباع و اتمسفر که در آن آب های زیرزمینی عملاً تحت فشار جو تخلیه می گردند به زهکشی آزاد تغییر می کند.

۲- مواد و روش ها

در خصوص بررسی تراوش در پایداری سدهای خاکی می توان گفت در هر سطح خاک در شرایط مخزن پر، فشار آب حفره ای در طول بدنه سد ثابت خواهد بود اما اگر بنا به دلایل مختلف و برای مدت بسیار طولانی مخزن سد خالی باقی بماند فشار خارجی هیدرواستاتیکی پایدارکننده کاهش می یابد و موجب گسترش فشار آب حفره ای اضافی داخل خاکریز و کاهش ضریب اطمینان شیب بالادست می گردد. در نتیجه در این حالت موقعیت قرارگیری خط سطح آزاد آب به عنوان شاخص چگونگی توزیع فشار آب در درون سد خاکی دارای اهمیت ویژه ای می باشد، تا جایی که با توجه به مقدار ضریب نفوذپذیری مصالح پوسته بالادست، خط سطح آزاد آب می تواند دچار پسروی شود. همچنین در اثر افت تراز آب، گرادیان هیدرولیکی معکوسی به سمت بالادست سد ایجاد می گردد که متعاقباً تراز آب سد به تدریج در طول جریان خروجی دچار پسروی می شود (ژرارد، ۱۹۷۶). باید اذعان داشت که مقدار فشار آب حفره ای اضافی درون خاکریز سد، به شدت وابسته به وضعیت نفوذپذیری مصالح سد می باشد و با توجه به تغییرات شدید شاخص جذب رطوبت خاک در دوره خشکسالی، موجب بروز شرایط عدم اطمینان در عملکرد سازه سد در مواجهه با سیلاب محتمل می گردد (اردکانی، ۱۳۹۳). امروزه در طراحی سدهای خاکی فرض بر اشباع بودن محیط خاک می باشد اما این ساده سازی و صرف نظر از جریان غیراشباع برای مصالح فرسایش یافته صحیح نمی باشد، لذا لازمه مدل سازی جریان در محیط غیراشباع تعیین و استفاده از منحنی های مشخصه رطوبتی خاک و توابع هیدرولیکی وابسته به آن است زیرا در خاک های غیراشباع حجم آب محبوس در میان حفره ها با توجه به مقدار مکش در میان آن ها و منافذ تغییر می کند و با توجه به آن که مکش به صورت تفاوت میان فشار هوا و فشار آب تعریف می شود و محتوای آب در زمان و مکان تغییر می کند لذا تابعی نیاز است تا چگونگی تغییرات محتوای آب را در فشارهای متفاوت داخل خاک مشخص کند.

در این پژوهش ضمن مدل سازی ۱۴۸ نمونه سد فرضی در طی بازه زمانی با رفتار متغیر مصالح در چهل سال و همچنین تغییر در کدینگ برنامه Geostudio به بررسی نتایج حاصل از تراوش داخلی و خارجی در هر ثانیه از کل بازه زمانی در تمام نمونه ها پرداخته شده و بدین منظور از ترکیب سری ۱۶ پردازشگر ۸ هسته ای استفاده گردیده است که به عنوان مثال در نمونه ۷۳ پس از مدل سازی و همان طور که در شکل ۱ دیده می شود تلاش گردیده تا خطوط جریان به گونه ای انتخاب شوند تا ضمن عمود بودن بر خطوط هم پتانسیل بتوانند شکل های مربع گونه ای را جهت تشکیل المان های با چهار نقطه گوس تشکیل دهند. جهت مشاهده میزان دبی خروجی در هسته و در پنجه سد نیز دو خط Flux line در این نواحی رسم شد و میزان دبی خروجی در پنجه سد در حالت نرمال و در حالت فرسایش یافتگی برای این نمونه و در ثانیه ۱۰۷,۲۲۲,۰۰۰ به شرح جدول ۱ می باشد.



شکل ۱- رسم خطوط جریان، نمایش isoline، نمایش دبی جریان در هسته و پنجه

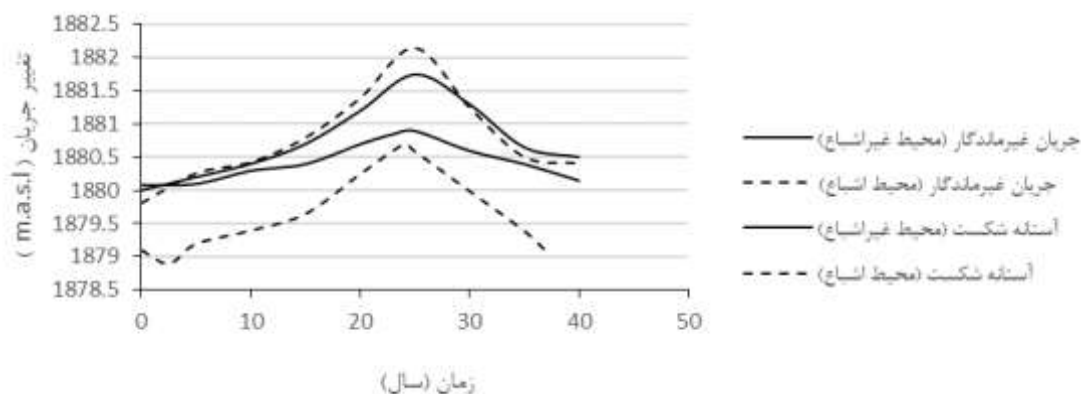
همان طور که دیده می شود فشار آب منفذی در تک دیفرانسیل افقی از بدنه سد براساس شکل فوق پس از عبور جریان تراوش از فیلتر بالادست با افت شدیدی در دامنه هسته رسی اتفاق می افتد و در قسمت انتهایی پایین دست هسته رسی به فیلتر و زهکش منتقل شده و در حالت نرمال با شیب مختصری به جریان ثابت تبدیل می گردد، اما در حالت فرسایش یافتگی میزان این خروجی (نقاط مربع سیاه رنگ که حاصل تغییر و برنامه نویسی در کدینگ نرم افزار می باشد) تا حدی زیاد است که در نقطه یابی از شرایط مرزی در پایین دست، حالت نشست مخزن بیش از حد مجاز و شبیه به فرایند رهاسازی می باشد.

جدول ۱- مقایسه میزان دبی خروجی در پنجه سد در حالت نرمال و فرسایش یافتگی

مقدار در نمونه ۷۳ ثانیه ۳۵۰,۰۰۰,۰۰۰		پارامتر
حالت متاثر از شرایط فرسایش یافتگی	حالت نرمال	دبی خروجی در پنجه در مخزن پر
$0.02 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.0001 \text{ m}^3/\text{s}$	

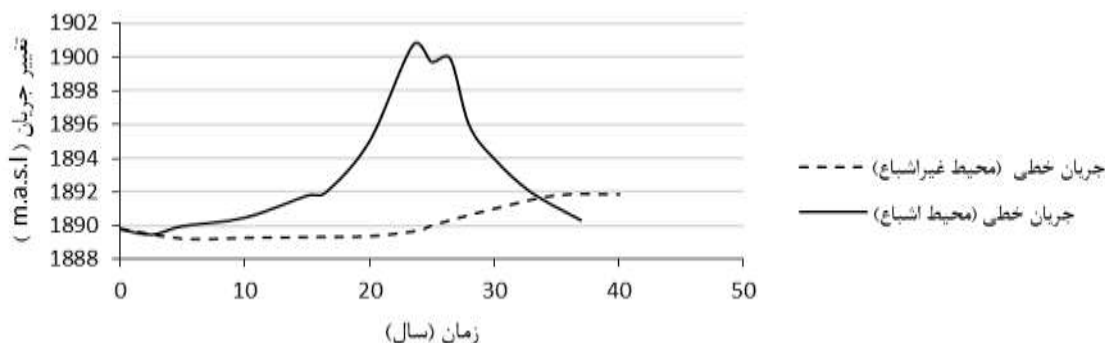
۳- نتایج و بحث

در خصوص تأثیر محیط غیراشباع در آنالیز جریان غیرماندگار در دوره پس از خشکسالی مطابق شکل ۲ بررسی نتایج نشان می دهد که روند تغییرات جریان در شرایط غیراشباع پس از فرسایش نسبت به شرایط اشباع از دامنه تغییرات کمتری برخوردار است. همچنین آستانه شکست ناشی از جریان، در شرایط غیر اشباع پس از فرسایش نسبت به حالت فرسایشی از حد بالاتری برخوردار است. نکته مهم در این شکل رفتار متغیر در عملکرد می باشد که به شکل کران های پایین در دو طرف حد حداکثر دیده می شوند.



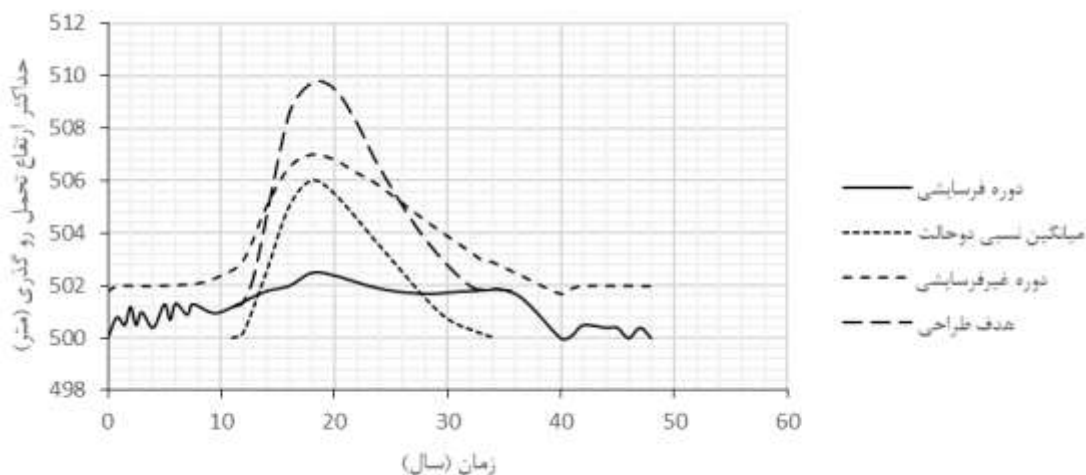
شکل ۲- مقایسه روند تغییرات جریان غیرماندگار و تغییرات آستانه شکست در شرایط اشباع و غیراشباع در دوره خشکسالی

مقایسه دامنه تغییرات حالت فرسایشی در شکل ۳ نیز نشان می‌دهد که جریان خطی در شرایط پس از شکست هیدرولیکی، دچار نوسان شدید در حد بالای خود می‌گردد. در حالی که این تغییرات در شرایط غیرفرسایشی بسیار کمتر است که البته این موضوع ناشی از آغاز شرایط تخریب و رهاسازی جریان می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه دامنه تغییرات جریان خطی پس از شکست در دوره فرسایش

همچنین بررسی سناریو شکست در شرایط سیلابی پس از خشکسالی نشان می‌دهد که حد تحمل روگذری مطابق شکل ۴ به مقدار زیادی افت نموده و ضرائب اطمینان در بازه متاثر از زمان، به شدت افت می‌نماید.



شکل ۴- روند تغییر حدود تحمل روگذری

۴- نتیجه گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهند که می‌توان پیامدهای متاثر از فرونشست اقلیم خشکسالی را در شکاف رویه پایین دست و کاهش ارتفاع آزاد خلاصه نمود، که این عوامل در کنار پیامدهای دیگر خشکسالی مانند افزایش تراوش کنترل نشده در بدنه که پدیده‌های رگاب یا پاپینگ را به دنبال دارند موجب توسعه شکاف در پایین دست و شکست ناشی از آن یا تشدید بحران در حالت روگذری می‌گردند. همچنین مشاهده می‌شود که افزایش نفوذپذیری در راستای افقی (فرسایش مصالح)، باعث حرکت راحت تر آب موجود در سد در راستای افقی و به سمت پایین دست سد گردیده و خط سطح آزاد آب در ارتفاع بالاتری با پائین دست برخورد می‌نماید به طوری که هر مقدار سرعت افت تراز آب بیشتر باشد پسروی خط آزاد آب آهسته تر شکل می‌گیرد. همچنین افزایش نفوذپذیری در راستای افقی موجب می‌گردد که در هنگام وضعیت افت سریع، خط سطح آزاد آب کندتر پسروی نموده و باعث افزایش مقدار فشار آب حفره‌ای در بالادست سد (نزدیک به شیب بالادست) شده و در نتیجه

ناپایداری بیشتر شیب بالادست را در این وضعیت به همراه خواهد داشت. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تأثیر محیط غیراشباع فرسایش یافته و استفاده از توابع رطوبتی و هدایت هیدرولیکی وابسته به آن در آنالیز جریان غیرماندگار در نتایج مدل‌سازی مؤثر است در مقایسه مدل در محیط اشباع و غیر اشباع تایید می‌نماید که تأثیر منحنی‌های رطوبتی در نتایجی که در طول بازه زمانی فرسایش در محیط اشباع قرار گرفته‌اند کمتر بوده و با نزدیک شدن به خط فریاتیگ و محیط غیراشباع تأثیر این منحنی‌ها در نتایج واقع در این محیط بیشتر می‌باشد. با توجه به ارزیابی نتایج، انجام آنالیز بر مبنای محیط غیراشباع فرسایشی و استفاده از منحنی‌های مشخصه رطوبتی در کاهش میزان خطا در نتایج آنالیز تأثیرگذار است به طوری که با عدم استفاده از این منحنی‌ها مقدار خطا ۳ تا ۴ برابر نسبت به نتایج مدل غیراشباع افزایش داشته است و مشاهده می‌شود که انجام آنالیز بر مبنای محیط غیراشباع در کاهش میزان همبستگی نتایج قابل ملاحظه‌ای داشته است. لذا با توجه به نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی در دو محیط اشباع و غیراشباع، استفاده از محیط غیراشباع که لازمه آن تعیین و استفاده از توابع رطوبتی و هدایت هیدرولیکی وابسته به آن است در آنالیز جریان غیرماندگار آن دسته از سدهای خاکی که ممکن است در معرض خشکسالی قرار گیرند لازم و ضروری می‌باشد. همچنین افزایش نفوذپذیری در راستای افقی باعث می‌گردد که در هنگام وضعیت افت سریع، خط سطح آزاد آب کندتر پسروی کند و از آن جا که پسروی خط سطح آزاد آب در تمام نرخ‌های افت سرعت و در تمام نسبت‌های مختلف ناهمسانی نسبتاً نزدیک به هم هستند بنابراین می‌توان عنوان نمود:

الف) افزایش نفوذپذیری حاصل از فرسایش در راستای افقی باعث راحت‌تر حرکت کردن آب موجود در سد در راستای افقی و در واقع به سمت پایین دست سد می‌گردد. در نتیجه در صورت عدم وجود زهکش و یا عملکرد مناسب آن در اثر فرسایش می‌تواند موجب بروز شرایط بحرانی تر در شیب پایین دست گردد.

ب) افزایش نفوذپذیری در راستای افقی (فرسایش مصالح)، در وضعیت افت سریع باعث می‌گردد که خط سطح آزاد آب کندتر پسروی کند و باعث افزایش مقدار فشار آب حفره‌ای در بالادست سد (نزدیک به شیب بالادست) می‌شود و در نتیجه ناپایداری بیشتر شیب بالادست در این وضعیت را به همراه می‌آورد.

ج) تأثیر ناهمسانی مصالح متأثر از فرسایش در حالت سرعت‌های پایین افت به مراتب بیشتر از سرعت‌های بالای افت تراز آب است. پسروی خط سطح آزاد آب در تمام نرخ‌های افت سرعت و در تمام نسبت‌های مختلف ناهمسانی نسبتاً نزدیک به هم هستند.

۵- منابع و مراجع

- ۱- اردکانی، ر. ض. (۱۳۹۳، آذر). اثر ناهمسانی مصالح و سرعت افت تراز آب مخزن بر روی پسروی خط سطح آزاد آب در سدهای خاکی همگن. اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک و مهندسی پی دانشگاه رجایی. تهران
- ۲- نجف‌آبادی، محمدجواد وحیدی، رسول میرعباسی (۱۳۹۷). بررسی اثرات خشکسالی بر ایجاد حالت پایدار رطوبت خاک (اثر متقابل ساختمان خاک، هیدرولیک و اقلیم). هفدهمین کنفرانس ملی هیدرولیک ایران، دانشگاه شهرکرد.
- 3- Sowerby, A. E. (2008) Contrasting effects of repeated summer drought on soil carbon efflux in hydric and mesic heathland soils. *Global Change Biology*. p:2404-2388
- 4- Sherard, S. P. (1976) *Earth and eart rock dams*. Wiley, New York., p:23-49

مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب نامتعارف

لیلی قربانی مینائی^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۲، عباس رضایی اصل^۳ و حمیدرضا میرکریمی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴ دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
(Email: leyli.ghorbani.minaei@gmail.com) * ۱

چکیده

با افزایش جمعیت، مصرف سرانه آب مسلماً رو به افزایش می‌گذارد، این در حالی است که در سال‌ها و دهه‌های اخیر خشکسالی بیشتر مناطق به‌ویژه ایران را فرا گرفته است. با توجه به کمبود آب و ضرورت توجه به آن، استفاده‌ی مجدد و بازیابی آب‌های مصرفی ضروری می‌باشد. از آب‌های نامتعارف می‌توان به آب‌های شور و لب‌شور، زهاب، فاضلاب‌های شهری، صنعتی و... اشاره نمود که امروزه تصفیه آن‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. با تصفیه این منابع تا حد قابل قبولی می‌توان برای مواردی غیر از موارد شرب، از آن‌ها استفاده بهینه نمود. تحقیق حاضر به ویژگی‌های کلی آب‌های نامتعارف به عنوان بخشی از منابع جبران‌کننده نیازها در بخش کشاورزی، مدیریت این آب‌ها و شرایط بهره‌برداری از آن‌ها جهت حفظ کیفیت آب و خاک به‌صورت صحیح پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: آب شور، اثرات زیست محیطی، پساب، زهاب، منابع آب و خاک

۱- مقدمه

احیای آب باید نقش مهم و فزاینده‌ای در مدیریت منابع آب ایفا کند. بازیافت و احیای آب باید به‌طور مداوم در گستره جهان انجام شود. زیرا تولید فاضلاب به‌طور نسبی در حال افزایش است. به‌طور هم‌زمان، بارش به‌طور قابل توجهی در هر سال کاهش یافته است. کمبود آب تا زمانی که جمعیت رشد می‌کند، ادامه خواهد یافت و امکانات بازیافت و بازچرخش آب با استفاده از سیستم غیرمتمرکز، به جبران تقاضا برای آب آشامیدنی به‌وسیله جایگزینی آب احیا شده در مصارف غیرشرب کمک خواهد کرد (۱۲). یکی از راه‌کارهای اصلی برای مقابله با مسأله‌ی بحران آب، کاربرد زنجیره‌ای متناسب با تغییر در بخش‌های متنوع مصرف می‌باشد. راه حل دیگر، استفاده‌ی بهینه از آب‌های متعارف و موجود و کاربرد سیستم‌های آبیاری با بازدهی بالا می‌باشد (۲).

با توجه به حفاظت و مدیریت منابع خاک، ضمن افزایش کیفیت خاک، بدون شک اثرات قابل توجهی بر افزایش کمی منابع آب و بهره‌وری آن و همچنین ارتقاء کیفیت آب دارد. توجه کافی به مدیریت و حفاظت خاک، ضمن کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد کشاورزان، حداقل باعث ۱۰٪ افزایش بهره‌وری آب و تولید محصول می‌گردد. حفظ و حراست از آب و خاک به منظور حفظ و افزایش تولیدات کشاورزی و دامی و در نهایت ادامه حیات و رفاه بشر امری ضروری است (۱۰).

۱-۱- آب نامتعارف

منابع آبی نامتعارف به آن دسته از آب‌هایی اطلاق می‌شود که از آن‌ها به صورت معمول نمی‌توان استفاده کرد و برای به کارگیری آن‌ها نیاز به اعمال سیاست‌های مدیریتی و حفاظتی ویژه می‌باشد. در اکثر کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان مثل ایران منابع آبی روز به روز کمیاب‌تر می‌شود، لذا استفاده از آب‌های نامتعارف ضروری به نظر می‌رسد. به‌طور کلی آب‌های نامتعارف را می‌توان در سه دسته‌ی کلی آب‌های شور، زه‌آب‌ها و پساب یا فاضلاب (شهری، صنعتی و کشاورزی) تقسیم کرد (۶).

۱-۲- آب شور

آب‌های شور آب‌هایی هستند که املاح موجود در آنها زیاد است. بسیاری از منابع آب‌های زیرزمینی موجود در ایران دارای املاح زیاد می‌باشند و با توجه به کمبود منابع آبی استفاده از این آب‌ها ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. مطالعات مختلف در جهان حاکی است که کاربرد آب‌های با غلظت زیاد املاح بدون در نظر گرفتن مدیریت مناسب می‌تواند، سبب کاهش جذب آب توسط ریشه گیاه شده و در نتیجه از کیفیت و کمیت محصول کاسته می‌شود. ولی تا زمانی که مقدار شوری از حد معینی (آستانه شوری) تجاوز نکند گیاه عملاً تحت تأثیر واقع نمی‌شود و عملکرد محصول کاهش نخواهد یافت. اما با افزایش شوری نسبت به این آستانه، مقدار محصول مرتباً کاهش می‌یابد تا به صفر برسد. آبیاری با آب با شوری ملایم ممکن است کیفیت تولیدات را با افزایش میزان ماده خشک و غلظت قند میوه بهبود بخشد. در هر حال به کارگیری طولانی مدت آب شور برای آبیاری، تبخیر و تعرق و پتانسیل آب برگ گیاه را کاهش می‌دهد. در مجموع شوری دارای دو تأثیر عمده بر خاک و گیاه است:

- ۱- افزایش فشار اسمزی (کاهش پتانسیل اسمزی) به واسطه افزایش غلظت نمک در خاک، ۲- ایجاد تنش فیزیولوژیک ناشی از عدم توازن آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سلول گیاهی (۹).

از جمله راه‌کارهای مدیریتی برای استفاده از این آب‌ها؛ حتماً باید عمل آبیاری انجام شود و در مناطق دارای چنین آب‌هایی، باید گیاهانی کشت شوند که به شوری آب آبیاری موجود مقاوم باشند. در این رابطه راه‌کارهای متفاوتی جهت افزایش تولیدات کشاورزی وجود دارد که از جمله‌ی آن می‌توان کاشت گیاهان مقاوم به شوری، کاهش فاصله آبیاری به منظور جذب بهتر آب توسط گیاه، مصرف آب بیشتر به منظور آبیاری، استفاده از آبیاری قطره‌ای، افزایش راندمان کاربرد آب و تلفیق آب شور و شیرین به منظور کاهش غلظت نمک در آبیاری را نام برد (۸).

۱-۳- زه‌آب

منظور از زه‌آب آبی است که در اثر عمل زهکشی از مزرعه خارج می‌شود، در شرایطی که آب آبیاری با کیفیت مناسب محدود و کمیاب است به کارگیری مجدد زه‌آب برای استفاده در اراضی فاریاب از قابلیت‌های خاصی برخوردار است اما استفاده از زه‌آب همانند آب شور نیاز به مدیریت مناسب دارد و هر گیاهی را نمی‌توان با زه‌آب آبیاری نمود (۶).

یون‌های ویژه (سدیم، کلر و بر) و عناصر مغذی (فسفر و نیتروژن) و سموم آفت‌کش و هدایت‌الکتریکی از شاخص‌های کیفی مهم برای زه‌آب‌های کشاورزی هستند. کیفیت زه‌آب‌های کشاورزی بستگی به نوع سامانه‌های زهکشی، الگوی کشت، وضعیت اقلیمی و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آبیاری و خاک دارد. در زه‌آب‌های زیرزمینی، کلرید سدیم و سولفات سدیم بیش از دیگر نمک‌ها وجود دارد. زه‌آب‌ها ممکن است حاوی انواع دیگر ترکیبات شیمیایی و یا غلظت‌های زیاد بر، سلنیوم، آرسنیک و دیگر یون‌ها باشند. تجمع مواد مغذی در زه‌آب‌های کشاورزی و راه‌یابی آن به آب‌های سطحی و زیرزمینی یک چالش مهم زیست محیطی است. مواد مغذی بویژه نیتروژن و فسفر زه‌آب بر آلودگی منابع آب می‌افزاید. باید توجه شود که غلظت سموم و آفت‌کش‌ها در زه‌آب‌های سطحی بیش از زه‌آب‌های زیرزمینی است (۳). از جمله موارد استفاده از زه‌آب کشاورزی می‌توان به کشاورزی سنتی، پرورش گیاهان مقاوم به شوری، سیستم‌های استفاده مکرر از زه‌آب، زیستگاه‌های حیات وحش و تالاب‌ها، آبیاری اولیه اراضی شور و آبیاری محصولات زراعی اشاره نمود. جهت جلوگیری از آلودگی منابع آب و خاک

بدلیل تخلیه و رهاسازی زه‌آب‌های کشاورزی، راه‌کارهای ذیل پیشنهاد می‌گردد: ۱- کاهش استفاده از کودهای شیمیایی (از ته و فسفره) و سموم شیمیایی ۲- حفظ پوشش گیاهی در زمستان و اجتناب از آیش (حفظ پوشش گیاهی تا حد ممکن از طریق جذب نیتروژن معدنی، از تشکیل نیتروژن محلول و نفوذ آن به درون خاک طی مواقع بارندگی جلوگیری می‌کند). ۳- مدیریت فاصله زمانی بین کشت محصولات زراعی ۴- آموزش کشاورزان در خصوص استفاده و نحوه توزیع مناسب کود و سموم ۵- استفاده از روش‌های نوین و کارآمد آبیاری بمنظور جلوگیری از هدررفت آب و ایجاد زه‌آب سطحی و زیرزمینی ۶- استفاده از زهکشی کنترل شده (۱۱). برخی از روش‌های متداول تصفیه زهاب‌های کشاورزی که اغلب هزینه‌بر نیز می‌باشند، در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱) روش‌های متداول تصفیه زهاب‌های کشاورزی (۱)

روش	مراحل	شده تصفیه یا شده حذف مواد
فیزیکی یا شیمیایی	ته نشینی یا منعقدسازی	حذف رسوبات و مواد چسبیده به آن‌ها در حوضچه‌های رسوب‌گیر با افزودن یا بدون افزودن مواد منعقدکننده.
	جذب	حذف مواد محلول توسط سطوح جذب کننده
	تبادل یونی	تبادل مواد با عناصر دیگر توسط رزین‌های تبدالی
	اسمز معکوس	جداسازی املاح و عناصر محلول با استفاده از فشار و غشاء نیمه تراوا
بیولوژیکی	منعقدسازی یا ترسیب	استفاده از مواد شیمیایی نظیر آلوم برای لخته‌سازی یا ترسیب مواد نگران کننده
	احیا یا اکسیداسیون	کاهش عناصر محرک و اکسیده (مانند سلینات) و تبدیل آن‌ها به شکل احیاء و غیر محرک (مانند سلنیم عنصری) توسط فرآیندهای بیولوژیکی
	تبخیر	برخی گیاهان و میکروب‌ها قادر به جذب عناصر آلاینده نظیر سلنیوم بوده و آن را به شکل متیل شده به اتمسفر بخار می‌کنند.
	جذب گیاهی یا جلبکی	برخی گیاهان و جلبک‌های خاکی مشخص قادر به جداسازی مقادیر زیادی از عناصر مانند سلنیوم، نیترات و مولیبدیم هستند.
	تالاب های مصنوعی	عنصری مانند سلنیوم و فلزات سنگین را از زهاب حذف می‌کنند. مکانیسم حذف برای سلنیوم اصولاً احیای آن به شکل عنصری یا آلی در مواد تجزیه‌پذیر است.

۱-۴- پساب فاضلاب

فاضلاب حاصل از مصرف آب در زندگی روزمره انسان از ۹۹/۹ درصد آب و ۰/۱ درصد مخلوطی از مواد معلق معدنی و آلی و گازها تشکیل شده است (۱۵).

استفاده صحیح از پساب‌های شهری علاوه بر گسترش پوشش گیاهی، از یک طرف از آلودگی محیط زیست جلوگیری می‌نماید و از طرف دیگر با دارا بودن عناصر مغذی، علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، باعث کاهش هزینه مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. به همین دلیل به عنوان منابع آب و کودی ارزان قیمت مورد توجه قرار گرفته است (۵). پیشنهادهای توسط (۱۴ و ۱۶) برای حداکثر کردن فواید حاصل از آبیاری با فاضلاب و به حداقل رساندن خطرات آن گزارش شده است: ۱- استفاده از روشهای آبیاری مناسب و انتخاب گیاهان مناسب برای آبیاری با فاضلاب که احتمال انتقال آلودگی‌ها و پاتوژن‌ها توسط آن‌ها به بدن مصرف کنندگان کمتر باشد. ۲- استفاده از پوشش‌هایی مثل چکمه و دست‌کش توسط کارگرانی که در معرض فاضلاب هستند. ۳- پیاده‌سازی برنامه‌های پزشکی منظم به منظور پیشگیری از بیماری‌ها با استفاده از داروهای ضد انگلی. ۴- مدیریت برداشت محصولات با شستشو و بهبود روش‌های ذخیره و نگهداری آن‌ها. ۵- ترکیب استفاده از فاضلاب و آب شیرین برای پایین آوردن سطح مخاطرات و افزایش مزایا با تامین مواد مغذی در یک سطح وسیع‌تر. ۶- مدیریت فاضلاب از بالادست و تصفیه آن با حداقل هزینه. ۷- آموزش و ارتقاء سطح آگاهی کشاورزان، مصرف کنندگان محصولات و نهادهای دولتی ذیربط. ۸- پیاده سازی برنامه پایش منظم پارامترهای زیست محیطی، سلامتی و بهداشت مواد غذایی. پساب و لجن فاضلاب حاوی مقادیر زیادی از عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین نیز می‌باشند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌-

شوند، گیاه این عناصر را نیز جذب می‌کند. جذب عناصر کم مصرف و فلزات سنگین به مقدار زیاد به وسیله گیاه می‌تواند سبب آلودگی زنجیره غذایی انسان و دام شود. قابل توجه است برای پیشگیری از جذب بیش از حد فلزات سنگین توسط گیاه، برخی از کشورها و همچنین سازمان حفاظت محیط‌زیست و سازمان بهداشت جهانی قوانینی وضع کرده‌اند و حدودی را نیز برای غلظت عناصر و ویژگی‌های مختلف پساب‌ها تعیین نموده‌اند (۱۳ و ۱۷).

پساب تصفیه شده از چند جنبه حائز اهمیت می‌باشد: ۱- پساب تصفیه شده به‌عنوان یک منبع آبی مطرح بوده و بایستی با اهداف سودمندانه مصرف شود. ۲- باعث می‌شود حجم معادل آب با کیفیت بهتر در بخش‌های دیگر (شرب و صنعت) استفاده شود. ۳- پساب‌ها وارد رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی نشوند تا آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی کاهش یابد ۴- قیمت تهیه آب از پساب در مصارف غیرآشامیدنی بسیار نازل است (۷). پساب‌های شهری دربرگیرنده بقایای موادآلی، آلودگی‌های بیولوژیک، املاح و مواد شیمیایی مختلف از جمله مواد پاک‌کننده است. این حجم آب برگشتی می‌تواند در آبیاری درختان جنگلی و در صورتی که از عدم آلودگی میکروبی و باکتریایی اطمینان حاصل شود در آبیاری برخی از محصولات که به‌صورت غیرخام مصرف می‌شوند به کار گرفته شود. تحقیقات نشان می‌دهد در صورتی که از پساب تصفیه شده در روش‌های آبیاری زیرزمینی و یا قطره‌ای استفاده شود نه تنها باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و در برخی موارد بهبود کیفیت خاک می‌شود بلکه از جنبه‌های بهداشتی و زیست محیطی نیز تأثیر سویی به‌جای نمی‌گذارد. علاوه بر مصرف فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی و تأمین نیازآبی گیاه، می‌توان این آب‌ها را در پرورش آبزیان، صنایع و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی نیز به کار برد (۴).

۲- نتیجه‌گیری

استفاده از آب‌های نامتعارف با توجه به محدودیت منابع آب شیرین می‌تواند یکی از راه‌های توسعه بخش کشاورزی محسوب شود. با استفاده مجدد از زهاب‌ها، فاضلاب‌ها و آب شور بهره‌وری آبیاری می‌تواند افزایش یابد، اما به‌دلیل پایین بودن کیفیت آب موجب تنزل خصوصیات خاک، کاهش عملکرد گیاه و آلودگی منابع آبی بازگشتی به چرخه هیدرولوژیکی می‌شوند. بطور کلی می‌توان گفت: پایداری و موفقیت استفاده از آب‌های نامتعارف به نحوه برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و مدیریت آن بستگی دارد، بطوری‌که برنامه‌ریزی و مدیریت ضعیف ممکن است نتایج نامطلوب اقتصادی، اجتماعی، مخاطرات سلامتی و زیست- محیطی زیادی را به بار آورد.

۳- منابع و مراجع

۱. اکرم، م.، لیاقت، ع. و حسن‌اقلی، ع. ۱۳۸۶. مدیریت زهاب کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۳۱۳ ص.
۲. بخردی پور، ک.، و قاسمیه، ه. ۱۳۹۰. استفاده از آب‌های نامتعارف در مدیریت بحران آب (مطالعه‌ی موردی: دشت کاشان). همایش بحران آب در دشت کاشان. دانشگاه کاشان.
۳. خرمیان، م.، میرزاشاهی، ک.، و عزیزکریمی، ف. ۱۳۹۱. بهره‌برداری بهینه از پساب‌ها در آبیاری اراضی کشاورزی. نشریه فنی مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، ۲۱ صفحه.
۴. عابدی کوپایی، ج. ۱۳۸۹. لزوم برنامه‌ریزی هدفمند برای کاربرد پساب تصفیه شده به‌عنوان منبع آب رو به رشد در تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی کشور. دومین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب. مشهد.
۵. عرفانی، ع.، حق‌نیا، ع.، و علیزاده، ا. ۱۳۸۱. تأثیر آبیاری با فاضلاب بر عملکرد و کیفیت کاهو و برخی ویژگی‌های خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (۱۱) ۶: ۷۱-۹۰.
۶. فولادمند، ح. ر. ۱۳۸۸. اصول آبیاری. انتشارات نوید شیراز، ۲۲۳ ص.

۷. قزل سولفو، ع.، باغداردخت، ز.، و رجبزاده، م. ۱۳۸۷. تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی با استفاده از پساب تصفیه شده. اولین سمینار ملی جایگاه آب‌های بازیافتی و پساب در مدیریت منابع آب، چالشها و راهکارها. مشهد.
۸. کردوانی، پ. ۱۳۸۷. منابع و مسائل آب در ایران. آب‌های شور، مسائل و راهکارهای استفاده از آن‌ها. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۲۵۸ص.
۹. منصوری، ح. ۱۳۹۰. روش‌های مدیریتی استفاده از آب شور در کشاورزی پایدار. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. زنجان.
۱۰. یادگاری، س. ۱۳۹۵. نقش مدیریت منابع آب و خاک و توسعه پایدار. اولین همایش ملی مدیریت بحران، ایمنی، بهداشت، محیط زیست و توسعه پایدار. تهران.
۱۱. یرمی، ن.، حاتمی، م.، و عزیزیان، ا. ۱۳۹۷. نگاهی اجمالی به ضرورت استفاده از آب‌های نامتعارف در مناطق خشک و نیمه خشک و اثرات زیست محیطی کاربرد آن‌ها. ششمین کنفرانس علمی پژوهشی مدیریت منابع آب و خاک. کرمان.
12. Asano, T. 1998. Wastewater Reclamation and Reuse. Water Quality Management Library, Vol. 10, Technomic Publishing Company, Inc., USA, ISBN 1-56676-620-6.
13. Chaney, R. L. 1989. Scientific analysis of proposed sludge rule. Biocycle 30: 80-85.
14. IWMI (International Water Management Institute). 2003. Confronting the realities of wastewater use in agriculture, in: Water Policy Briefing 9, IWMI, Colombo, Sri Lanka, 6 pp.
15. Metcalf & Eddy. 2003. "Wastewater Engineering, Treatment and Reuse." Forth Edition, McGraw Hill.
16. Scott, C.A., Faruqui, N.I., Raschid-Sally, L. 2004. Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihoods and Environmental Realities, CABI Publishing, Wallingford, UK, 193 pp.
17. Singh, B. R. and E. Steinnes. 1994. Soil and water contamination by heavy metals. PP. 233-271. In: La1, R. and Stewarts, B. A. (Eds.), Soil Processes, CRC Press, USA.



مطالعه اثر کودهای مختلف بر عملکرد دانه کلزا در شمال شرق استان گلستان

مهرداد سارلی^۱، عبداللطیف قلی زاده^{۲*}، معصومه نعیمی^۲، حسین صبوری^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گنبدکاووس، ^۲ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه گنبدکاووس

*رایانامه نویسنده مسوول: (latif_gholizadeh@yahoo.com)

چکیده

با توجه به افزایش جمعیت، بهبود عملکرد گیاهان زراعی از جمله کلزا اهمیت زیادی داشته و یکی از روش‌های افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده از کود می‌باشد. لذا این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر کاربرد کودهای مختلف بر عملکرد دانه کلزا در شهرستان گنبدکاووس و رقم هایولا ۵۰ در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. طرح آزمایشی مورد استفاده، بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. پنج تیمار مورد مطالعه شامل ۱. عدم مصرف کود (شاهد) ۲. ۱۰۰ کیلوگرم کود از ته ۳. ۲۰۰ کیلوگرم کود از ته، ۴. اسیدهیومیک و ۵. کود زیستی بیوفارم بودند. مصرف کود نیتروژن و اسیدهیومیک، در دو مرحله شروع ساقه‌دهی و شروع غلاف‌دهی بود و کود مایع بیولوژیک بیوفارم، به صورت بذرمال با غلظت ۱۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت. یک سوم کود نیتروژن در زمان شروع ساقه‌دهی و مابقی در زمان شروع غلاف‌دهی به کار برده شد. کاربرد اسیدهیومیک نیز در زمان شروع ساقه‌دهی به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار (خاک مصرف) و در زمان شروع غلاف‌دهی محلول پاشی به میزان یک لیتر در هکتار انجام شد. نتایج نشان داد تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال یک درصد نشان دادند به طوری که بالاترین (۲۱۲۴ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین عملکرد دانه (۹۵۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای اسیدهیومیک و شاهد مشاهده گردید. لذا با توجه به نتایج این آزمایش، استفاده از کود اسیدهیومیک در دو زمان شروع ساقه‌دهی به صورت خاک مصرف و در زمان شروع غلاف‌دهی به صورت محلول پاشی، جهت بهبود عملکرد دانه کلزا توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: عملکرد دانه، گلستان، مدیریت زراعی.

۱- مقدمه

کلزا با نام علمی *Brassica napus L.* به تیره شببو تعلق دارد. کلزا گیاهی است یک‌ساله و با تیپ‌های رشدی بهاره و پاییزه که ارقام پاییزه آن در شرایط آب و هوایی معتدل، خنک و مرطوب حداکثر عملکرد را تولید می‌کند. زراعت کلزا در ایران، در بسیاری از مناطق با توجه به ارقام و تاریخ‌های کاشت مناسب، موفق بوده است. طبق آخرین آمار سازمان فائو (۱)، سطح زیر کشت جهانی کلزا در سال ۲۰۱۴ بیشتر از ۳۵ میلیون هکتار بوده است که از نظر تولید روغن در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی بعد از سویا مقام دوم را به خود اختصاص داده است. ارقام اصلاح شده فعلی، در مقایسه با روغن‌هایی مانند آفتابگردان، سویا و ذرت، به دلیل برخورداری از اسیدهای چرب اشباع نشده و فاقد کلاسترول از اهمیت بیشتری برخوردار است. دانه کوچک کلزا حاوی بیشتر از ۴۰ درصد روغن است. به علاوه، کنجاله کلزا با دارا بودن ۴۶ تا ۴۷ درصد پروتئین از کنجاله‌های مناسب برای خوراک دام بشمار می‌آید (۱).

در کشاورزی، عنصر نیتروژن به عنوان ماده غذایی اولیه محسوب می‌شود. مدیریت خاک‌ها در رابطه با حفظ و حراست از این عنصر گرانبها به عهده‌ی دانشمندان خاکشناس، میکروبیولوژیست‌ها، متخصصان ژنتیک، محققان بیولوژی مولکولی و فیزیولوژیست‌ها است تا بتوان به استراتژی‌های کوتاه مدت و بلند مدتی در زمینه چگونگی استفاده بیشتر از نیتروژن اتمسفری و افزایش تثبیت زیستی در خاک و جلوگیری از اتلاف آن به طرق مختلف دست یافت (۱). نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد، بنابراین کمبود نیتروژن سبب زرد شدن برگ‌های پیر و در نهایت توقف رشد گیاه می‌شود (۲). لذا با توجه به مطالب فوق، هدف تحقیق در این آزمایش، بررسی اثر مصرف کودهای نیتروژنی، اسیدهیومیک و کود زیستی بیوفارم بر صفات کیفی و کمی کلزا (هایولا ۵۰) در شرایط اقلیمی گنبدکاووس بود.

۲- مواد و روش‌ها

این مطالعه، در مزرعه‌ای واقع در روستای قزلجه از توابع شهرستان گنبدکاووس، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام گردید. محصول سال قبل در این مزرعه، گندم بوده است. قبل از آغاز فصل زراعی، مزرعه موردنظر، با گاو آهن برگردان‌دار شخم زده شد (عمق ۳۰ سانتی متر). در اوایل پاییز همان سال به محض مساعد شدن شرایط محیطی یک شخم سطحی، دیسک و ماله کشی به منظور خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح زمین انجام گردید. جهت تجزیه خاک چهار نمونه از ۴ نقطه مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی متری تهیه و به آزمایشگاه تخصصی آب و خاک (موسسه آب خاک گیاه صفای گنبدکاووس) برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارسال شد. بر اساس تاریخ کاشت رایج در منطقه، کاشت در تاریخ ۴ دی ماه ۱۳۹۶ انجام شد و بذر کلزا مورد استفاده در این مطالعه، رقم هایولا ۵۰ و تراکم آن ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله خطوط کاشت، ۲۴ سانتیمتر، فاصله بین بوته‌ها روی خط ۲۰-۱۵ سانتیمتر، طول خط کاشت ۶ متر و تعداد خط کشت، ۴ بود. ابعاد هر کرت نیز ۶ متر در ۱/۸۰ متر و فاصله دو کرت از یکدیگر ۱/۲۰ متر همچنین فاصله دو تکرار نیز ۲ متر بود. این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار در ۳ تکرار اجرا شد که تیمارها شامل موارد زیر بودند: ۱. شاهد (عدم مصرف کود) ۲. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره (نیمه مطلوب) ۳. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره (مطلوب) ۴. اسیدهیومیک (خاک‌مصرف) = ۱۰ کیلوگرم در هکتار، محلول پاشی = یک لیتر در هکتار) و ۵. کود زیستی بیوفارم (به صورت بذرمال). به صورت کلی، در این آزمایش، مصرف کود نیتروژن و اسیدهیومیک، در دو زمان شروع ساقه‌دهی (مرحله اول) و شروع غلاف‌دهی (مرحله دوم) به صورت دستی بود و کود مایع بیولوژیک بیوفارم، به صورت بذرمال با غلظت ۱۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت. یک سوم کود نیتروژن در مرحله اول و مابقی در مرحله دوم اعمال شد و کاربرد اسیدهیومیک نیز در مرحله اول به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار (خاک‌مصرف) و در مرحله دوم محلول پاشی به میزان یک لیتر در هکتار (به میزان ۲۰۰ گرم پودر هیومیک اسید در ۱ لیتر آب) انجام شد. برای بذرمال کردن بذر، ابتدا بذر را روی نایلون پلاستیکی ریخته و به تدریج کود روی بذر را به طور یکنواخت با استفاده از اسپری دستی پاشیده شد و بذر را زیرورو گردید تا تمام آن‌ها با کود آغشته شوند. سپس بذر را به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه در سایه پهن گردیده و پس از خشک شدن بلافاصله اقدام به کاشت شد. اولین آبیاری، بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به وضعیت رطوبتی خاک و شرایط محیطی انجام پذیرفت. در اواخر بهمن و بعد از زمستان گذرانی بوته‌های کلزا جهت حصول تراکم مورد نظر (۸۰ بوته در مترمربع) تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد از طریق وجین دستی انجام شد.

به هنگام رسیدگی محصول (زمانی که ۹۰ درصد خورجین‌ها به رنگ زرد درآمدند) به منظور تعیین عملکرد، از هر کرت با حذف یک ردیف از هر دو طرف و یک متر از ابتدا و انتهای کرت (به عنوان حاشیه)، با استفاده از یک کودارات یک مترمربعی، بوته‌های ردیف‌های وسط به مساحت یک مترمربع برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. داده‌های آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از برنامه SAS تجزیه واریانس شد و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال ۰.۵٪ استفاده شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت عملکرد دانه نشان داد که تأثیر تیمارهای کودی بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۱).

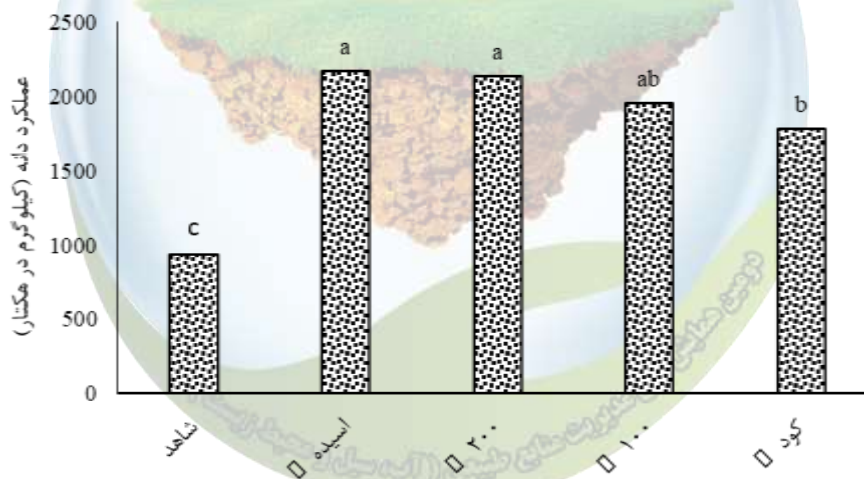
جدول ۱. تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه کلزا

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه
تکرار	۲	۰/۹۲۲ ns
تیمار کودی	۴	۴۶۷/۶ **
خطا	۸	۳۲/۲۹
ضریب تغییرات (%)		۱۰/۱۵

ns و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد

علاوه بر این، مقایسات میانگین عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی نشان داد که بالاترین عملکرد دانه، در تیمارهای کاربرد کود اسیدهیومیک و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده گردید در حالی که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱). پایین‌ترین عملکرد دانه کلزا، در تیمار شاهد عدم کاربرد کود مشاهده گردید و با تیمارهای کودی و کاربرد کود زیستی بیوفارم، اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۱).

اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. ولف و همکاران (۶) یک همبستگی قوی و مثبت بین وزن خشک دانه و مقدار دوام سطح برگ یافته و تأیید کردند که سبزیگی برگ به اندازه تولید برگ در تعیین عملکرد دانه اهمیت دارد. اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (۵). لیو و کوپر (۴) بیان داشتند اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب افزایش جذب آن‌ها شده و باروری خاک و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد.



شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه کلزا

کاربرد کود باعث افزایش عملکرد دانه کلزا شد. استفاده از کود نیتروژن بیشتر، عمدتاً باعث افزایش عملکرد نمی‌شود و مقدار مصرف ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار می‌تواند مقدار مناسب و قابل توصیه به کشاورزان باشد. افزودن کود نیتروژن می‌تواند نقش مهمی در تقویت سبزینه گیاه داشته باشد چرا که این عمل باعث افزایش سطح برگ، افزایش جذب نور، افزایش فتوسنتز گیاه و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد شود. مصرف تمام نیتروژن مورد نیاز گیاه به فرم شیمیایی منجر به

آبشویی و هدر رفت آن شده در نتیجه گیاه با کمبود عنصر و کاهش رشد روبرو می‌شود که در نهایت عملکرد دانه که برآیند رشد و توسعه‌ی گیاه می‌باشد کاهش می‌یابد.

۴- منابع و مراجع

۱. خواجه‌پور، م. ۱۳۹۳. گیاهان صنعتی. چاپ هفتم، ویرایش اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، اصفهان، ۳۹۲ ص.
۲. ملکوتی، م. ج.، و ریاضی همدان س. ع. ۱۳۹۰. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی. ص ۸۰-۷۲.
3. Jamie, P. S., Lenka, J., and Poppy, G. M.. 2006. The responses of crop- wild brassica hybrids to simulated herbivore and interspecific competition: Implications for transgene introgression. *Environment Biosafety Research* 5: 15-25.
4. Liu, C., and Cooper, R. J. 2000. Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bentgrass. *American Society for Horticultural Science* 33: 1023-1025.
5. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1527-1536.
6. Wolf, D. W., Henderson, D. W., Hsiao, T. C., and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration nitrogen distribution and yield. *Agronomy Journal* 80: 859-864.



بررسی تأثیر انواع کود بر عملکرد روغن دانه کلزا رقم هایولا ۵۰ در شرایط اقلیمی گنبدکاووس

مهرداد سارلی^۱، عبداللطیف قلی زاده^{۲*}، معصومه نعیمی^۲، حسین صبوری^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه گنبدکاووس، ^۲ استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی،

دانشگاه گنبدکاووس

^۲ * (latif_gholizadeh@yahoo.com)

چکیده

در شرایط اقلیمی گنبدکاووس در مزرعه‌ای واقع در روستای قزلجه از توابع شهرستان گنبدکاووس، آزمایشی با هدف بررسی تأثیر کودهای نیتروژنی، اسیدهیومیک و کود زیستی بیوفارم بر عملکرد روغن دانه کلزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل شاهد (عدم مصرف کود)، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود ازته (نیمه مطلوب)، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود ازته (مطلوب)، مصرف اسیدهیومیک و مصرف کود زیستی بیوفارم (بذرمال) بودند. مصرف کود نیتروژن و اسیدهیومیک، در دو زمان شروع ساقه‌دهی (مرحله اول) و شروع غلافدهی (مرحله دوم) بود و کود مایع بیولوژیک بیوفارم، به صورت بذرمال با غلظت ۱۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت. یک سوم کود نیتروژن در مرحله اول و مابقی در مرحله دوم اعمال شد و کاربرد اسیدهیومیک نیز در مرحله اول به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار (خاک مصرف) و در مرحله دوم محلول پاشی به میزان یک لیتر در هکتار انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد روغن دانه کلزا معنی‌دار بود. نتایج مشخص کرد که بالاترین و پایین‌ترین درصد روغن دانه کلزا به ترتیب مربوط به تیمارهای اسیدهیومیک (۴۱/۳۴ درصد) و شاهد (۳۵/۱۰ درصد) بود. در صورتی که هدف کشاورز، بهره‌وری و افزایش عملکرد روغن دانه کلزا باشد، بهتر است از کود اسیدهیومیک به صورت خاک مصرف و محلول پاشی استفاده گردد.

واژگان کلیدی: عملکرد روغن، کمیت روغن، کلزا.

۱- مقدمه

سالانه حدود ۱۱۰ میلیون تن نیتروژن به عنوان پر مصرف‌ترین عنصر در گیاهان برای تولید غذا در جهان استفاده می‌شود که تنها قسمت کمی از آن توسط کودهای شیمیایی جایگزین می‌گردد (۱). بقیه‌ی آن توسط عوامل دیگری از جمله رعد و برق، تثبیت کننده‌های زیستی نیتروژن مولکولی هوا به‌ویژه از طریق گیاهان تیره لگومینوز، مواد آلی و... تأمین می‌گردد (۳). کمبود نیتروژن سبب زرد شدن برگ‌های پیر و در نهایت توقف رشد گیاه می‌شود (۴). کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است یک‌ساله که کاشت ارقام پاییزه آن در بسیاری از مناطق ایران با توجه به ارقام و تاریخ‌های کاشت مناسب، موفق بوده است. سطح زیر کشت جهانی این گیاه زراعی در سال ۲۰۱۴ بیشتر از ۳۵ میلیون هکتار بوده است (۲). بر اساس تحقیقات برخی از محققان، با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن و انتقال بیشتر آن به دانه، وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. البته، افزایش بیشتر از ۹۰ کیلوگرم در هکتار، فقط سبب افزایش ۴٪ وزن هزار دانه می‌شود (۱۰). عرضه بیشتر نیتروژن به گیاه موجب افزایش جذب فسفر نیز می‌شود. اثر مثبت نیتروژن را در جذب فسفر، می‌توان به فزونی رشد توسعه ریشه بر اثر افزایش

نیتروژن نسبت داد (۹). رحیمی و همکاران (۴) بررسی اثر هیومیک اسید بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در منطقه کرج، گزارش کردند که با اعمال تیمار هیومیک اسید، اجزای عملکرد، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به بالاترین میزان خود رسیدند. در بین سطوح مورد بررسی نیز تیمار ۵۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک بهترین عملکرد را از خود نشان داد. کریمی و همکاران (۵) نیز با بررسی اثر اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پرولین برگ گلرنگ در منطقه اصفهان گزارش کردند محلول پاشی اسید هیومیک تأثیر معنی داری بر صفات تعداد طبق در بوته، وزن هزاردانه، درصد روغن، عملکرد دانه، میزان پرولین و عملکرد روغن داشت. لذا با توجه به مطالب فوق، هدف تحقیق در این آزمایش، بررسی اثر مصرف کودهای نیتروژنی، اسیدهیومیک و کود زیستی بیوفارم بر صفات کیفی و کمی کلزا (هایولا ۵۰) در شرایط اقلیمی گنبدکاووس بود.

۲- مواد و روش ها

این مطالعه، در مزرعه‌ای واقع در روستای قزلجه از توابع شهرستان گنبدکاووس، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام گردید. محصول سال قبل در این مزرعه، گندم بوده است. قبل از آغاز فصل زراعی، مزرعه موردنظر، با گاو آهن برگردان دار شخم زده شد (عمق ۳۰ سانتی متر). در اوایل پاییز همان سال به محض مساعد شدن شرایط محیطی یک شخم سطحی، دیسک و ماله کشی به منظور خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح زمین انجام گردید. جهت تجزیه خاک چهار نمونه از ۴ نقطه مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی متری تهیه و به آزمایشگاه تخصصی آب و خاک (موسسه آب خاک گیاه صفای گنبدکاووس) برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ارسال شد.

براساس تاریخ کاشت رایج در منطقه، کاشت در تاریخ ۴ دی ماه ۱۳۹۶ انجام شد و بذر کلزا مورد استفاده در این مطالعه، رقم هایولا ۵۰ و تراکم آن ۸۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله خطوط کاشت، ۲۴ سانتیمتر، فاصله بین بوته‌ها روی خط ۲۰-۱۵ سانتیمتر، طول خط کاشت ۶ متر و تعداد خط کاشت، ۴ بود. ابعاد هر کرت نیز ۶ متر در ۱/۸۰ متر و فاصله دو کرت از یکدیگر ۱/۲۰ متر همچنین فاصله دو تکرار نیز ۲ متر بود.

این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار در ۳ تکرار اجرا شد که تیمارها شامل موارد زیر بودند: ۱. شاهد (عدم مصرف کود) ۲. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره (نیمه مطلوب) ۳. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره (مطلوب) ۴. اسیدهیومیک (خاک مصرف=۱۰ کیلوگرم در هکتار، محلول پاشی= یک لیتر در هکتار) و ۵. کود زیستی بیوفارم (به صورت بذر مال).

به صورت کلی، در این آزمایش، مصرف کود نیتروژن و اسیدهیومیک، در دو زمان شروع ساقه‌دهی (مرحله اول) و شروع غلافدهی (مرحله دوم) به صورت دستی بود و کود مایع بیولوژیک بیوفارم، به صورت بذر مال با غلظت ۱۰ درصد مورد استفاده قرار گرفت. یک سوم کود نیتروژن در مرحله اول و مابقی در مرحله دوم اعمال شد و کاربرد اسیدهیومیک نیز در مرحله اول به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار (خاک مصرف) و در مرحله دوم محلول پاشی به میزان یک لیتر در هکتار (به میزان ۲۰۰ گرم پودر هیومیک اسید در ۱ لیتر آب) انجام شد (۱۷ بهمن ۱۳۹۶). برای بذر مال کردن بذر، ابتدا بذر را روی نایلون پلاستیکی ریخته و به تدریج کود روی بذر را به طور یکنواخت با استفاده از اسپری دستی پاشیده شد و بذر را زیورور گردید تا تمام آن‌ها با کود آغشته شوند. سپس بذر را به مدت ۵ تا ۱۰ دقیقه در سایه پهن گردیده و پس از خشک شدن بلافاصله اقدام به کشت شد.

اولین آبیاری، بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به وضعیت رطوبتی خاک و شرایط محیطی انجام پذیرفت. در اواخر بهمن و بعد از زمستان گذرانی بوته‌های کلزا جهت حصول تراکم مورد نظر (۸۰ بوته در مترمربع) تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز در طول دوره رشد از طریق وجین دستی انجام شد. به هنگام رسیدگی محصول (زمانی که ۹۰ درصد خورجین‌ها به رنگ زرد درآمدند) به منظور تعیین عملکرد، از هر کرت با حذف یک ردیف از هر دو طرف و یک متر از ابتدا و انتهای کرت (به عنوان حاشیه)، با استفاده از یک کوادرات یک مترمربعی، بوته‌های ردیف‌های وسط به مساحت یک مترمربع برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. داده‌های آزمایش بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از برنامه SAS تجزیه واریانس شد و

برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. جهت رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

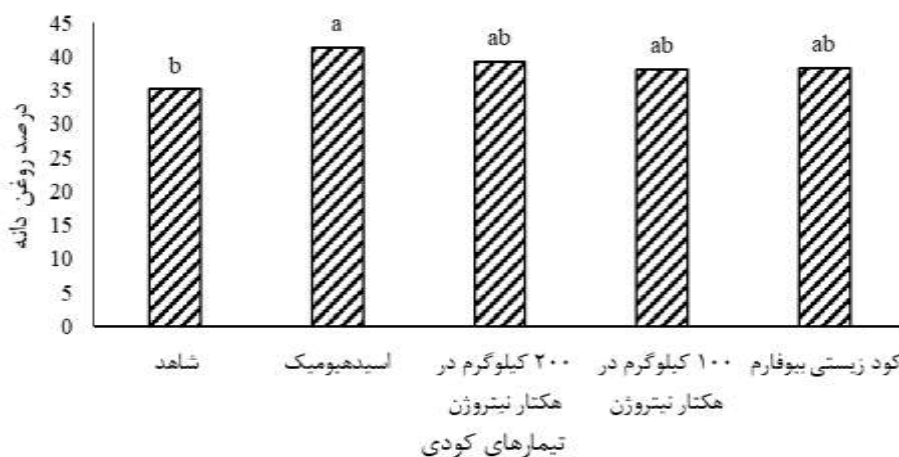
نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت درصد روغن دانه کلزا نشان داد که تأثیر تیمارهای کودی بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و به عبارت دیگر، از نظر درصد روغن دانه کلزا، تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات زراعی مورد مطالعه کلزا

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد روغن
تکرار	۲	۱/۶۶ ns
تیمار کودی	۴	۵۶۱/۹ **
خطا	۸	۴۳/۵۰
ضریب تغییرات (%)		۳/۹۰

** و ns به ترتیب بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد و تفاوت غیر معنی‌دار

همچنین، مقایسات میانگین درصد روغن دانه کلزا تحت تأثیر تیمارهای کودی نشان داد که بالاترین درصد روغن دانه کلزا، در تیمار کاربرد کود اسیدهیومیک مشاهده گردید. در حالی که سایر تیمارهای مورد مطالعه، از نظر درصد روغن دانه کلزا اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). از سوی دیگر، پایین‌ترین درصد روغن دانه کلزا در تیمار شاهد عدم کاربرد کود مشاهده گردید اگرچه با تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد کود زیستی بیوفارم، اختلاف معنی‌داری نشان نداده و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). چیمبا و همکاران (۸) گزارش کردند کود نیتروژن در سطح ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار درصد روغن دانه را نسبت به سایر سطوح کودی، به طور معنی‌داری کاهش داد و همچنین غلظت روغن دانه به علت کاربرد بیشتر نیتروژن کاهش پیدا کرده است. تایلور و همکاران (۱۱) گزارش کردند با افزایش سطح نیتروژن، عملکرد محصول افزایش یافته و درصد روغن به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. سومرو (۱۰) اظهار داشتند که مصرف زیاد نیتروژن، عملکرد کمی را به دلیل افزایش رشد رویشی و کیفیت دانه را به دلیل کاهش درصد روغن تحت تأثیر قرار می‌دهند. آسار و بریک (۷) کاهش درصد روغن را با کاربرد زیاد کودهای نیتروژنه گزارش کرد.



شکل ۱. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه کلزا

به عنوان نتیجه‌گیری می‌توان عنوان کرد که با توجه به تأثیر مثبت اسیدهیومیک بر عملکرد دانه کلزا، در صورتی که هدف کشاورز، بهره‌وری از روغن دانه کلزا باشد، بهتر است از کود اسیدهیومیک جهت افزایش عملکرد روغن این گیاه زراعی هم به صورت خاک مصرف و هم به صورت محلول پاشی استفاده گردد.

۴- منابع و مراجع

۱. آستارایی، ع.، و کوچکی، ع. ۱۳۹۳. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۳۴۵ ص.
۲. آلیاری، ه.، و شکاری، ف. ۱۳۹۵. دانه‌های روغنی زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی، تبریز، ۳۲۲ ص.
۳. ایرانی پور، ش.، صالحی، ر.، و باقرزاده، ف. ۱۳۸۶. فصلنامه نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی ۱۵: ۱۵-۱۸.
۴. رحیمی، ز.، مظفری، ح.، و درویشی، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثر هیومیک اسید در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۱۱۲(۱): ۹۵-۱۰۶.
۵. کریمی، ا.، تدین، ع.، و تدین، م. ۱۳۹۵. اثر اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پرولین برگ گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. بهزارعی کشاورزی ۱۸(۳): ۶۰۹-۶۳۳.
۶. ملکوتی، م. ج.، و ریاضی همدان، س. ع. ۱۳۹۰. کودها و حاصلخیزی خاک (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۲۸.
7. Asare, E., and Brick, D. H. 1995. Rate of nitrogen and sulfur fertilizers on yield components. *Field Crop Research* 58: 41-46.
8. Cheema, M. A., and Malik, M. S. 2001. Effect of row spacing and nitrogen management of agronomic traits and oil quality of canola (*Brassica napus* L.) *Pakistan Journal of Agricultural Science* 38: 15-18.
9. Kuang, R., Liao, H., and Dong, Y. 2014. Phosphorus and nitrogen interactions in held- grown soybean as related to genetic attributes of morphological and nodular traits. *Journal of Integrated Plant Biology* 47: 549-559.
10. Soomro, N. S. 2000. Effect of different nitrogen, phosphorus and bio-fertilizer level on yield of canola. *Journal of Plant Nutrition* 170: 121-130.
11. Taylor, R. S., Weaver, D. B. Wood, C. W., and Santen, E. V. 2005. Nitrogen application increases yield and early dry matter accumulation in late-planted soybean. *Crop Science* 45: 854-858.

بررسی اقدامات مؤثر در مدیریت دام و طیور در قبل و بعد از سیل

حبیب اله زارع هرفته^{۱*}، حکیمه مصطفی لو^۲

^۱دانشجوی مقطع دکتری تغذیه دام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، کارشناس ارشد مدیریت دامپروری،

*habibzare58@gmail.com

چکیده

سیلابها به عنوان یکی از مهم ترین بلایای طبیعی، هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی در جهان به وجود می آورند. بخش عمده ای از خسارات مالی ناشی از سیل در مناطق روستایی، از بین رفتن دام و طیور روستائیان در زمان سیل و مهم تر از آن، خساراتی است که بعد از وقوع سیل در این مناطق، به واسطه عدم مدیریت صحیح دامها به وجود می آید. عمده ی این زیانها به دلیل دانش کم دامداران در مواقع بحرانی در رابطه با برگرداندن دام و طیور منطقه به شرایط حداقلی مناسب برای شروع تولیدات خود بوده که در این میان عدم آموزش صحیح و داشتن برنامه مشخص برای واکنش در برابر بلایا بر این مشکلات می افزاید. علاوه بر رعایت اصول اولیه ساخت و ساز و اقدامات لازم جهت پیشگیری از وقوع سیلاب و عوارض ناشی از آن لازم است اقدامات اولیه ای نیز بعد از وقوع سیل انجام گیرد. علاوه بر واکسیناسیون دامها بر علیه بیماری های شارب و ورم پستان و لنگش به دلیل فراهم شدن شرایط محیطی و استرس ناشی از سیل به دیگر مسائل و مشکلات دامهای زنده نظیر استرسها، گرسنگی و توجه به لنگشها و ورم پستانها که خود زمینه ساز بروز بسیاری مشکلات است توجه ویژه ای داشت و سعی شود. به بهترین نحو ممکن دامهای باقیمانده را به تولید اولیه برگرداند تا مانع وارد آمدن زیان بیشتر به مردم سیل زده شود.

واژگان کلیدی: سیل، دام، طیور، اقدامات

۱- مقدمه

طبق تعریف فرهنگ آبخیزشناسی یونسکو سیل عبارتست از افزایش کوتاه مدت در سطح تراز آب یک رودخانه تا اوجی که سطح تراز آب از آن اوج با آهنگی آهسته تر عقب می نشیند (۱). طبق تعریف دیگری سیل عبارتست از اضافه جریان آب نسبت محدود معمول رود یا حجمی از آب. سیل ممکن است در اثر بروز یک بارندگی شدید و یا مستمر و یا ذوب ناگهانی برف ها در یک حوضه آبخیز و یا در نتیجه شکسته شدن یک سد به وقوع بپیوندد (۲). به هر حال بروز سیل و سیلاب باعث تخریب و ایجاد خسارت و تلفات به مراکز انسانی و سازه های مسیر سیلاب می شود. خسارات جانی و مالی ناشی از سیلاب بیش از سایر سوانح و بلایای طبیعی می باشد و با افزایش جمعیت و توسعه فزاینده صنعت و به دنبال آن اشغال سرزمین های مجاور و تجاوز به حریم رودخانه ها و ساخت و ساز و کشت و کار در این حریم ها سبب شده است زیان های ناشی از سیلاب نیز افزایش یابد (۴).

از آنجا که نظام تولید در جوامع روستایی و عشایری ارتباط تنگاتنگی با طبیعت و محیط طبیعی دارد از گذشته های بسیار دور در معرض خطرات ناشی از بلایای طبیعی بوده اند که یکی از مهم ترین این حوادث، وقوع سیلاب و مسائل حین و بعد از آن در این مناطق می باشد. در زمان وقوع سیل به بخش کشاورزی و زیر بخش آن دام و طیور خسارات زیادی وارد

می‌شود. خسارات به بخش کشاورزی علاوه بر آسیب رساندن به اقتصاد خانوار روستایی موجب ایجاد خلل در کل اقتصاد جامعه و کشور می‌شود.

در زمان وقوع سیل علاوه بر از بین رفتن دام‌های سبک و سنگین و طیور بومی و کلنی‌های زنبور عسل در مناطق روستایی واحد‌های پرورش طیور و دامداری‌های صنعتی و واحد‌های پرورش آبزیان نیز دچار خسارات سنگینی می‌شوند که علاوه بر زیان اقتصادی منجر به آسیب رسیدن به زیر ساخت‌های این واحدها و ایجاد خلل در عرضه و تقاضای محصولات تولیدی و در نهایت افزایش نرخ می‌شود. همچنین حوادث و بلاها می‌توانند بر بیولوژی ناقل و میزبان اثرگذار باشند و این تغییرات با ایجاد استرس، منجر به سرکوب سیستم ایمنی و ظهور بیماری می‌شود (۶).

نکته دیگری که دارای اهمیت بسیار است این است که تلف شدن دام‌های سبک و سنگین در زمان سیل و ماندن لاشه آن‌ها در رسوبات به جا مانده، در آینده نزدیک باعث ورود میکروب‌ها و ویروس‌ها به منابع آب سطحی و زیر سطحی شده که باعث شیوع بیماری‌های مختلف دامی در دام‌های زنده و بیماری میکروبی در انسان‌ها می‌شود (۶).

۲- اقدامات لازم قبل از وقوع سیل

برای کنترل سیلاب به طور کلی اقدامات بسیار زیاد و متنوع می‌توان به کار برد. کاربرد هر کدام بسته به شرایط محل، میزان ریسک در برابر خسارات وارده، میزان منافع حاصله از اجرای طرح و مسایل اجتماعی اقتصادی منطقه تفاوت دارد (۳). به طور کلی راه‌های مهار، کنترل و تخفیف خسارات سیلاب به دو دسته روش‌های ساختمانی و غیر ساختمانی تقسیم می‌شوند.

۱- اقدامات ساختمانی

روش‌های ساختمانی کنترل سیلاب شامل جمیع اقداماتی است که منجر به کاهش و تقلیل میزان و شدت جریان‌های سیلابی می‌شود و بدین طریق قدرت تخریبی سیل را کاهش می‌دهد. علاوه بر آن کلیه تاسیسات و سازه‌هایی که از ورود سیلابها به داخل محدوده مورد نظر جلوگیری می‌کنند و یا باعث تسهیل و تسریع دفع طغیانها می‌گردند، نیز جزو اقدامات ساختمانی محسوب می‌شوند (۳).

حیوانات برای نشان دادن توانایی‌های ژنتیکی خود به یکسری عوامل نیاز دارند این عوامل جزء محیط محسوب می‌شوند. از مهمترین عوامل، محل زیست مناسب و نیازهای آن‌ها است، که در این خصوص ساختمان‌ها و تاسیسات پرورش و نگهداری بسیار مهم است. از نظر ساختمانی محل احداث دامداری باید دور از مسیر سیل باشد و در حاشیه رودخانه احداث نشود همچنین زمین مورد نظر باید استحکام لازم را داشته باشد و امکان زهکشی در آن وجود داشته باشد و نسبت به زمین‌های اطراف مرتفع تر باشد. همچنین شیب زمین نیز باید به سمت زمین‌های اطراف باشد (۷).

۲- اقدامات غیر ساختمانی

جلوگیری از چرای احشام در مناطق جنگلی: پوشش گیاهی به‌ویژه جنگل پوشش زنده‌ای است که می‌تواند از فرسایش خاک، جاری شدن آب در سطح خاک و تشکیل سیلابها به میزان قابل توجهی جلوگیری کند. بنابراین تاثیر بسیار زیادی در تنظیم آب رودها دارد. پوشش گیاهی غنی و پرپشت که تأثیر بسیار زیادی در جلوگیری از جاری شدن سیل و تنظیم آب رودخانه دارد در شرایط ایران بسیار حائز اهمیت است. چرای بیش از اندازه دام در مناطق جنگلی باعث از بین رفتن این پوشش شده که در نهایت موجب افزایش سرعت وقوع جریان سیل و در نهایت وقوع سیل گردد (۵).

همچنین بیمه سیل در این خصوص دارای اهمیت دو چندان است. بیمه سیل خسارات فیزیکی ناشی از سیلاب را کاهش نمی‌دهد ولی می‌تواند الگوهای بسیار منظم خسارت مزبور را به سلسله اقساط یکنواخت تبدیل نماید. با استفاده از

اقساطی که در طول زمان دریافت و انباشته می شود می توان خسارت مالی بر افراد و مناطق سیل زده را جبران کرد و از ابعاد خسارت فاجعه آمیز کاست (۵). بیمه دام و جایگاه دام علاوه بر آرامش روانی برای بهره بردار در زمان بعد از وقوع سیل باعث جبران بخشی از خسارات وارده می شود.

۳- اقدامات لازم بعد از وقوع سیل

۱- معدوم سازی لاشه های تلف شده

بعد از وقوع سیل، تعداد زیادی از دام های تلف شده در منطقه وجود دارد که متاسفانه در محیط های مختلف اعم اطراف و حاشیه روستاها رها شده اند. یکی از اولویت های فوری در مناطق سیل زده، امحاء و دفن لاشه دام های تلف شده می باشد. در هنگام تصمیم گیری برای امحاء لاشه عوامل بسیاری نظیر تعداد لاشه و توزیع جغرافیایی آنها، الگوهای منطقه ای کشاورزی، جمعیتی و جغرافیایی، شرایط آب و هوایی، جنس خاک، در دسترس بودن منابع برای پشتیبانی عملیات انهدامی، هزینه های فوری و بلند مدت روش های مختلف امحاء لاشه، اثرات اقتصادی کوتاه مدت و بلند مدت روش های امحاء مورد نظر، خطرات بهداشت عمومی که ممکن است از فعالیت های امحاء لاشه ناشی شود باید در نظر گرفته شود. معمولاً برای امحاء لاشه از دو روش دفن و سوزاندن آن استفاده می شود (۶).

۲- مقابله با حشرات

وجود آب های راکد زیاد در منطقه موجب طغیان جمعیت حشرات می شود و در این میان لزوم توجه بیشتر به بیماری های منتقله از طریق حشرات بیشتر می شود. با توجه به این شرایط، وقوع تب های منتقله از کنه نیز زیاد می شود خصوصاً اینکه استرس ها باعث تضعیف سیستم ایمنی دام ها شده و در این شرایط وقوع بیشتری از بیماری های منتقله از کنه را باید منتظر بود که لازم است دامداران با مد نظر قرار دادن این موضوع، درمان های ضد کنه ای را انجام دهند. افزایش حشرات از دو طریق می توانند بر دام های سیل زده تأثیر گذار باشند: افزایش گزش در حیوانات و از بین بردن آسایش دام ها و در نتیجه کاهش تولیدات دامی متاثر از استرس حشرات و انتقال بیماری های منتقله از حشرات نظیر تب سه روزه. در این شرایط می توان از گوشواره های دفع کننده حشرات استفاده کرد و یا سم ها به شکل پوره آن مورد استفاده قرار گیرند (۸). همچنین شرایط مرطوب پس از سیل امکان ماندگاری تخم انگل ها و لاروها را در مراتع افزایش می دهد که در این شرایط افزایش جمعیت کرم ها در زمان کوتاهی پس از سیل در بین دام های تحت استرس اتفاق می افتد. در این مواقع که دام ها برای مقاصد درمانی، مایه کوبی یا تغذیه دسته جمعی در مناطقی متراکم جمع آوری شده اند، امکان انتقال بیماری ها به یکدیگر را نیز افزایش می دهند. گوسفندان خصوصاً در این شرایط بعد از سیل قادر به رفتن به مرتع نبوده و یک جا متمرکز می شوند که در نتیجه می تواند باعث وقوع انفجاری از مشکلات انگلی در آنها شود (۶).

۳- پیشگیری و درمان بیماری های مرتبط با سیل

یکی از مهم ترین اقداماتی که بعد از سیل باید صورت گیرد مراقبت از دام های نجات یافته از سیل است که در این راستا اجرای برنامه های پیشگیری و درمان بیماری ها از اولویت ها می باشد. بعد از استقرار دام های باقیمانده در مکانی امن علاوه بر ایجاد حصار مناسب می بایست نسبت به ضد عفونی مکان مورد نظر حداقل با آهک اقدام نمود. بیماری ها نظیر شاربن و ورم پستان لنگش از مهم ترین بیماری هایی هستند که بعد از وقوع سیل به دلیل فراهم شدن شرایط محیطی و استرس و ضعف ناشی از وقوع سیل ممکن است دام ها دچار آن شوند (۶).

جهت پیشگیری از بیماری تهیه و تولید واکسن مناسب با استفاده از سویه های محلی هر منطقه و انجام واکسیناسیون به شکل منظم و برنامه ریزی شده در دامها ضروری است. علاوه بر این توصیه می شود دامداران جهت افزایش سطح ایمنی دامها استفاده از مکمل های معدنی و ویتامینی را باید در دستور کار خود قرار دهند (۶).

۴- نتیجه گیری

کشور ما هر ساله در معرض انواع بلایای طبیعی از جمله سیل قرار دارد که قسمت عمده ای از خسارات ناشی از این واقعه که باعث ایجاد خسارات در دام و طیور روستائیان که سرمایه های اصلی آنها است می باشد. علاوه بر رعایت اصول اولیه ساخت و ساز و اقدامات لازم جهت پیشگیری از وقوع سیلاب و عوارض ناشی از آن لازم است اقدامات اولیه ای نیز بعد از وقوع سیل انجام گیرد. علاوه بر واکسیناسیون دامها بر علیه بیماری های آبله، شارین و هاری به دیگر مسائل و مشکلات دامهای زنده نظیر استرس ها، گرسنگی و توجه به لنگش ها و ورم پستان ها که خود زمینه ساز بروز بسیاری مشکلات است توجه ویژه ای داشت و سعی شود به بهترین نحو ممکن دامهای باقیمانده را به تولید اولیه برگرداند تا مانع وارد آمدن زیان بیشتر به مردم سیل زده شد.

۵- منابع و مراجع

۱. شاهکویی، الف. ۱۳۸۰. بررسی چگونگی سیل در شرق استان گلستان مرداد ۱۳۸۰. فصل نامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر). دوره یازدهم، شماره ۴۲ : ۲۷-۳۳.
۲. اصغری مقدم، ع. ۱۳۸۴. آب. زیستگاه شهری. انتشارات سرا، تهران.
۳. طاهری بهبهانی، م. ۱۳۷۱. مجموعه مباحث و روشهای شهرسازی - کنترل سیل. انتشارات دانشگاه پیام نور.
۴. کردوانی، پ. ۱۳۷۱. منابع و مسائل آب در ایران. انتشارات دانشگاه تهران.
۵. عبداللهی، م. ۱۳۸۰. مدیریت بحران در نواحی شهری. انتشارات سازمان همیاری های کشور.
۶. اسماعیلی، ح. ۱۳۹۲. راهکارهای مدیریت دام و طیور بعد از سیلاب در مناطق روستایی. کنفرانس ملی مدیریت سیلاب. تهران.
۷. پور محمدی، ح. ۱۳۸۶. اصول صحیح ساخت جایگاه دام، مدیریت آموزش و ترویج سازمان جهاد کشاورزی استان قم.
8. Radostits O. M. , Gay C.C.2007. Hinchliff K.W. and Constable P.D. Veterinary Medicine. 10th ed . Elsevier Elsevier Academic Press. London..

بررسی و تحلیل اثرات اجتماعی و زیست محیطی ناشی از سیلاب ها

سعید گایگانی^{۱*}، مژگان زعیمدار^۲، علی دوستی خطیب^۳

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، ایران، ^۲ استادیار گروه مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، ایران، ^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، ایران. jzaeimdar@yahoo.com

چکیده

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشکسالی به لحاظ خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع آنها، دارای اهمیت ویژه ای می باشد. به استناد آمار و اطلاعات خسارات ناشی از سیل آسیا و اقیانوسیه، بیشترین میزان در بین خسارتهای از حاصل طبیعی بلایای را به خود اختصاص می دهند. هدف از انجام این پژوهش بررسی و تحلیل اثرات اجتماعی و زیست محیطی ناشی از سیلاب ها می باشد. روش تحقیق در این مقاله بصورت کیفی بوده و با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، مقالات و اسناد و مدارک تحلیل شد. نتایج پژوهش نشان داد که سیلاب به عنوان یکی از مهمترین فرآیندهای تغییر دهنده چهره زمین، از پدیده های مختلف ژئومورفولوژیک تاثیر می پذیرد. با تمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد، سیلابها هر ساله حجم عظیمی از آبها و خاکهای حاصلخیز کشور را از دسترس خارج می کنند و به کویرها، دریاچه ها و دریا انتقال می دهند. به نظر می رسد خسارتهایی که از سیلاب ناشی می شود تا حد زیادی قابل کنترل و پیشگیری است. از آنجایی که امروزه بررسی اثرات زیست محیطی توسط مجامع جهانی جزء عوامل درجه اول در تصمیم گیری اجرای طرحهای عمرانی از جمله طرحهای کنترل سیلاب می باشد، و خسارات جبران ناپذیر آگاهانه و ناآگاهانه و اثرات سوء طرحهای سازه ای مدیریت و کنترل سیلاب بر محیط زیست روز به روز با افزایش دخل و تصرف بیشتر انسان در طبیعت بیشتر شده است؛ ارزیابی زیست محیطی این طرحها در بهینه سازی اجرای پروژه های بزرگ ضروری می باشد. با متمرکز شدن و تبدیل هرز آب ها به سیلاب، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به مراکز صنعتی، شهری و روستایی وارد می شود. وقوع سیلاب سبب شستشو و انتقال خاک های حاصلخیز سطحی و فرسایش بیش از حد طبیعی خاک می گردد. خاک ورودی های فرسایش یافته همراه با جریان طغیانی رودخانه ها در سدها، سبب رسوبگیری و پر شدن مخازن سدها می گردد.

واژگان کلیدی: سیلاب، تاثیرات اجتماعی، اثرات زیست محیطی، سیلاب.

۱- مقدمه

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشکسالی به لحاظ خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع آنها، دارای اهمیت ویژه ای می باشد. به استناد آمار و اطلاعات خسارات ناشی از سیل آسیا و اقیانوسیه، بیشترین میزان در بین خسارتهای از حاصل طبیعی بلایای را به خود اختصاص می دهند (۱). سیل بر اثر بارندگی سنگین، تجمع رسوبات سنگین و غیرطبیعی پشت سدها یا نارسایی آنها، ذوب سریع برفها، مسدود شدن رودخانه به علت ریزش کوه یا انفجار مخزن آب بوجود آید. بدون تردید سیل به

عنوان یکی از مهمترین بلایای طبیعی شناخته شده است. همچنین در عمل، سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب ترین بلایای جوی در جهان به شمار می رود (۲).

سیلاب به عنوان یکی از مهمترین فرآیندهای تغییر دهنده چهره زمین، از پدیده های مختلف ژئومورفولوژیک تاثیر می پذیرد. باتمام اهمیتی که آب در اقتصاد ایران دارد، سیلابها هر ساله حجم عظیمی از آبها و خاکهای حاصلخیز کشور را از دسترس خارج می کنند و به کویرها، دریاچه ها و دریا انتقال می دهند. به نظر می رسد خسارتهایی که از سیلاب ناشی می شود تا حد زیادی قابل کنترل و پیشگیری است. برای موفقیت در این زمینه، شناخت محیط و ساز و کار عمل مجموعه عناصر آن در ایجاد خطر اهمیت زیادی دارد (۲).

با متمرکز شدن و تبدیل هرز آب ها به سیلاب، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به مراکز صنعتی، شهری و روستایی وارد می شود. وقوع سیلاب سبب شست و شو و انتقال خاک های حاصلخیز سطحی و فرسایش بیش از حد طبیعی خاک می گردد. خاک ورودی های فرسایش یافته همراه با جریان طغیانی رودخانه ها در سدها، سبب رسوبگیری و پر شدن مخازن سدها می گردد (۳). از گذشته فشار جمعیت و فقدان زمینهای کشاورزی باعث حرکت جمعیت انسانی بسوی دشتهای سیلابی گردیده است. در ابتدا، چینی ها برای اولین بار سعی کردند تا با احداث سدها و خاکریزها خود و اراضی کشاورزی شان را در مقابل سیلابها محافظت کنند اما امروزه با توجه به اثرات مخرب سیلابها بر جوامع بشری، در حالی که روشهای ساختاری حفاظت در مقابل سیلاب، مانند سیل بندها و دیگر روشهای مدیریت و کنترل سیلاب زمانی می توانند مؤثر باشند، که ظرفیت طراحی این سازهها زیاد باشد. اما وقتی که این سازهها دچار گسیختگی و شکستگی می شوند، همواره یک ریسک باقیمانده وجود دارد. در بسیاری از موارد، این چنین سازه هایی ممکن است به دلایل محیطی، نامناسب باشند یا اجرایشان غیر ممکن باشد و در نتیجه روشهای غیر سازه ای مورد نیاز باشد. هشدار سیلاب برای مدیریت ریسک باقیمانده ضروری است و به عنوان یکی از مؤثرترین روشهای غیرسازه ای مدیریت سیلاب می باشد (۴). بروز سیلاب در یک محیط شهری باعث ایجاد مشکلات فراوان برای سازمان های مسئول شهری مخصوصا شهرداری می شود تخریب راهها، منازل مسکونی، اراضی زراعی و ب اغات، تلفات انسانی و دامها و آواره شدن مردم سیل زده از جمله مشکلات بروز سیل است بالاترین خسارت و تلفات انسانی در بین بلایای طبیعی به سیل نسبت داده شده است (۵). سیلاب در کشور ما سالانه خسارت بی شماری به بار می آورد چنانچه طبق آمار در ایران طی مدت ۳۰ سال اخیر ۹۶۸ سیل به وقوع پیوسته که میزان خسارت وارده ۱۳۴۲ میلیارد تومان تخمین زده شد. تلفات ناشی از این سیل ها مجموعا ۲۰۵۱ نفر بوده است. در این راستا برای کاهش خسارات و مقابله با سیلاب تا به حال فعالیتهای زیادی در ایران صورت پذیرفته است که اغلب این فعالیتها سازه ای و از نوع مخازن ذخیره ای چند منظوره می باشند که به دلیل نبود سیستم مدیریت جامع ، این مخازن نتوانسته اند با کارایی بالا و به شکل احسن وظایف خود را به انجام برسانند (۶).

۲- مواد و روشها

روش تحقیق در این مقاله بصورت توصیفی و کیفی می باشد. بدین منظور برای انجام این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، مقالات، اسناد و مدارک مربوط به سیلاب بررسی شد و سپس اثرات اجتماعی و زیست محیطی ناشی از سیلاب ها مورد بحث و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

سیلاب که در صورت نزول برف و باران در آبراهه های طبیعی جاری می گردد، که می تواند به یکباره یا مقطعی در اکوسیستم جاری شود اما سرعت جریان رواناب و سیل به عوامل مختلف از قبیل شدت بارش، میزان بارش، نوع بارش، پوشش گیاهی، نوع خاک، سنگ بستر، شیب منطقه، توپوگرافی و... وابسته است. این بارش ها به مدل های مختلفی در چرخه طبیعت

قرار می‌گیرد، که می‌تواند به دریاچه، تالاب و یا دریا منتهی شود و بخش قابل توجهی در سفره‌های زیرزمینی ذخیره می‌گردد، اما آنچه گفتیم در شرایط و اکوسیستم نرمال باید دنبالش گشت (۷).

سیل یا سیلاب که یک پاسخ طبیعی اکوسیستم است، که نوع شکل‌گیری آن علاوه بر وابستگی به موارد ذکر شده؛ کاملاً وابسته و دارای یک رابطه مستقیم با اقدامات و رویکردهای سیاستگذاری متوجه این عرصه است؛ چرا که این پدیده موضوعی نیست که اتفاقی به وجود آید و صرفاً یک عارضه‌ای را ایجاد کرده باشد.

امروزه به دلیل توسعه که به موجب آن نیاز به استفاده و بهره‌برداری از منابع طبیعی امری طبیعی و مرسوم بوده و موجب شده بسیاری از مسئولین و تصمیم‌گیران فارغ از چرخه‌های حیات و بدون در نظر گرفتن جایگاه ساختارهای محیط زیست به سهولت، دست به تخریب و تغییر طبیعت بزنند، در صورتی که یک اکوسیستم خرد و یا کلان نتیجه فعل و انفعالات چندین ساله طبیعی نبوده، بلکه در صدها سال در مسیر رخداد های طبیعی به یک مرحله با ثباتی رسیده است و اگر اقدامات و رویکردهای ما طوری باشد که مستقیم یا غیر مستقیم موجب تغییرات آن را فراهم کند، محیط زیست در مقابل این تغییرات، مانند بدن یک موجود زنده مثل انسان از خود واکنش نشان خواهد داد (۸).

واکنش محیط می‌تواند تدریجی و یا سریع به مرحله‌ای برسد که بازگشت به آن پرهزینه و تقریباً امری محال باشد؛ که نمونه‌های آن در سالیان اخیر مکرراً در رسانه‌ها مطرح شده و در مناطق مختلف مردم با آنها رو به رو گشته‌اند؛ اعم از خشک شدن دریاچه ارومیه، تالاب هامون، تالاب بختگان، کم عمق و خشک شدن حاشیه تالاب انزلی، فروچاله‌های دشت نهاوند، فرونشست زمین در اطراف تهران، خشک شدن چشمه‌ها و قنات‌ها و... که حتی بارش‌های بی‌سابقه در ۵۰ سال اخیر سال آبی ۹۸-۹۷ هم نتوانسته و نمی‌تواند برخی از این اکوسیستم‌ها را به روز اول خود درآورد (۹).

سیل که دومین فاجعه طبیعی متداول روی زمین بعد از فاجعه آتش‌سوزی قلمداد می‌گردد، به دلیل از بین رفتن پوشش گیاهی اعم از مراتع، جنگل‌ها، تعرض به حریم و بستر رودخانه و پهنه سیل‌گیر (که متناسب با دوره بازگشت هر رودخانه متفاوت است) و ساخت‌وسازها، معدن‌کاوی، توسعه شهری و صنعتی بدون در نظر گرفتن آمایش سرزمین و کاربری متناسب زمین؛ شکل خسارت باری به خود می‌گیرد که باعث ایجاد یک شرایط غیر قابل کنترل با صدمات جانی و مالی گسترده می‌شود و متعاقباً تاسیسات و سازه‌های عمرانی و زیرساختی را تخریب خواهد کرد (۱۰).

اگر پوشش گیاهی که وظیفه ذاتی حفاظت خاک و ذخیره آب را برعهده داشته و نقش ویژه و منحصر به فردی در کاهش سرعت جریان آب دارد، دستخوش نگاه و رویکردهای کاملاً انسان‌محورانه گردد، حجم سیلاب و سرعت آن افزایش پیدا کرده و بسیار مخرب خواهد بود (۵).

از سویی در توسعه اعم از ایجاد جاده، راه آهن، پل و... مادامی که به مفاهیم محیط زیست بی‌توجه باشیم و در تصمیم‌گیری و اقداماتمان تعمیم ندهیم، اکوسیستم تسلیم خواسته انسان نشده و پاسخ خواهد داد که جنس این پاسخ می‌تواند ریزگرد باشد که به دلیل خشک شدن محیط‌های آبی مثل هور، تالاب و پوشش گیاهی شکل می‌گیرد (۲).

البته باید توجه داشت که همه سیل‌ها، عارضه ناشی از عملکرد انسان‌ها نیستند، چرا که بسیاری از دشت‌ها مثل جلگه خوزستان که از یک خاک بسیار حاصلخیز برخوردار است و به موجب آن بخش عمده‌ای از محصولات غذایی کشور را نیز تولید می‌کند، نتیجه سیل‌های است که در آن منطقه در گذر زمان جاری گردیده است (۱).

امروزه به دلیل محدودیت‌های منابع آب قابل استفاده برای مصارفی مختلف به ویژه تولید غذا و شرب؛ اکثر کشورها برنامه‌های به منظور مدیریت آب خود دارند، چرا که بدون این منبع حیاتی توسعه یک جامع به سختی امکان‌پذیر است، به منظور مدیریت این امر از روش‌ها و اقدامات متنوع و گسترده‌ای استفاده می‌شود که هم تناسب با اکوسیستم داشته باشد یعنی علاوه بر ذخیره آب؛ محیط زیست را نیز تحت تغییر و تخریب قرار ندهد.

به گواه بسیاری از کارشناسان حوزه آب و محیط زیست و با بررسی عملکردهای بسیاری از کشورها در این حوزه؛ بهترین و مترقی‌ترین روش و مدلی که الهام گرفته از خود طبیعت است و نتایج متنوع و عمیقی را رقم می‌زند؛ آب‌خیزداری است.

آبخیزداری یعنی مجموعه اقدامات، بیولوژیکی، فیزیکی و یا تلفیقی که به منظور حفاظت از خاک، آب، انباشت رسوبات و... که در اراضی بالا دست حوضه آبخیز صورت می‌گیرد. یا به تعریف دیگر، آبخیزداری یعنی علم و هنر برنامه‌ریزی مستمر و اجرای اقدامات لازم برای مدیریت منابع حوزه‌های آبخیز اعم از طبیعی، کشاورزی، اقتصادی و انسانی بدون ایجاد اثرات منفی در منابع آب، خاک و طراحی و مدیریت حوزه به منظور حفاظت و استفاده صحیح و پایدار از منابع طبیعی با توجه ویژه به منابع آب و خاک است (۳). اما متأسفانه در دهه های گذشته علاوه بر اینکه در توسعه شهری، صنعتی، کشاورزی، بدون توجه به مقوله ظرفیت برد محیط زیست و همچنین حق محیط زیست و ابعاد پیچیده آن، صرفاً در مسیر سدسازی، سازه‌های فیزیکی کنترل آب و انتقال آب که باید مکمل و همراه با اقدامات آبخیزداری باشد؛ گام برداشته ایم؛ در صورتی که حتی در برخی مناطق نباید به ساخت سد روی آورد.

نتیجه تصمیم‌گیری‌ها و اقدامات یک سویه و تک بعدی انسان، امروزه شرایطی را رقم زده که تاب‌آوری اکوسیستم بسیار شکننده و با کوچکترین پدیده اقلیمی و محیطی باید منتظر یک عارضه باشیم که با خود نوعی پیام را از محیط زیست حمل می‌کند، تا بلکه ما مسیر حرکت و نوع فرمان را تغییر و تصحیح کنیم.

۳-۱- مهمترین دلایل تشدید خسارات سیل کشور

بی‌شک مهمترین دلیل وقوع سیلها در رودخانه‌ها و مسیلهای کشور، بارش در حوزه آبریز مناطق سیل گرفته و بالا دست آنها می‌باشد اما آنچه که مهم می‌باشد بررسی دلایل تشدید خسارات سیل ناشی از چنین بارندگیهایی می‌باشد. از مهمترین عوامل مؤثر در تشدید خسارات سیل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(۱) دخل و تصرف غیر مجاز در بستر و حریم رودخانه و مسیل‌ها که مطابق قانون توزیع عادلانه آب در اختیار وزارت نیرو بوده و معمولاً با توجه به سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله تعیین می‌شود.

(۲) اشغال مجرا و بستر رودخانه تقریباً در تمام سیلهای حادثه‌آصولاً عامل اصلی ایجاد خسارت و تلفات انسانی می‌باشد. (۳) تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی منطقه از یک طرف ناشی از خشکسالی‌های اخیر و از طرف دیگر در اثر توسعه بی‌رویه و دخل و تصرف غیر مجاز توسط عوامل انسانی بوده است.

بدلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، رواناب ناشی از بارش بعضاً تا بیش از ۳۰ بر ابر افزایش می‌یابد و در بخشی از مناطق که دارای شیب تند و از نظر زمین‌شناسی دارای خاک فرسایش پذیر می‌باشند، گل و لای زیادی جابجا شده و خسارات و تلفات بسیاری به بار آورده است.

(۴) احداث سازه‌های تقاطعی نظیر پل و جاده بر روی آنها بدون توجه به شرایط هیدرولیکی و سیلابی رودخانه که منجر به تنگ کردن مسیر عبور جریان و بعضاً حتی انسداد مجرا می‌شود.

(۵) عدم توجه مناسب به هشدار و پیش‌بینی سیل و اتخاذ تدابیر مناسب در مواجهه با آن توسط دستگاه‌های ذیربط و مردم (۸).

خسارات ناشی از سیلاب به دو گروه اصلی ملموس و غیر ملموس تقسیم می‌شود. خسارات ملموس باتوجه به ماهیت تأثیر سیلاب به دو زیر گروه مستقیم و غیر مستقیم تقسیم می‌شوند. خسارات مستقیم شامل زیانهای ناشی از هجوم و تماس آب با ساختمانها و محتوای درون آنها از جمله اسباب و لوازم زندگی و تجهیزات موجود، محصولات زراعی، دام و طیور و موارد دیگر می‌باشد. خسارات غیر مستقیم به آن دسته زیانهایی گفته می‌شود که موجب اختلال در تجارت و بازرگانی، شرایط زندگی و هزینه‌های خدمات فوریتی و دیگر موارد این چنین شود. خسارات غیر ملموس به صدمات ناشی از بیمارهای فیزیکی و روانی و مشکلاتی از این دست اطلاق می‌شود.

در واقع خسارت مستقیم ناشی از تماس فیزیکی سیلاب و آنچه را که با خود می‌آورد از قبیل رسوبات یا سایر احجام شناور است که در مجموعه‌های شهری و روستایی اتفاق می‌افتاد.

خسارات مستقیم شهری شامل خسارات مربوط به ساختمانهای مسکونی و اسباب و لوازم تجهیزات داخل آنها و امکانات مربوط به خدمات زیربنایی و عمومی از قبیل خیابانها، پلهای داخل شهر، سامانههای آب و فاضلاب، برق، مخابرات و مجموعه های تجاری و صنعتی و امکانات و تجهیزات و تأسیسات آنها و همچنین امکانات حمل و نقل و تردد داخل شهری از جمله خودروهای عمومی و از این قبیل موارد است.

خسارات روستایی شامل صدمات و زیانهای وارده به زمینها و تولیدات زراعی، دام و طیور و هزینههای مربوط به محصولات انبار شده، باز کاشت زراعتها و باغات، کنترل علفهای هرز ناشی از سیلاب، بازسازی نقاط فرسایش یافته و یا رسوب گذاشته شده است. همچنین صدمه و تخریب تجهیزات سرمایه ای شامل، حصاربندی ها، کارگاهها و کارخانه ها و تجهیزات ماشین آلات کشاورزی و روستایی، سیل بندها و سایر سازهای مهار سیلاب، جاده ها و ساختمانهای برون شهری در گروه خسارات روستایی قرار می گیرند. خسارت غیر مستقیم به مواردی از صدمات و زیانهای اطلاق می شود که بطور غیرمستقیم ناشی از جاری شدن سیلاب است.

خسارات غیر مستقیم شهری شامل زیانهای ناشی از کاهش خرید و فروش و تولید در مجموعه های تجاری و صنعتی و خرده فروشیهای خسارت دیده از سیلاب، دستمزدهای قطع شده، اختلال در سامانه های حمل و نقل و ارتباطات، هزینه هایی مربوط به جابجایی کالاها، اسباب و لوازم، تجهیزات و تأسیسات و خدمات از مناطق سیل زده به بیرون، و برگشت آنها به محل اولیه بعد از بهبود شرایط سیلابی، هزینه های پاکسازی محیط و برقراری امکانات موقت برای سیل زدگان و برپایی سیل بندهای موقت و ... است.

خسارات غیر مستقیم روستایی شامل هزینه های مربوط به قطع سامانه های حمل و نقل و ارتباطات، جابجایی و تأسیسات و تجهیزات کارگاهی و کارخانه ای روستایی و محتوای انبارها به اراضی بلندتر است.

خسارات غیر ملموس به خسارتی اطلاق می گردد که معمولاً قابل خرید و فروش نبوده و برای آنها ارزش بازاری و تجاری وجود ندارد. در حالیکه خسارات ملموس که شامل خسارات مستقیم و غیر مستقیم است دارای ارزش بازاری و ریالی است. اصلی ترین اثرات غیر ملموس ناشی از سیلاب عبارتند از: قطع و اختلال در فعالیتهای شخصی از جمله فعالیتهای سودآور، مسافرت و ارتباطات و به ویژه صدمات جانی و روانی از جمله مرگ و میر است (۵).

۳-۲- بررسی آثار کیفی تخلیه سیلاب بر محیط زیست در حالت پایداری بیولوژیکی و اکولوژیکی

تعداد جمعیتهای طبیعی کلیدی شامل بی مهرگان کوچک، ماهیها و گیاهان رودخانه ای می باشند. پس در حالتی که فرض شود انسان هیچگونه دخالت ناروایی در طبیعت ندارد وقوع سیلاب نه تنها سبب وارد شدن خسارت به محیط زیست طبیعی نمی شود بلکه سبب تجدید تعادل حیات طبیعی می شود. اما در حال حاضر که انسان به بهای به خطر انداختن محیط زیست طبیعی زندگی می کند سیلاب های طبیعی ضررهای فراوانی را به محیط زیست طبیعی وارد می سازد. تغییرات شکل زمین در حوادث بزرگ تمام این جمعیتها را تحت تأثیر قرار می دهند. گیاهان رودخانه ای عیناً بیشتر از همه تحت تأثیر قرار می گیرند. فلسفه زیربنایی با تمرکز بر متغیرهای کوتاه مدت به صورت هزینه در برابر سود تعیین کننده سیاستهاست و نه با ملاحظه نمودن دامنه کلی تأثیرات. مهمترین منابع محیط زیستی که دارای پیچیدگی در پاسخ دینامیکی به سیلاب می باشد رودخانه ها می باشند. پاسخ دینامیکی هر کدام از سیستم های رودخانه ای به سیلاب با دیگری کاملاً متفاوت و جالب توجه می باشد. حوادث بزرگ سبب می شود که گونه های غریبه و ناسازگار مغلوب شوند و این سیستمها غریب نواز محسوب نمی شوند. زنده ماندن و سالم ماندن درختان و پوشش گیاهی موجود در منطقه سیلابزده تابعی است از گونه درخت، مدت و دامنه سیلاب و شدت عوامل تأثیرگذار درختان محلی به سیلابهای پررودیک خو میگیرند و در طول سیلاب کمتر دچار خسارت میشوند.

۳-۳- بررسی دینامیک سیستم های رودخانه ای با شیب زیاد در قبال جمعیت اکوسیستم طبیعی

در این سیستم رودخانه ای سیلاب بزرگ به عنوان یک مکانیسم جاروب کننده برای جمعیت بی مهرگان و پناهگاه آنان اتلاق می شود. جمعیت بی مهرگان پس از وقوع سیلاب به شدت افسرده هستند ولی معمولاً پس از سیلاب به سرعت تجدید حیات و بازیابی می کنند Hilsen دریافت که این بازیابی بیشتر توسط گونه هایی انجام می شود که خواستار ایجاد تغییرات در سیستم مسکونی آبی ایجاد شده توسط پروسه های تغییر شکل زمین هستند که در طول سیلاب به وقوع می پیوندد. یک سیلاب مواد رسوبی ریز و ویرانگر را از حوزه آبریز جمع آوری نموده و به داخل رودخانه ها هدایت می نماید. این عمل سبب فقدان پناهگاه و غذا برای بعضی گونه ها و سبب افزایش مسکن برای گونه هایی که زیر لایه را برای زندگی ترجیح می دهند می شود (۴).

به طور کلی تنوع بی مهرگان کاهش یافته و تعداد کل گونه ها نسبت به جمعیت معلق و مضطرب بی مهرگان دچار واکنش می شوند. به طور مثال تنوع جمعیتی حشرات یک روزه افزایش پیدا کرده (تا حدود ۲۵٪) این گونه ها، لایه های خاکی را به عنوان پناهگاه ترجیح می دهند.

۳-۴- بررسی دینامیک سیستم های رودخانه ای با شیب کم در قبال جمعیت اکوسیستم طبیعی

در رودخانه های با شیب کم در طول سیلاب سطح آب افزایش یافته پناهگاه مناسبی برای بی مهرگان به وجود می آید و در خطوط ساحلی افزایش یافته، دانسیته بی مهرگان دچار افزایش می شود و این خود سبب افزایش گونه های شکارچی نظیر ماهی ها می شود (حدود دو برابر افزایش در جمعیت بی مهرگان) رودخانه های با شیب کم در پاسخ دینامیکی به سیلاب یکسان نیستند (۱۱).

۳-۵- بررسی دینامیک سیستمهای رودخانه ای

در قبال جمعیت ماهیها، جامعه نباتی و انسانها برخوردار بودن از بعضی ویژگیها به بعضی گونه های ماهیها اجازه می دهد که بهتر بر شرایط سیلاب غلبه یابند به ویژه آنها که به گستره زیستی عادت دارند در رودخانه های با شیب کم، زمان و دوام سیلابها و شرایط زیست محیطی طبیعی موجود در سیستم پاسخ جمعیت ماهیان به سیلاب را تعیین می کند. این سیستمها از یک پیچیدگی در واکنش سیلاب-دشت برخوردارند. سیلاب در این سیستمها معمولاً یک شکوفایی در گونه های ماهیها به وجود می آورد. این نتیجه به این دلیل است که با به زیر آب بردن ساحل رودخانه و سیلابدشت منبع جدیدی برای تغذیه ماهیها و پناهگاه جدیدی برای آنها پیدا می شود و این سبب شدت بخشیدن به پروسه شبکه غذایی می شود. حیات خیلی از گونه ها وابسته است به محل تخم گذاری آنها و به همین دلیل تعداد ماهیها در واحد متر مربع به طور متوسط افزایش می یابد. این مقایسه ای بود با سیستم رودخانه ای با شیب زیاد. نتیجه کلی که می توان از مطالب فوق بدست آورد این است که در هر دو سیستم رودخانه ای، آثار سیلاب بر ماهیها مجزا از تغییرات پناهگاه و نوسان در دیگر بخشهای زنجیره غذایی نیست. پوشش گیاهی نقش مهمی را در طول یک سیلاب بازی می کند. پوشش گیاهی معمولاً خسارت ناشی از سیلاب را با اتلاف انرژی سیلاب و با پایدار نمودن جداره ها و شیب های تند رودخانه در برابر نیروی فرسایش کاهش می دهد. و در بعضی از سیلابهای بزرگ پوشش گیاهی قادر به استقامت در برابر نیروی سیلاب نیست و از ریشه برکنده می شود. در چنین حالتی پوشش گیاهی ابتدا نیروی سیلاب را تضعیف می نماید و سپس خودش که از ریشه برکنده شده است به صورت زباله و آشغال خسارات مضاعفی بر سازه های مدفون در آب تحمیل می نماید. جلگه ها نقش مهمی در پاسخ حیاتی و غیرحیاتی به سیل بازی می کنند. سیلاب در جلگه ها سبب تحریک و افزایش در تولیدات حیاتی در زنجیره غذایی می شود (۹). به لحاظ کیفیت آب، جلگه ها با توقف رسوبات و استفاده از منابع غنی رواناب حاوی نیتروژن در رشد پوشش گیاهی کیفیت آب را بالا می برند. همچنین این مناطق نقش ابزار نگهدارنده جریان آب، پائین آورنده سرعت آب و پائین آورنده پیک سیلاب را بازی می کنند. پس از وقوع سیلاب، جمعیت بشری در معرض مواد سمی قرار می گیرد. منابع غذا و آب دچار آلودگی میشود. گرد هاگ و تخم قارچ استنشاق می شود. مهمتر از همه، چون روحیه عمومی به دلیل استرس مرتبط با ضربه روحی ناشی از سیلاب

تضعیف می یابد، سلامتی عموم در معرض خطر قرار می گیرد. دلیل دیگر در معرض خطر قرار گرفتن سلامتی، گذراندن ساعت متمادی جهت تعمیر خرابی ها و نجات افراد می باشد.

۶-۳- آثار سازه های کنترل سیلاب بر اکوسیستم طبیعی

آثار محیط زیستی سازه های سیل بند و مخازن کنترل سیلاب شامل جدایی کانال اصلی و سیلابدشت، تجزیه جلگه ها و ویرانی آنها، تغییر رژیم هیدرولوژیکی، تحریک نمودن تأثیر ژئومورفیکی سیلاب و پنهان نمودن علائم طبیعی است. جدایی کانال اصلی و سیلابدشت مستقیماً در ارتباط با تغییر رژیم هیدرولوژیکی است. بعضی گونه های آبرزی مخصوصاً به پناهگاه سیلابدشت وابسته اند آثار محیط زیستی سازه های سیل بند و مخازن کنترل سیلاب شامل جدایی کانال اصلی و سیلابدشت، تجزیه جلگه ها و ویرانی آنها، تغییر رژیم هیدرولوژیکی، تحریک نمودن تأثیر ژئومورفیکی سیلاب و پنهان نمودن علائم طبیعی است. جدایی کانال اصلی و سیلابدشت مستقیماً در ارتباط با تغییر رژیم هیدرولوژیکی است. بعضی گونه های آبرزی مخصوصاً به پناهگاه سیلابدشت وابسته اند. بقیه گونه ها به مناطق سیلاب زده به عنوان محل تخم گذاری وابسته اند. در مورد پدیده جدایی کانال اصلی رودخانه از سیلابدشت باید اضافه نمود که پدیده ای غیرطبیعی است که پناهگاه کلیدی آبریان را ویران می کند و سبب تحریک زندگی آنها می شود. سیل بندها رودخانه ها را در مرز آنها محدود می نمایند بدون آنکه فضای طبیعی کافی جهت گسترش در اختیار آنها قرار دهند. و این سبب کاهش محدوده تحت نفوذ سیلاب می شود. مگر در زمان تسلیم سازه سیل بند که سرعت و سطح جریان به طور مصنوعی افزایش می یابد (۱۲).

۳-۷- جلگه ها

اکنون به دلیل توسعه با تاسیسات و سازه های دست بشری جایگزین شده اند. در حالی که زمانی قادر به ذخیره حجم زیادی آب در خود بودند و از پیک سیلاب می کاستند اکنون این تصرفات بشری در جلگه ها سبب شده است که زمان تمرکز رودخانه اصلی کاهش یابد. تمامی این عوامل، پروسه هیدرولوژیکی را تغییر داده و سبب پیک بزرگتر و سریعتر سیلاب می گردد. جلگه ها مراکز فعالیتهای حیاتی هستند؛ و اکنون این تصرفات بشری در جلگه ها سبب شده است که زمان تمرکز رودخانه اصلی کاهش یابد. از دیگر سازه های کنترل سیلاب، مخازن کنترل سیلاب هستند که رودخانه های طویل را از حالت محرک و غیرسکون به حالت سکون تبدیل نموده و این سبب ایجاد تغییرات زیست محیطی در سیستم می شود. مخازن از طرفی طبیعت هیدرولوژیکی سیلابها را تغییر می دهند ولی از طرفی علائم طبیعی را مخفی نموده و تغییرات پائین دست را تحت فشار می گذارند. ماهیها از جمله جمعیتهایی هستند که از لحاظ تولید علائم برای مهاجرت و تخم گذاری وابسته به جریانهای سنگین رودخانه ها هستند. و در کل فعالیتهای پائین دست با ایجاد رژیم غیر طبیعی که از پیامدهای مخازن کنترل سیلاب می باشد تغییر می کنند. پیامد دیگر مخازن کنترل سیلاب توقف رسوبات حمل شده توسط بالادست جریان است که سبب گسترش مصالح پائین دست مورد نیاز برای ساخت و حفاظت مناطق برگشت آب و پشته های ماسه ای و شنی که پناهگاه تخم گذاری و پرورش ماهی ها است می شود. از تمام آنچه در مورد مخازن کنترل سیلاب گفته شد نتیجه می شود که مخازن کنترل سیلاب سبب جدایی مخازن جلگه طبیعی و سیلابدشت می شوند بدون اینکه هیچ منفعتی در کار باشد. مهمترین تأثیر منفی اکولوژیکی طرحهای کنترل سیلاب^۱ شامل کاهش و قطع ارتباط مناطق با احجام آبی سالانه دائمی و فصلی است. نتیجتاً "زمینهای زنده ماهیگیری از دست می روند و مسیرهای مهاجرت بسته خواهند شد. جمعیت جوندگان از اجرای این طرحها سود می برند. چرا که خاکریزها می توانند مسکن مناسبی برای آنها به شمار آیند و البته این خود سبب افزایش خطر شکاف خاکریزها می شود. با کاهش مناطق جلگه ای، پوشش گیاهی آبرزی به عنوان سرچشمه های حیاتی کمتر دیده می شوند.

¹ Negative ecological impact of flood control plans

۳-۸- توسعه مدل‌های ارزیابی زیست محیطی

با توجه به اینکه امروزه سیستم‌های مهندسی ارزش به سمت مکانیزه شدن پیش می‌رود، جهت مقایسه طرح‌های عمرانی چه در حوزه زیست محیطی و چه در حوزه اقتصادی و ... از مدل‌های شبیه سازی و بهینه سازی خطی و غیر خطی، پویا و ایستا استفاده می‌شود تا بتوان با تبدیل کیفیت به کمیت و بی بعد کردن آثار و مشاهدات عینی طرح‌ها، برآحتی آنها را مقایسه و ارزیابی کرده و بر اساس بهترین مدل که بیشترین عوامل مؤثر موجود را در فرایند مدلسازی وارد می‌کند تصمیم درست و دقیقی گرفته شود. لذا در مقدمه ارزیابی زیست محیطی یک طرح ابتدا باید حوزه ارزیابی و جزئیات آن مشخص شود. جزئیات یک ارزیابی بسته به عوامل زیر است (۱۳)

- ۱- حساسیت محیط زیست محلی ۲- درجه و ابعاد توسعه و پروژه پیشنهادی و اثرات بالقوه آن ۳- ارزش اجتماعی پروژه در سطوح ملی، منطقه ای و محلی از نظر ارتقاء کیفیت محیط زیست ۴- منابع و تخصص‌های علمی کشور
- ۵- زمان ارزیابی در این مرحله باید ابتدا اثرات کلیدی پروژه بر محیط زیست مشخص شود و دامنه و ابعاد اثرات آن بطور کلی و تفصیلی پیش بینی و تشریح گردد. در حوزه ارزیابی و مقایسه طرح‌های توسعه منابع آب، (خصوصاً طرح‌های کنترل سیلاب، دو مسأله مهم و تأثیرگذار در مدیریت و تصمیم‌گیری‌های کلان (که معمولاً در مهندسی ارزش قابل بررسی است؛) عوامل اقتصادی- اجتماعی و آثار مثبت و منفی زیست محیطی ناشی از تغییرات رژیم هیدرولوژیکی توسعه منابع آب است.
- ۶- مدل تصمیم‌گیری چند معیاری (UNEP) جهت ارزیابی آثار زیست محیطی پروژه‌ها می‌تواند از اصول چند معیاری تصمیم‌گیری استفاده کرد. بطور سنتی در توسعه منابع، طرح‌ها باید کاملاً اقتصادی و دارای اهداف و انتظارات سودمند بودن باشند. در این طرح‌ها سعی می‌شود که منافع و زیانهای ناشی از چند منظوره بودن طرح‌های توسعه منابع آب، نظیر احداث سد مخزنی، تولید برقابی، کنترل سیلاب و ... از ارزش اقتصادی واقعی برخوردار شوند (۱۳). در این مقاله از مدل‌های چند معیاری تصمیم‌گیری، روش UNEP انتخاب شده است. در این روش ابتدا مقدار یا ارزش واقعی معرف یا شاخص (i) را که (۲) نامیده می‌شود، تعیین می‌کنند. برای تعیین این مقادیر از اندازه‌گیری‌ها و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به هزینه‌ها استفاده می‌شود. چون واحدهای اندازه‌گیری برای معرف‌های اصلی مانند درآمد برای مثال با اکسیژن محلول "متفاوت هستند، لذا باید با همسان نمودن مقادیر این معرف‌ها، آنها را بصورت ارزشهای طبیعی (Si) درآورد. پس Zi ارزش واقعی طرح است که بین دو مقدار $Z_i +$ و $Z_i -$ بترتیب مقادیر حداکثر و حداقل بهترین مقدار و بدترین مقدار) نوسان دارد.

۳-۹- تأثیرات اجتماعی سیلاب

- اختلالات اجتماعی که از سیل ناشی می‌شود یکی از مهمترین تأثیراتی است که باید مدنظر قرار گیرد. مشکلات اجتماعی را می‌توان یکی از مهمترین عواقب زیست محیطی به شمار آورد. این مشکلات شامل:
- تغییر مکان و اختلال در حمل و نقل، خدمات تجاری و عمومی، تامین غذا و خدمات پزشکی
 - تهدید سلامت عموم و اسکان تخلیه‌کنندگان در شرایط غیر بهداشتی
 - آمادگی اضطراری برای فعال کردن غذا و تامین نیرو برق خدمات پزشکی و حمل و نقل
 - نیاز به مراقبت ویژه از گروه‌های اجتماعی خاصی مانند سالمندان و معلولین
 - ازدست دادن شغل بیکاری
 - اسکان موقت
 - تأثیرات جابجایی اجباری افراد سیل دیده
 - ملاحظات امنیتی (۱۲)

۳-۱۰- اثرهای زیست محیطی حاصل از سیلاب

مطالعه اثرهای مخرب سیلاب بر محیط زیست می تواند ابعاد جدیدی به توجیه پذیری سامانه پیش بینی و هشدار سیلاب دهد. در بسیاری از سیلابهای تاریخی که رخ داده است تعداد کشته شدگان در اثر بیماریها و یا قحطی حاصل از سیلاب بسیار بیشتر از تلفات مستقیم سیلاب بوده است مانند سیلابهای ۱۸۷۱ و ۱۹۳۱ چین. تغییر درزهکشی رواناب ناشی از بارش و سیلاب سبب ایجاد اختلال قابل توجهی در محیط زیست سیلاب دشتهای شهری و روستایی می شود. وقوع این اثرها بر روی محیط زیست می تواند عناصر مختلف محیطی سیلاب دشت را به صورت کوتاه مدت و یا بلند مدت تغییر دهد که ممکن است منفعت و یا مضراتی را به همراه بیاورد. یکی از اثرهای مهم زیست محیطی، تخریب کیفیت آب درمقایسه با استاندارد آبهای سطحی و زیرزمینی و از بین رفتن تعادل ارگانیسمها برای استفاده از آب به عنوان محیط زندگی شان است. آلودگی آب رودخانه و آبراهه های سطحی می تواند ناشی از مسایل زیر باشد:

- سر ریز شدن جریانات حاوی ذرات خاک وزباله به داخل آب
- شستگی سطوح جاده ها، جمع شدن جامدات معدنی، شن، مواد نمکی جاده و دیگر ضد یخها و جریان یافتن به درون رودخانه

- جاری شدن مواد سوختی مانند: نفت، گاز، بنزین و دیگر ذرات و بقایای لاستیکی فعالیتهای بشری و در نتیجه آن جریان یافتن پساب کارخانه ها، منابع گازها و زباله ها، شوینده ها، کود های شیمیایی باغها و مزارع، حشره کشها، علف کشها و پسماندهای آلی به داخل رودخانه ها و انتشار به سطح منطقه سیلاب دیده در هنگام وقوع سیلاب واقع شدن مکانهای ساخت و ساز در مسیر سیلاب که سبب تخریب و فرسایش بافت خاک و ایجاد نخاله شده اند.

تقریباً نیمی از بار آلودگی رواناب مربوط به شسته شدن سطح حوضه و نیمه دیگر مربوط به فاضلابهای شهری است. معیار های دما و شمارباکتری ها مورد ارزیابی قرار می گیرند. به هر حال، ارزیابی محیط زیستی با پارامترهای میزان اکسیژن حل شده، صورت می گیرد که میزان مواد آلی که تحت شرایط معمولاً مستقیماً از طریق آزمایش بیوشیمیایی اکسیژن مورد نیاز برای ارزیابی کل میزان مواد آلی به کار می رود (۹).

۴- نتیجه گیری

اگر چه عملاً حذف کامل اثرات سوء سیلاب ها امکان پذیر نیست، اما غالباً می توان از شدت و دامنه آن ها تا حد بسیار زیادی کاست. بدیهی است که این کاهش می بایست به طریقی انجام شود که مبتنی بر اصول توسعه پایدار باشد. حوضه های رودخانه ای، به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشکی مانند ایران و سرزمین های مجاور، همواره محور سکونت و تمدن جوامع بشری بوده اند. افزایش جمعیت و فشار بر منابع آب و خاک در دوران اخیر، همراه با تحول و پیشرفت در فناوری تامین آب و شیوه های کشت و کار کشاورزی، موجب شده تا اهمیت این منابع محدود در کشور ما بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (۷). از این رو، مدیریت منابع آب و خاک و اقدامات حفاظتی به شیوه های نوین اهمیت و ضرورت بیشتری کسب نموده است. در این پژوهش اثرات اجتماعی و زیست محیطی سیلابها با روش کیفی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

امروزه به دلیل توسعه که به موجب آن نیاز به استفاده و بهره برداری از منابع طبیعی امری طبیعی و مرسوم بوده و موجب شده بسیاری از مسئولین و تصمیم گیران فارغ از چرخه های حیات و بدون در نظر گرفتن جایگاه ساختارهای محیط زیست به سهولت، دست به تخریب و تغییر طبیعت بزنند، در صورتی که یک اکوسیستم خرد و یا کلان نتیجه فعل و انفعالات چندین ساله طبیعی نبوده، بلکه در صدها سال در مسیر رخداد های طبیعی به یک مرحله با ثباتی رسیده است و اگر اقدامات و رویکردهای ما طوری باشد که مستقیم یا غیر مستقیم موجب تغییرات آن را فراهم کند، محیط زیست در مقابل این تغییرات، مانند بدن یک موجود زنده مثل انسان از خود واکنش نشان خواهد داد.

واکنش محیط می تواند تدریجی و یا سریع به مرحله ای برسد که بازگشت به آن پرهزینه و تقریباً امری محال باشد؛ که نمونه های آن در سالیان اخیر مکرراً در رسانه ها مطرح شده و در مناطق مختلف مردم با آنها رو به رو گشته اند (۸)؛ اعم از خشک شدن دریاچه ارومیه، تالاب هامون، تالاب بختگان، کم عمق و خشک شدن حاشیه تالاب انزلی، فروچاله های دشت

نپاوند، فرونشست زمین در اطراف تهران، خشک شدن چشمه ها و قنات ها و... که حتی بارش های بی سابقه در ۵۰ سال اخیر سال آبی ۹۸-۹۷ هم نتوانسته و نمی تواند برخی از این اکوسیستم ها را به روز اول خود درآورد.

امروزه به دلیل محدودیت های منابع آب قابل استفاده برای مصارفی مختلف به ویژه تولید غذا و شرب؛ اکثر کشورها برنامه های به منظور مدیریت آب خود دارند، چرا که بدون این منبع حیاتی توسعه یک جامع به سختی امکان پذیر است، به منظور مدیریت این امر از روش ها و اقدامات متنوع و گسترده ای استفاده می شود که هم تناسب با اکوسیستم داشته باشد یعنی علاوه بر ذخیره آب؛ محیط زیست را نیز تحت تغییر و تخریب قرار ندهد.

به گواه بسیاری از کارشناسان حوزه آب و محیط زیست و با بررسی عملکردهای بسیاری از کشورها در این حوزه؛ بهترین و موفقی ترین روش و مدلی که الهام گرفته از خود طبیعت است و نتایج متنوع و عمیقی را رقم می زند؛ آبخیزداری است. متأسفانه در دهه های گذشته علاوه بر اینکه در توسعه شهری، صنعتی، کشاورزی، بدون توجه به مقوله ظرفیت برد محیط زیست و همچنین حق محیط زیست و ابعاد پیچیده آن، صرفاً در مسیر سدسازی، سازه های فیزیکی کنترل آب و انتقال آب که باید مکمل و همراه با اقدامات آبخیزداری باشد؛ گام برداشته ایم؛ در صورتی که حتی در برخی مناطق نباید به ساخت سد روی آورد.

نتیجه تصمیم گیری ها و اقدامات یک سویه و تک بعدی انسان، امروزه شرایطی را رقم زده که تاب آوری اکوسیستم بسیار شکننده و با کوچکترین پدیده اقلیمی و محیطی باید منتظر یک عارضه شد که با خود نوعی پیام را از محیط زیست حمل می کند، تا بلکه مسیر حرکت و نوع تفکر بشریت را تغییر و تصحیح کرد.

۵- منابع و مراجع

۱. راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب، وزارت نیرو شرکت مدیریت منابع آب ایران معاونت پژوهش و مطالعات پایه دفتر استانداردها و معیارهای فنی، نشریه شماره ۲۹۶ الف، اردیبهشت ۱۳۹۰.
۲. حسینی م، مطلبی فر ف. مطالعه و بررسی مدیریت سیل و راهکارهای کاهش خسارات ناشی از سیل، دوره شانزدهم، شماره ۶۳، ۱۳۹۴.
۳. قناتی ع ا. مدل ژئومورفولوژیکی سیلاب، دانشگاه تربیت معلم تهران، شماره مقاله ۵۹۶، ۱۳۹۵.
4. Emami.K ,A Holistic Approach To Selection of Design Floods of Large Dams , 73rd Annual Meeting of ICOLD, Tehran, Iran, May 2005, Paper No:079-52
۵. شریفی ف، صفارپور ش، ایوب زاده س ع، وکیل پور ج. بررسی عوامل مؤثر در تعیین آستانه شروع رواناب در مناطق خشک و نیمه خشک کشور به کمک استفاده از شبیه سازی و داده های بارش رواناب، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۷، شماره ۱، سال ۱۳۸۳.
۶. شکور ع، رضایی م ر. بررسی و نقش عوامل مشخص کننده بحران سیل در مدیریت شهری، همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸.
۷. صوفی م. بررسی عوامل مؤثر بر ایجاد سیل در آبخیزهای شهری و راهکارهای کنترل آن، ۱۳۹۲.
۸. عابسی ع، محمدرضا پور طبری م. کنترل و مهار سیلاب با تاکید بر مدیریت سیلاب در مخزن: مطالعه، موردی سد کارون یک، فصلنامه مدل سازی در مهندسی، سال چهارم، شماره ۹، ۱۳۹۶.
۹. جبار وطن فدا. بررسی وضعیت سیل کشور: مشکلات و تنگناها، ۱۳۹۴.
۱۰. خورسندی ح، فقیری غ ع، کلانتر ع ا. پیش نویس راهنمای ارزیابی خسارت سیلاب، ۱۳۸۵.
۱۱. امامی ک. راهنمای جامع مطالعات طرح، بهره برداری و نگهداری سامانه پیش بینی و هشدار سیل، ۱۳۹۱.
۱۲. شریعت، سید محمود و سید مسعود منوری /مقدمه ای بر ارزیابی اثرات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط زیست /۱۳۷۵.
۱۳. پرتانی، صادق و علی داننده مهر اقمایسه روشهای سازه ای کنترل سیلاب یازدهمین کنفرانس سراسری دانشجویان عمران /هرمزگان، بندر عباس دی ماه ۱۳۷۳.

Investigating and analyzing the social and environmental impacts of floods

Saeed Gaygani^{1*}, Mozghan Zamayed², Ali Dostadi Khatib³

¹ Master's degree in Environmental Management, Azad University, North Tehran Branch, Iran ² Assistant Professor, Department of Environmental Management, Azad University, North Tehran Branch, Iran ³ Master's degree in environmental management, Azad University, Tehran North Branch, Iran.

Corresponding Author: jzaeindar@yahoo.com

Abstract

In the midst of natural disasters, flood, earthquake and drought are of special importance in terms of financial losses and the damage caused by their occurrence. According to statistics and data of damages caused by the Asia-Pacific flood, the highest amount is among the damage caused by natural disasters. The purpose of this research is to investigate and analyze the social and environmental impacts of floods. The research method in this paper was qualitative and analyzed by using library studies, papers and documents. The results of this study showed that flood as one of the most important processes of changing the face of the earth is affected by various geomorphological phenomena. With all the importance of water in the Iranian economy, floods annually release large volumes of fertile soils from the country and move to cans, lakes and the sea. Flood damage appears to be highly controllable and preventive. Since today, the environmental impact assessment by global assemblies is one of the first factors in deciding on the implementation of development projects, including flood control plans, and the irreparable damage caused by the conscious and unconscious and the adverse effects of structural design of flood management and control on the environment of the day. By increasing the amount of human intervention in nature, it has become more and more updated; environmental assessment of these plans is essential in optimizing the implementation of large projects. By concentrating and converting water spills into flood, annual financial and financial losses are brought to industrial, urban and rural centers. The occurrence of floods causes the washing and transfer of fertile soils and excessive erosion. The soil of eroded inlets along with the flooding of rivers in the estuary, causes sedimentation and filling of reservoirs of dams.

Keywords: Flood, Social impacts, Environmental impacts, Flood.

برآورد دمای کمینه و دمای بیشینه شهرستان بیرجند با استفاده از سناریوهای انتشار ۴/۵ و ۸/۵ و مدل های گزارش پنجم

مهدی دستورانی^۱، محمد فتح آبادی^۲

^۱استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، mdastourani@gmail.com

^۲دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، muhamadfathabadi@gmail.com

چکیده

تغییر اقلیم عبارتست از هر گونه تغییرات بلند مدت و غیر قابل بازگشت شرایط جوی که در طول دهها یا میلیونها سال در آب و هوای یک منطقه اتفاق می افتد. افزایش دمای جهانی در اثر تغییر اقلیم با سرعت بخشیدن به تبخیر آب از سطح اقیانوسها میتواند چرخه هیدرولوژیکی را دگرگون کند. وقوع سیل های با شدت بالا، گرما و سرماهای بی موقع، تکرار بیشتر خشکسالی ها، بالا آمدن سطح آب دریاها، طغیان آفات و بیماریهای گیاهی، کاهش ضخامت لایه ازن، گرم شدن جهانی هوا و ذوب شدن یخهای دائمی از جمله مواردی است که بحث تغییر اقلیم را در دهه جاری در جهان بیشتر مطرح کرده است. در این پژوهش تغییرات دمای کمینه و دمای بیشینه با استفاده از ۶ مدل و دو سناریو RCP4/5 و RCP8/5 برای ایستگاه سینوپتیک شهرستان بیرجند به کمک داده های گزارش پنجم تغییر اقلیم در طی دوره آتی ۲۰۳۵-۲۰۱۸ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۸۸ انجام شده است. عمل کوچک مقیاس نمایی داده ها نیز با استفاده از مدل آماری LARS-WG انجام شده است. نتایج حاصل از تحقیق مشخص کرد که مدل CANESM2 برای سناریو RCP 8/5 و مدل GFDLCM2 برای سناریو RCP 4/5 بیشترین نسبت دمای کمینه و همچنین مدل GISS-E2R برای هر دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 کمترین میزان نسبت دمای کمینه را نشان می دهد. در برآورد نسبت دمای بیشینه به ترتیب مدل های GFDLCM2 و GISS-E2R به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت دمای بیشینه را برای هر دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 برای دوره آتی پیش بینی می کنند. در همه مدل ها سناریو ۸/۵ نسبت دمای کمینه و بیشینه بیشتری را نسبت به سناریو ۴/۵ برای آینده برآورد می کند.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، دمای بیشینه، دمای کمینه، گزارش پنجم، مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG

۱- مقدمه

هرگونه تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوا، که در طولانی مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ دهد را تغییر اقلیم گویند. این پدیده باعث تغییراتی در رژیم بارش، میزان رواناب، سرعت باد، تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین و دمای هوا میشود. (ایزدی و همکاران، ۱۳۹۷). با افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن در لایه های فوقانی جو و عدم خروج اشعه مادون قرمز از جو زمین و افزایش درجه حرارت اثر گلخانه ای جو تشدید میشود. افزایش غلظت دی اکسید کربن با سرعت معادل ۴/۲ درصد در سال باعث بالارفتن درجه حرارت و تغییر الگوی بارندگی در مناطق مختلف جهان شده است. در نتیجه درآینده بر کارکرد اکوسیستمهای کشاورزی و تولید محصولات مختلف تأثیر خواهد گذاشت (موسوی و سبزی پرور، ۱۳۹۵). افزایش روز افزون انتشار گازهای گلخانه ای تبعاتی دارد که از جمله ی آنها می توان به افزایش دمای کره ی زمین، ذوب شدن یخهای قطبی، پدیده های فرین اقلیمی نظیر سیل، طوفان، تگرگ و سرمای نابهنگام و

افزایش سطح آب دریاها اشاره کرد. افزایش این رخدادها در سال‌های اخیر دغدغه‌ی اصلی اقلیم‌شناسان و سران کشورهای جهان تبدیل شده است، بنابراین پدیده‌ی تغییر اقلیم می‌تواند عمده‌ترین چالش بشر در آینده قلمداد گردد. (شهریور و همکاران، ۱۳۹۵)

صادقی و جلودارلو (۱۳۹۷)، به پیش‌بینی دمای هوا و روند تغییرات ایستگاه زنجان در دوره‌های آتی تحت شرایط تغییر اقلیم پرداختند و نتایج نشان داد که طبق هر سه سناریو، میانگین دمای مینیمم و دمای ماکزیمم در همه ماه‌های سال در هر سه دوره آتی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت.

نقی پور برج (۱۳۹۶)، به ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش استان چهارمحال و بختیاری در دوره‌های آینده پرداختند و نتایج نشان دهنده افزایش میانگین سالانه دما و میانگین سالانه بارش تحت تمامی سناریوها و سال‌های مورد بررسی در استان چهارمحال و بختیاری می‌باشد.

ایزدی و همکاران (۱۳۹۶)، به پیش‌بینی تغییرات ماهانه دمای حداکثر ایستگاه شهرکرد در دوره‌های آتی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم پرداختند و نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل در دوره‌های آتی نیز حاکی از افزایش دما برای تمام ماه‌ها و سناریوها در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه را دارد.

بغدادی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی اثر تغییر اقلیم بر کمترین دمای ایستگاه شهر اراک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کمترین دما در منطقه مورد مطالعه تحت هر دو سناریو در دهه 2020 نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد به طوری که سناریو A2 و B2 این افزایش را به ترتیب 0/97 و 1/05 درجه سانتی‌گراد پیش‌بینی نمودند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان بیرجند از شمال به شهرستان قاینات، از شرق به کشور افغانستان، از جنوب به شهرستان نهبندان و استان کرمان و از مغرب به شهرستان‌های فردوس و طبس محدود است. وسعت این شهرستان ۳۴۸۹۳ کیلومترمربع می‌باشد که در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۹۱ متری از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای بیرجند، نیمه بیابانی بوده و دارای زمستانهای سرد و تابستانهای خشک و گرم است. میانگین سالیانه بیشترین و کمترین درجه حرارت این شهر برابر با ۲۴ و ۸ درجه سانتیگراد است. کمترین دمای ثبت شده در این شهر در ۱۶ ژانویه ۱۹۹۳ و برابر با ۵/۲۱ - درجه سانتیگراد و بیشترین آن در تاریخ ۱۱ ژوئیه ۱۹۶۷ و برابر با ۴۴ درجه سانتیگراد بوده است. شهر بیرجند، به‌طور میانگین در ۷۶ روز از سال دارای دمای زیر صفر درجه و در ۱۴۲ روز از سال دارای دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱- نقشه شهرستان بیرجند

۲-۲- روش تحقیق

در این پژوهش داده‌های بارش به کمک داده‌های گزارش پنجم تغییر اقلیم در طی دوره آتی ۲۰۳۵-۲۰۱۸ نسبت به دوره پایه ۱۹۸۸-۲۰۰۵ با استفاده از ۶ مدل GFDLCM2، CSIRO3.6، GISS-E2R، MIROC-ESM، MPI-ESM-LR، CANESM2 تحت دو سناریو جدید RCP4/5 و RCP8/5 برای ایستگاه سینوپتیک شهرستان فائانات از طریق مدل آماری LARS-WG کوچک مقیاس شده است. در جدول شماره ۱ می‌توان مشخصات مدل‌های CMIP5 استفاده شده در این تحقیق جهت پیش بینی پارامترهای بارش برای دوره آتی ۲۰۳۵-۲۰۱۸ نسبت به دوره پایه ۱۹۸۸-۲۰۰۵ را مشاهده نمود. مشخصات سناریوهای RCP 4/5 و RCP 8/5 به کار رفته در این تحقیق نیز به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱- مشخصات مدل‌های به کار رفته در تحقیق براساس گزارش پنجم

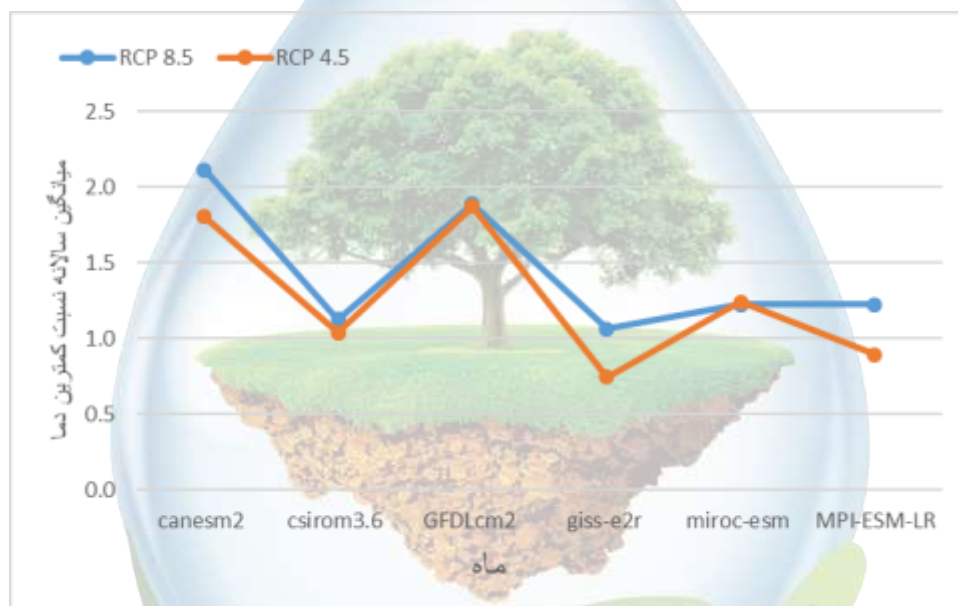
مدل	کشور	وضوح مکانی (طول جغرافیایی × عرض جغرافیایی) درجه
HadGem2	انگلیس	1.2° × 1.8°
CESM	آمریکا	0.94° × 1.25°
EC-EARTH	اروپا	1.121° × 1.125°
NORESME	نروژ	2° × 2°

سناریوی RCP8/5: این سناریو توسط تیم مدل سازی MESSAGE و موسسه IIASA به سرپرستی پروفیسور کیوان ریاحی در موسسه بین المللی آنالیز سیستم‌های کاربردی IIASA اتریش توسعه و طراحی شد که وجه مشخصه آن روند افزایش گازهای گلخانه ای است.

سناریوی RCP4/5: این سناریو توسط گروه مدل سازی MiniCAM طراحی شده است و در آن واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می ماند.

۳- نتایج و بحث

همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، سناریو ۸/۵ تغییرات دمای کمینه را بین ۱ تا ۲/۳ نشان می دهد در حالی که سناریو ۴/۵ این تغییرات را بین ۰/۳ تا ۱/۷ نشان می دهد. این امر بیانگر این است که افزایش دما برای سناریو ۸/۵ نسبت به سناریو ۴/۵ بیشتر برآورد شده است. مدل CANESM2 در سناریو ۸/۵ و مدل GFDLCM2 در سناریو ۴/۵ بیشترین نسبت دمای کمینه را نشان می دهد. همچنین مدل GISS-E2R در هر دو سناریو ۸/۵ و سناریو ۴/۵ نیز کم ترین نسبت دمای کمینه را نشان می دهند.



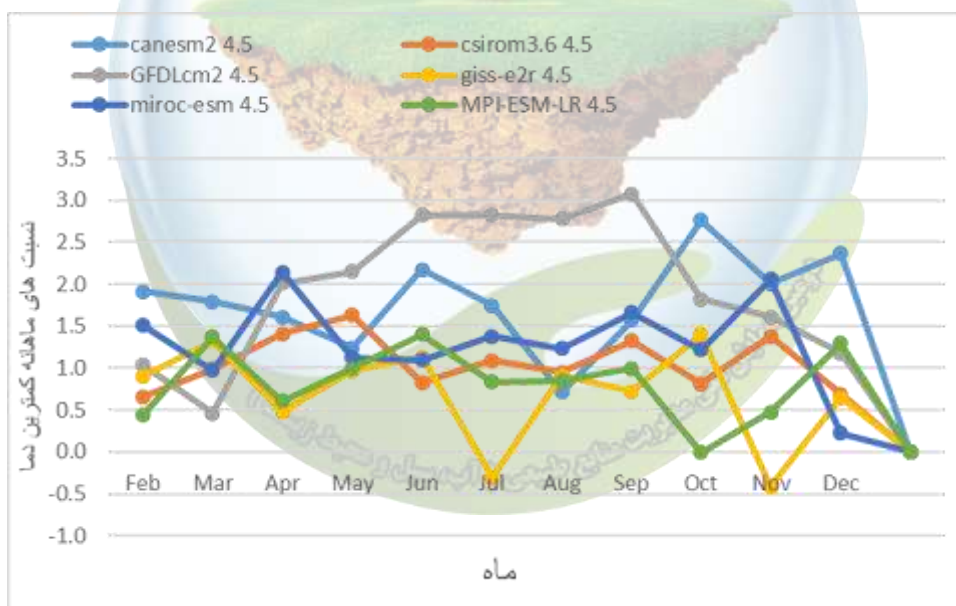
شکل ۲ - درصد تغییرات کمترین دما بر اساس سناریو ۴/۵ و ۵/۸

با توجه به شکل (۳)، تغییرات دمای بیشینه در سناریو ۴/۵ بین ۰/۷ تا ۲/۳ تغییر می کند این در حالی است که در سناریو ۸/۵ این تغییرات بین ۱/۱ تا ۲/۳ است و این امر نشان دهنده این است که افزایش دما برای سناریو ۸/۵ نسبت به سناریو ۴/۵ بیشتر برآورد شده است. در هر دو سناریو مدل GFDLCM2 بیشترین نسبت دمای بیشینه را نشان می دهد. همچنین کم ترین نسبت دمای بیشینه در هر دو سناریو را مدل GIS-E2R نشان می دهد.



شکل ۳ - درصد تغییرات بیشترین دما بر اساس سناریو ۴/۵ و ۸/۵

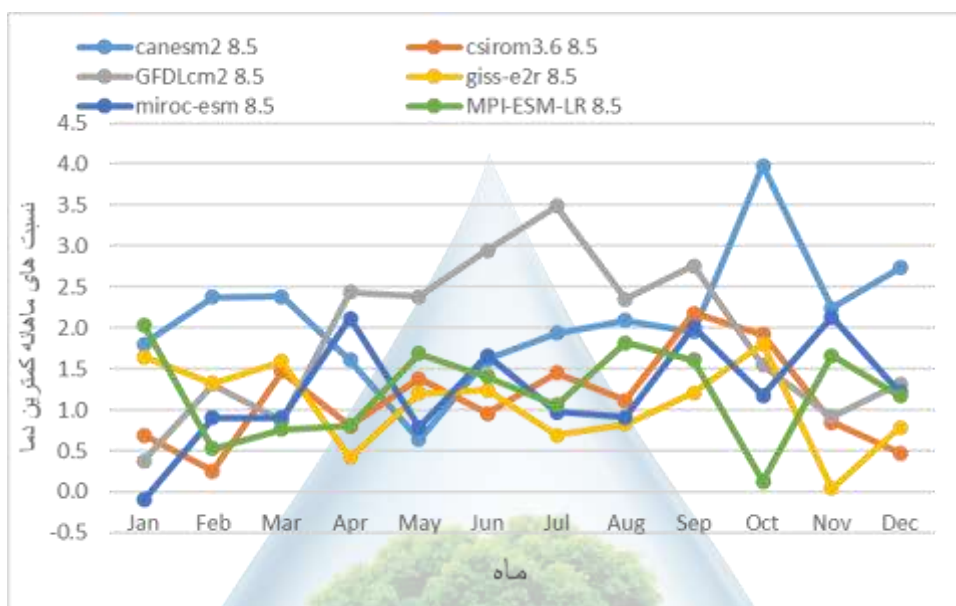
در شکل (۴) بیشترین برآورد نسبت دمای کمینه (از ماه آپریل تا سپتامبر) را مدل GFDLCM2 در ماه‌های مختلف میلادی در طول سال‌های مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۳۵) نشان می‌دهد. جهانتیغ و همکاران (۱۳۹۴) نیز افزایش دما را برای دوره آتی پیش بینی کرده‌اند. اکثر مدل‌ها از ماه ژوئن تا ژولای (فصل تابستان) و ماه‌های اکتبر تا نوامبر (فصل پاییز) افزایش دمای کمینه و از ماه سپتامبر تا اکتبر (فصل پاییز) کاهش دمای کمینه را برآورد می‌کنند که مدل GISS-E2R کمترین نسبت دمای کمینه را نشان می‌دهد.



شکل ۴ - تغییرات کمترین دما در طی ماه‌های دوره آتی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۴/۵

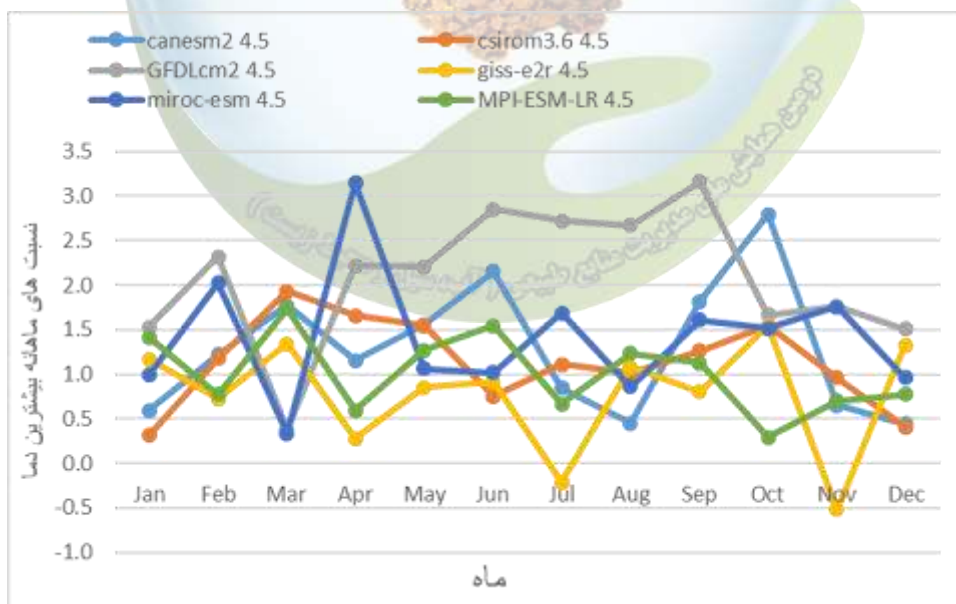
با توجه به شکل (۵) از ماه نوامبر تا فوریه (فصل پاییز و فصل زمستان) اکثر مدل‌ها افزایش دمای کمینه را برآورد می‌کنند که مدل GFDLCM2 بیشترین برآورد دمای کمینه را دارد. مشتاقی و همکاران (۱۳۹۴) نیز افزایش دما را در دوره آتی پیش

بینی کرده اند. در فصل تابستان (ماه مه تا آگوست) و فصل پاییز (ماه سپتامبر تا نوامبر) اکثر مدل‌ها کاهش دمای کمینه را نشان می‌دهند که در بین آن‌ها مدل GISS-E2R کمترین نسبت را برای دمای کمینه نشان می‌دهد.



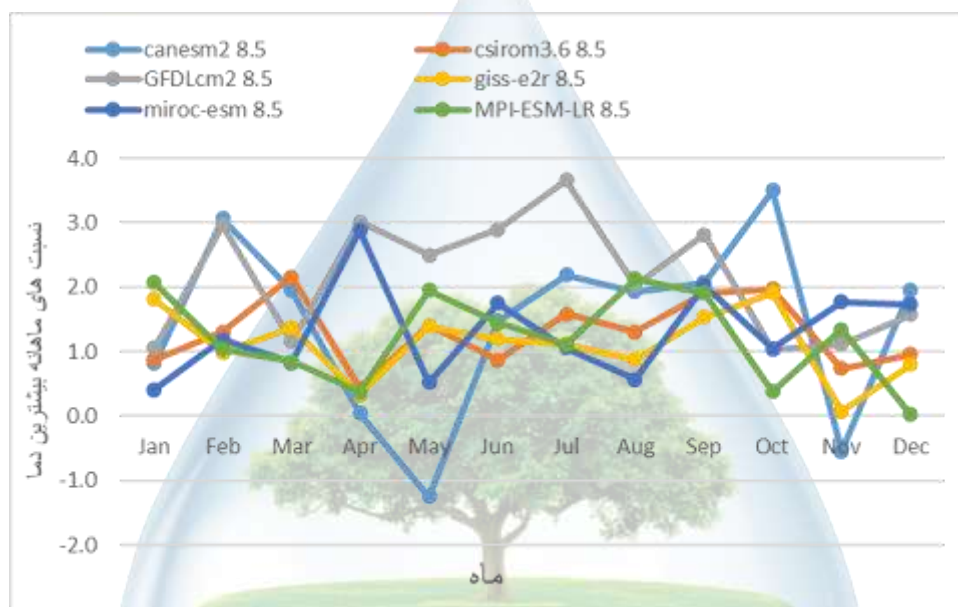
شکل ۵- تغییرات کمترین دما در طی ماه‌های دوره آبی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۸/۵

نتایج حاصل از شکل (۶) نشان می‌دهد که، مدل GFDLCM2 4/5 در ماه‌های مختلف میلادی برای دوره آبی ۲۰۳۵-۲۰۱۸ بیشترین نسبت دمای بیشینه را پیش بینی می‌کند که از ماه مه تا ماه سپتامبر به میزان بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها افزایش دمای بیشینه را نشان می‌دهد. المزرئی و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش دما را برای دوره‌های آبی پیش بینی کرده اند. از ماه نوامبر تا دسامبر (فصل پاییز) و از ماه مارس تا آپریل (فصل بهار) اکثر مدل‌ها کاهش نسبت دمای بیشینه را نشان می‌دهند که کمترین برآورد نسبت دمای بیشینه مربوط به مدل GIS-E2R می‌باشد. همچنین اکثر مدل‌ها از ماه آپریل تا ژوئن (فصل بهار و تابستان) و از ماه ژانویه تا مارس (فصل زمستان) افزایش نسبت دمای بیشینه را را برای دوره‌های آبی پیش بینی کرده اند.



شکل ۶ - تغییرات بیشترین دما در طی ماه‌های دوره آبی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۴/۵

با توجه به شکل (۷) مدل GFDLCM2 (از ماه‌های مه تا ژولای) بیشترین برآورد و مدل GISS-E2R کم‌ترین برآورد دمای بیشینه را برای دوره آبی ۲۰۱۸-۲۰۳۵ در میان سایر مدل‌ها در اکثر ماه‌های سال نشان می‌دهند. گویا و همکاران (۱۳۹۶) نیز افزایش دما را برای دوره آبی پیش بینی کرده‌اند. اکثر مدل‌ها از ماه مه تا آگوست (فصل تابستان) و از ماه سپتامبر تا نوامبر کاهش دمای کمینه را برآورد می‌کنند. همچنین بیشتر مدل‌ها از ماه آگوست تا نوامبر (فصل پاییز) افزایش دمای کمینه را برای دوره آبی پیش بینی می‌کنند.



شکل ۷: تغییرات بیشترین دما در طی ماه‌های دوره آبی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۸/۵

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تغییرات دمای کمینه و دمای بیشینه با استفاده از ۶ مدل و دو سناریو RCP4/5 و RCP8/5 برای ایستگاه سینوپتیک شهرستان بیرجند به کمک داده‌های گزارش تغییر اقلیم در طی دوره آبی ۲۰۱۸-۲۰۳۵ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۸۸ انجام شده است. که نتایج حاصل از این پژوهش نشان دهنده اینست که در برآورد نسبت دمای بیشینه به ترتیب مدل‌های GFDLCM2 و GISS-E2R به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت دمای بیشینه را برای هر دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 برای دوره آبی پیش بینی می‌کنند. همچنین مدل CANESM2 برای سناریو RCP 8/5 و مدل GFDLCM2 برای سناریو RCP 4/5 بیشترین نسبت دمای کمینه و همچنین مدل GISS-E2R برای هر دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 کم‌ترین میزان نسبت دمای کمینه را نشان می‌دهد.

۵- منابع و مراجع

۱. ایزدی، ز.، نصرالهی، ع. ح.، و حقیقتی بروجنی، ب. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات بارندگی و دمای هوا شهرکرد تحت تأثیر سناریوهای مختلف تغییر اقلیم.
۲. شهریور، م.، طالبی، ع.، و پور محمدی، س. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما حوضه آبخیز حنیفان. اولین همایش بین المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها.



۳. موسوی، م. و سبزی پرور، ع. ا. ۱۳۹۵. تأثیر تغییر اقلیم بر پهنه‌های دما و بارش در استان همدان در دوره ۲۰۰۹-۱۹۷۷. کنفرانس بین‌المللی تغییر اقلیم.
۴. صادقی، ا. و آزاد جلودارلو، ک. ۱۳۹۷. پیش‌بینی دمای هوا زنجان و روند تغییرات آن در دوره‌های آبی تحت شرایط تغییر اقلیم. کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام ایران - تبریز.
۵. تقی پور، برج، ع. ا. ۱۳۹۶. ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش استان چهارمحال و بختیاری در دهه‌های آینده. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.
۶. ایزدی، ز.، نصرالهی، ع. ح. و حقیقتی بروجنی، ب. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییرات ماهانه دمای حداکثر شهرکرد در دوره‌های آبی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.
۷. بغدادی، ع.، معروفی، ص.، هاشمی، س. س. و مرادی، م. ۱۳۹۵. بررسی اثر تغییر اقلیم بر دمای کمینه شهر اراک. سومین کنفرانس بین‌المللی علوم جغرافیایی شیراز.





Estimation of minimum and maximum temperatures of Birjand city Using diffusion scenarios 4.5 and 8.5 And fifth reporting models

Mohammad fath abadi¹ ·Mahdi dastourani²

¹Undergraduate Student of Water Science and Engineering, Birjand University muhamadfathabadi@gmail.com

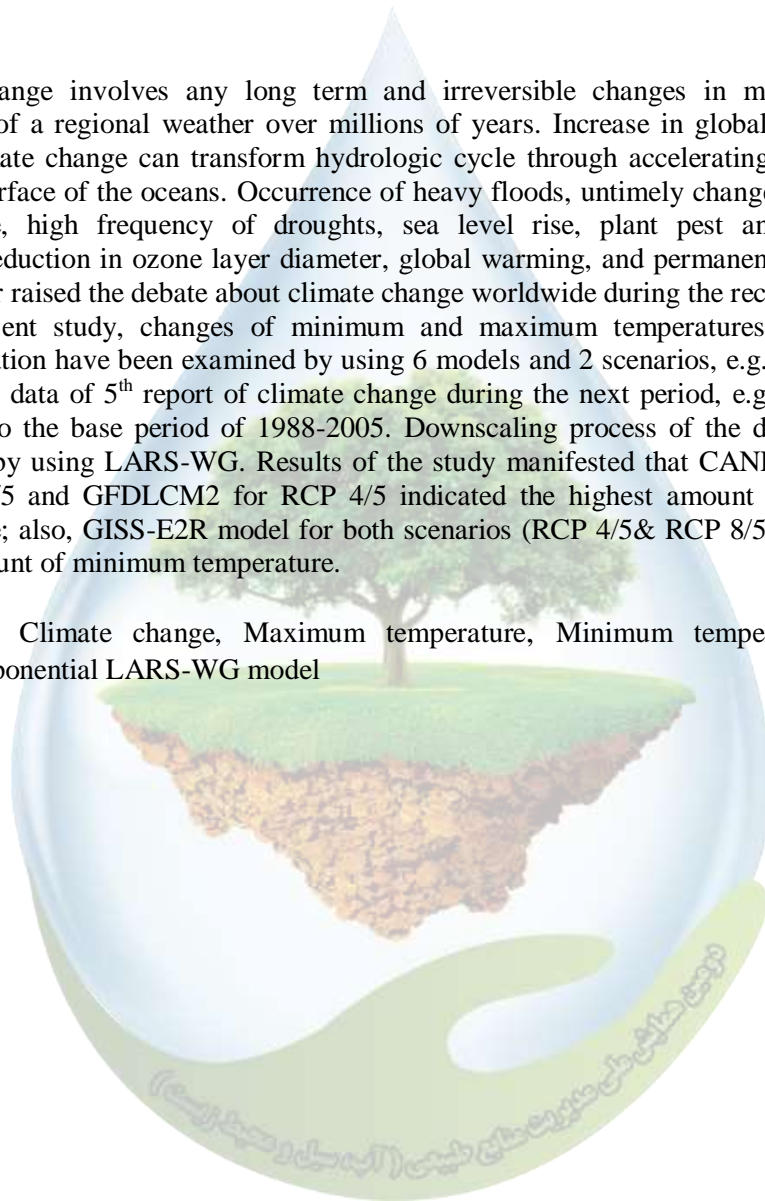
²Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Birjand University
mehdi840561@gmail.com

Abstract

Climate change involves any long term and irreversible changes in meteorological conditions of a regional weather over millions of years. Increase in global temperature due to climate change can transform hydrologic cycle through accelerating evaporation from the surface of the oceans. Occurrence of heavy floods, untimely changes in weather temperature, high frequency of droughts, sea level rise, plant pest and/or disease outbreak, reduction in ozone layer diameter, global warming, and permanent ice melting have further raised the debate about climate change worldwide during the recent decade.

In the present study, changes of minimum and maximum temperatures for Birjand synoptic station have been examined by using 6 models and 2 scenarios, e.g. RCP4/5 and RCP8/5 via data of 5th report of climate change during the next period, e.g., 2018-2035 compared to the base period of 1988-2005. Downscaling process of the data has been conducted by using LARS-WG. Results of the study manifested that CANESM2 model for RCP 8/5 and GFDLCM2 for RCP 4/5 indicated the highest amount of minimum temperature; also, GISS-E2R model for both scenarios (RCP 4/5 & RCP 8/5) showed the lowest amount of minimum temperature.

Keywords: Climate change, Maximum temperature, Minimum temperature, Fifth Report, Exponential LARS-WG model



مهدی دستورانی، سعید رجبی^۲

^۱استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، mdastourani@gmail.com

^۲دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، muhamadfathabadi@gmail.com

چکیده

تغییر اقلیم، تغییر معنی‌دار متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه در یک دوره زمانی طولانی می‌باشد. این بازه زمانی به‌طور معمول، ۱۰ سال یا بیشتر است. شرایط اقلیمی گرم‌تر باعث تشدید چرخه آب، تغییر بارش در مقدار و زمان ظهور می‌گردد. گرم شدن زمین و تأثیر آن بر چرخه آب مسئله‌ای است که امروزه تمام دانشمندان علوم جوی بر روی آن اتفاق نظر دارند. الگوی اقلیم از یک مکان به مکان دیگر دارای تغییرات خاصی است که این تغییرات به عرض جغرافیائی، فاصله از دریا، پوشش گیاهی، وجود یا عدم وجود نواحی کوهستانی و دیگر فاکتورهای جغرافیائی بستگی دارد. از جمله چالش‌های مهم پیش روی کشاورزی و منابع آب می‌توان به پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر تغییرات بارش ایستگاه سینوپتیک بیرجند است. طی این پژوهش طی دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۹ داده‌های بارش تحت دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 با استفاده از مدل‌های MIROC-، GISSER2، GFDLCM2، CSIRO3.6، CANESM2، MPI-ESM-LR، ESM، LARS-WG ریز مقیاس شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در سناریو RCP 8/5 مدل MPI-ESM-LR بیشترین و مدل GFDLCM2 کمترین میزان نسبت بارش را برآورد می‌کند. همچنین در سناریو RCP 4/5 بیشترین پیش‌بینی نسبت بارش مربوط به مدل CANESM2 و کمترین نسبت پیش‌بینی بارش مربوط به مدل CSIRO3.6 است.

واژگان کلیدی: بارش، تغییر اقلیم، سناریو RCP4/5 و RCP8/5، گزارش پنجم، مدل LARS-WG

۱- مقدمه

افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای نظیر کربن دی اکسید، متان و ذرات معلق موجود در اتمسفر در اثر توسعه شهرنشینی و افزایش فعالیت‌های صنعتی موجب تغییراتی در اتمسفر زمین شده که به آن تغییر اقلیم می‌گویند. تغییر اقلیم یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌هایی است که به تازگی جهان را تحت تأثیر خود قرار داده است (عابدی کوپایی و مظاهری، ۱۳۹۵). گازهای گلخانه‌ای موجود در جو زمین نسبت به امواج با طول موج کوتاه که از سوی خورشید به سمت زمین گسیل میشوند، شفاف بوده ولی امواج با طول موج بلندی که از طرف زمین ارسال می‌شود را جذب میکنند. این امر باعث بالا رفتن دمای هوای سطح زمین شده و در نهایت بخش قابل توجهی از انرژی امواج بلند به سطح زمین بازگردانده می‌شود. برگشت این انرژی گرمایی به سطح زمین سبب افزایش دمای سطح زمین می‌شود. گرم‌تر شدن کره زمین بر وضعیت سیستم اقلیمی موجود اثر گذاشته و پدیده‌ی تغییر اقلیم را موجب می‌گردد (شیردلی و همکاران، ۱۳۹۶). بارندگی یکی از مهمترین پدیده‌های طبیعی است که نه تنها در برنامه ریزی، طراحی، توسعه و مدیریت طرح‌های آبی، کشاورزی، منابع طبیعی و زیست محیطی حایز اهمیت است بلکه در مسایل اقتصادی و حتی سیاسی نقش به‌سزایی ایفا می‌کند. پدیده بارندگی از نظر زمانی و مکانی

متغیر است و تابع عرض جغرافیایی، فاصله از سطح دریا، پستی و بلندی و عوامل جوی و محیطی می‌باشد. بررسی و شناخت این پدیده تأثیر بسزایی در پیش‌بینی سیلاب‌ها، خشکسالی، رژیم آبی رودخانه‌ها و در نهایت مدیریت و استفاده بهینه از منابع آب را دارد. از اثرات منفی تغییر اقلیم می‌توان در بخش‌های منابع آب، کشاورزی، بهداشت، محیط زیست، اقتصاد، صنعت و ... نام برد. (ایمانی و همکاران، ۱۳۹۵). از جمله این اثرات می‌توان به تغییراتی در رژیم بارش، میزان رواناب، سرعت باد، تابش خورشیدی رسیده به سطح زمین و دمای هوا اشاره نمود.

پری و مکاران (۱۳۹۷)، به بررسی تغییرات اقلیمی بارش و دمای ایستگاه کرمانشاه پرداختند و نتایج به دست آمده از تحلیلها نشان می‌دهد که براساس نمودارهای گرافیکی تغییرات در شهرستان کرمانشاه، طی دوره آماری ۴۰ ساله سطح بارش در ایستگاه مورد مطالعه دارای روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹٪ می‌باشد.

مرادی و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان بارندگی در کرمان پرداختند و نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در آینده الگوی بارندگی در سال‌های ۲۰۶۰ و ۲۰۹۰ تغییر می‌یابد، به طوری که میزان بارندگی در اوایل سال میلادی (زمستان) کاهش یافته و در انتهای سال (پاییز) افزایش می‌یابد.

ایزدی و همکاران (۱۳۹۶)، به پیش‌بینی تغییرات فصلی بارش ایستگاه شهرکرد در دوره‌های آبی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم پرداختند و نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ حاکی از افزایش میزان بارندگی تحت سناریوهای A2 و B1 و کاهش آن تحت سناریو A1B در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه دارد، ولی با این حال تغییر در الگوی زمانی بارندگی‌ها مشاهده می‌گردد و بیشترین تغییر فصلی بارندگی در این دوره افزایش ۴/۹۲ میلی‌متری بارش تحت سناریو B1 و برای فصل پاییز می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ نشان از کاهش بارندگی تحت همه سناریوها در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه دارد هر چند که تغییر در الگوی زمانی بارش در این دوره نیز مشاهده می‌شود و بیشترین کاهش بارندگی برای فصل زمستان، تحت سناریو A1B به میزان ۷/۹ میلی‌متر می‌باشد.

کاشکی و کردی (۱۳۹۷)، به واکاوی روند دما و بارش در استان کردستان با رویکرد تغییر اقلیم پرداختند و نتایج نشان داد که بارش منطقه مورد مطالعه در مقیاس سالانه در اکثر ایستگاه‌ها کاهش معنادار داشته است تغییرات سریهای مربوط به بارش ماهانه نوسانات پی در پی داشته است و با توجه به ناکافی بودن تعداد سری‌های روند معنی‌دار نمی‌توان روند خاصی را بر بارندگی ماهانه در منطقه مورد مطالعه نسبت داد.

چراتی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش در حوضه‌ی آبریز کرج پرداختند و نتایج نشان داد که پیش‌بینی‌ها برای بارش در تمامی سناریوها افزایش بارش در فصل‌های پاییز و زمستان و کاهش بارش در فصل‌های بهار و تابستان رخ می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

بیرجند شهرستانی کوهستانی است و در آن کوه‌ها و دره‌های عمیق و حاصلخیزی وجود دارد کوه‌های عمده شهرستان عبارتند از: رشته کوه باقران در جنوب کوه شاه در غرب (حاشیه کویر)، رشته کوه مؤمن آباد. آب و هوای این شهرستان بیابانی و نیمه‌بیابانی است. در شهرستان بیرجند رودخانه عمده‌ای وجود ندارد و رودها که به «کال» معروفند، عموماً فصلی و مسیل می‌باشند. این شهرستان در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۹۱ متری از سطح دریا قرار گرفته است. میزان بارش در این شهرستان با توجه به آب و هوای آن کم بوده و بیشترین میزان آن، از آذر تا اردیبهشت رخ می‌دهد که در فصل زمستان اغلب به صورت بارش برف است. مجموع بارش سالیانه در شهر بیرجند به طور میانگین برابر با ۱۲۰ میلی‌متر در سال است. بیشترین میزان بارش در یک روز، در دوم ماه می ۱۹۵۷ رخ داد و ۵۲ میلی‌متر باران در این شهر بارید.



شکل ۱- نقشه شهرستان بیرجند

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق تغییرات کمترین دما و بیشترین دما طی دوره آتی ۲۰۳۵-۲۰۱۸ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۸۸ برای پیش‌بینی تغییرات کمترین و بیشترین دما در دوره آتی با استفاده از مدل ۶ GISS-E2R ، GFDLCM2 ، CSIRO3.6 ، MIROC-ESM ، MPI-ESM-LR ، CANESM2 ، تحت دو سناریو جدید RCP 4/5 و RCP 8/5 گزارش پنجم از طریق مدل آماری LARS-WG ریزمقیاس شده‌اند.

مشخصات سناریوهای RCP 4/5 و RCP 8/5 به کار رفته در این تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

سناریوی RCP4/5: این سناریو توسط گروه مدل‌سازی MiniCAM طراحی شده است و در آن واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۵/۴ وات بر متر مربع ثابت می‌ماند.

سناریوی RCP8/5: بدون اتخاذ هیچ گونه سیاست‌های کاهش آثاری و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب و هوای کره زمین در خط سیر این سناریو پیش خواهد رفت. به طوری که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰ می‌گردد. این سناریو توسط تیم مدل‌سازی MESSAGE و مؤسسه IIASA در مؤسسه بین‌المللی آنالیز سیستم‌های کاربردی IIASA اتریش توسعه و طراحی شد که وجه مشخصه آن روند افزایش گازهای گلخانه‌ای است.

در ادامه نیز می‌توان مشخصات مدل‌های CMIP5 استفاده شده در این تحقیق را در جدول شماره ۱ مشاهده نمود.

جدول ۱- مشخصات مدل‌های به کار رفته در تحقیق براساس گزارش پنجم

مدل	کشور	وضوح مکانی
		(طول جغرافیایی × عرض جغرافیایی) درجه
HadGem2	انگلیس	1.2° × 1.8°
CESM	آمریکا	0.94° × 1.25°
EC-EARTH	اروپا	1.121° × 1.125°
NORESME	نروژ	2° × 2°
MPI-ESM	آلمان	1.8° × 1.8°

۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول (۲) در سناریو RCP8/5 به دلیل اینکه نسبت به دست آمده از پنج مدل GISS-E2R, CANESM2, MPI-ESM-LR, MIROC-ESM و CSIROM 3.6 بیشتر از یک است بنابراین این سه مدل افزایش بارش را برای منطقه مورد مطالعه ما پیش بینی می کنند که مدل MPI-ESM-LR بیشتر پیش بینی را برای منطقه انجام داده است. مدل GFDLcm2 نیز با توجه به اینکه نسبت به دست آمده از آن کمتر از یک است کاهش بارش را برای منطقه پیش بینی می کند. این در حالی است که در سناریو RCP4/5 اکثر مدل ها با توجه به اینکه مقدار نسبت بدست آمده از آن ها بیشتر از یک است افزایش بارش را برای منطقه بیرجند پیش بینی می کنند. در این میان، مدل CANESM2 بیشترین نسبت بارش را برآورد کرده است و مدل CSIROM3.6 با توجه به اینکه مقدار نسبت آن کمتر از یک است کاهش بارش را برای منطقه پیش بینی می کند. غیر از مدل CSIROM3.6 در پنج مدل دیگر سناریو RCP4/5 نسبت به سناریو RCP8/5 افزایش بارش برآورد شده است

جدول ۲- نسبت بارش براساس سناریو RCP8/5 و RCP4/5

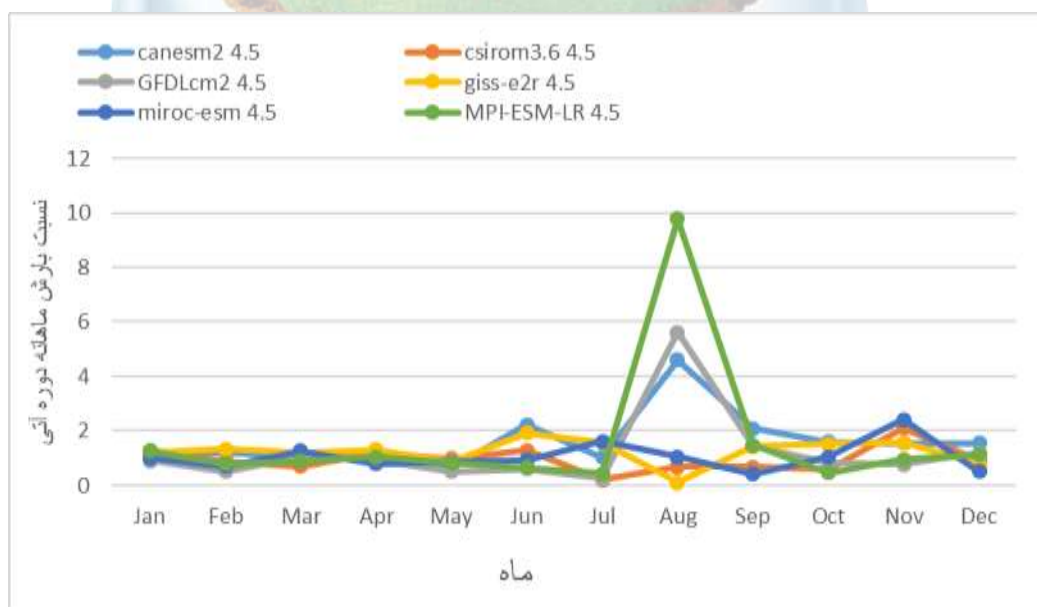
Scenario	canesm2	csirom3.6	GFDLcm2	giss-e2r	miroc-esm	MPI-ESM-LR
RCP 4.5	۱/۶۵۲	۰/۹۵۲	۱/۲۱۳	۱/۲۳۱	۱/۰۴۲	۱/۶۳۴
RCP 8.5	۲/۲۹۶	۱/۲۱۶	۰/۸۴۷	۱/۰۸۸	۱/۷۱۲	۲/۶۶۳

همان طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، سناریو ۸/۵ تغییرات بارش را بین ۰/۷ تا ۲/۸ نشان می دهد در حالی که سناریو ۴/۵ این تغییرات را بین ۰/۷ تا ۱/۷ نشان می دهد. این امر بیانگر این است که نسبت بارش برای سناریو ۸/۵ نسبت به سناریو ۴/۵ بیشتر برآورد شده است. مدل GFDLcm2 در سناریو ۸/۵ و مدل CSIROM 3.6 در سناریو ۴/۵ کمترین نسبت بارش را نشان می دهد. همچنین مدل MPI-ESM-LR در سناریو ۸/۵ و مدل CANESM2 در سناریو ۴/۵ بیشترین نسبت بارش را برآورد می کند.



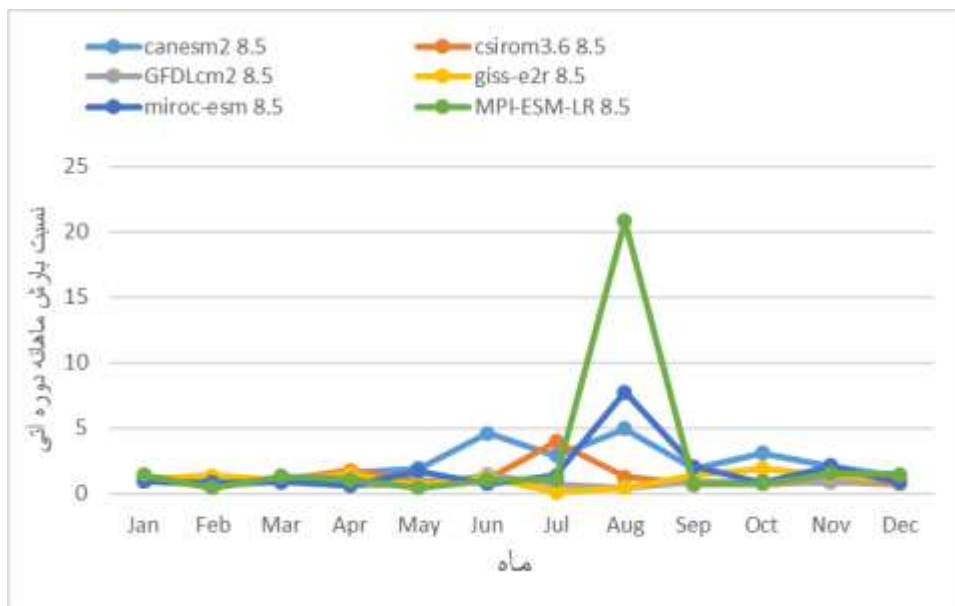
شکل ۲ - درصد تغییرات بارش براساس سناریو ۴/۵ و ۸/۵

نتایج حاصل از شکل (۳) نشان می‌دهد که تغییرات همه مدل‌ها تقریباً مشابه است. در فصل زمستان (ماه‌های دسامبر تا مارس) و در فصل بهار (ماه‌های مارس تا مه) اکثر مدل‌ها کاهش نسبت بارش را برآورد کرده‌اند این در حالی است که بیشتر مدل‌ها در فصل تابستان (ماه‌های ژوئن تا آگوست) و در فصل پاییز (ماه‌های اکتبر تا نوامبر) افزایش نسبت بارش را پیش‌بینی کرده‌اند که در فصل تابستان این پیش‌بینی به نسبت بیشتری است. هادی و همکاران (۱۳۹۶) نیز افزایش بارش را در دوره آبی پیش‌بینی کرده‌اند. به‌طور کلی مدل GISS-E2R نسبت به بقیه مدل‌ها در بیشتر ماه‌های سال نسبت بارش بیشتری را برآورد می‌کند.



شکل ۳ - تغییرات بارش در طی ماه‌های دوره آبی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۴/۵

با توجه به شکل (۴) اکثر مدل‌ها از ماه اکتبر تا فوریه (فصل پاییز و زمستان) کاهش نسبت بارش را پیش‌بینی می‌کنند. این در حالی است که در ماه‌های مه تا ژوئن (فصل بهار) و ماه‌های سپتامبر تا اکتبر (فصل پاییز) بیشتر مدل‌ها افزایش نسبت بارش را نشان می‌دهند. به‌طور کلی مدل CANESM2 نسبت به سایر مدل‌ها بارش بیشتری را برای دوره آتی (۲۰۱۸-۲۰۳۵) برای منطقه مورد مطالعه ما برآورد می‌کند. اکبری و اکبری (۱۳۸۹) نیز افزایش بارش را در دوره آتی پیش‌بینی کرده‌اند.



شکل ۴- تغییرات بارش در طی ماه‌های دوره آتی برای مدل‌های گزارش پنجم و سناریو ۸/۵

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش داده‌های بارش تحت دو سناریو RCP 4/5 و RCP 8/5 و طی دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۹ به وسیله مدل آماری LARS-WG و با استفاده از مدل‌های CANESM2 ، MIROC-ESM ، MPI-ESM-LR ، GFDLCM2 ، CSIROM3.6 ، GISS2R ، و با استفاده از مدل‌های CANESM2 ریز مقیاس شد که نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که در سناریو RCP 4/5 بیشترین پیش‌بینی نسبت بارش مربوط به مدل CANESM2 و کمترین نسبت پیش‌بینی بارش مربوط به مدل CSIROM 3.6 است همچنین در سناریو RCP 8/5 مدل MPI-ESM-LR بیشترین و مدل GFDLCM2 کمترین میزان نسبت بارش را برآورد می‌کند.

۵- منابع و مراجع

۱. ایزدی، ز.، نصرالهی، ع. ح.، و حقیقتی بروجنی، ب. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییرات فصلی بارش در دوره‌های آتی، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم شهرکرد. دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران دانشگاه شهرکرد.
۲. ایمانی، س.، پیرمردیان، ن.، و نوایان، م. ۱۳۹۵. تحلیل بارش روزانه تحت تأثیر تغییر اقلیم ایستگاه سینوپتیک کشاورزی رشت. اولین کنفرانس بین‌المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی.
۳. پری، ه.، محمدی، م. ا.، و خاموشیان، ی. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات اقلیمی بارش و دمای ایستگاه کرمانشاه. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. رحمانی چراتی، ص.، سیادت موسوی، س. م.، و جباری، ا. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش در حوضه آبریز کرج. کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران.
۵. شیردلی، ع.، خانی تملیه، ذ. ا.، رضایی، ح.، ایمانی، م.، و فحیمی، پ. ۱۳۹۶. بررسی اثر تغییر اقلیم بر روند دمایی آبی دشت ابهر. مجله محیط زیست و مهندسی آب. دوره ۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۶۰-۴۷.

۶. عابدی کوپایی، ج.، و مظاهری، ا. ۱۳۹۵. ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دما و تبخیر از مخازن آزاد در اصفهان. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران دانشگاه صنعتی اصفهان.
۷. کاشکی، ع.، و کردی، آ. ۱۳۹۷. واکاوی روند دما و بارش در استان کردستان با رویکرد تغییر اقلیم. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران دانشگاه فردوسی مشهد.
۸. مردانی، ر. ا.، عارفی، ا. ح.، و نقی زاده، م. ۱۳۹۷. اثر تغییر اقلیم بر میزان بارندگی در کرمان. اولین همایش بین المللی و سومین همایش ملی مدیریت پایدار منابع خاک و محیط زیست دانشگاه شهید باهنر کرمان.



Forecast of Birjand Station Precipitation Using diffusion scenarios 4.5 and 8.5 And fifth reporting models

Saeid rajabi¹·mahdi dastourani²

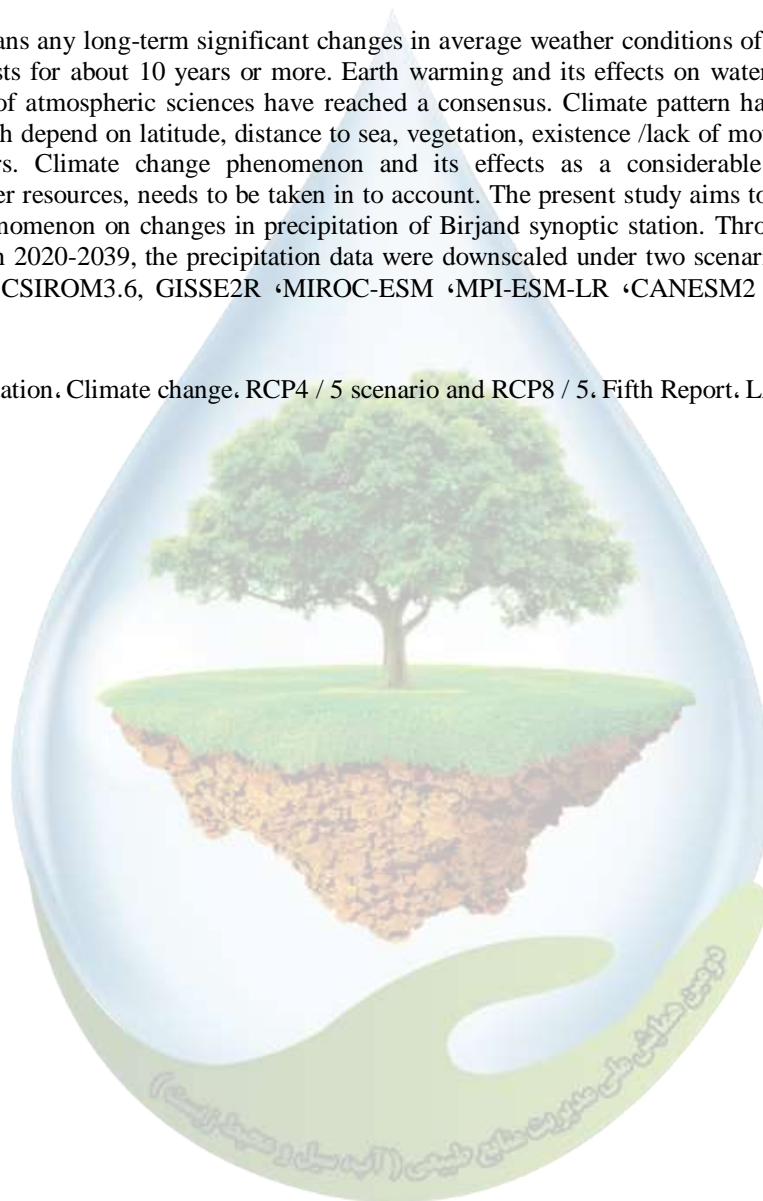
¹Undergraduate Student of Water Science and Engineering, Birjand University · saeid7868@gmail.com

²Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, Birjand University · mehdi840561@gmail.com

Abstract

Climate change means any long-term significant changes in average weather conditions of a region. This period of time, usually, lasts for about 10 years or more. Earth warming and its effects on water cycle is an issue on which all scholars of atmospheric sciences have reached a consensus. Climate pattern has specific changes in different areas which depend on latitude, distance to sea, vegetation, existence /lack of mountain area, and other geographical factors. Climate change phenomenon and its effects as a considerable challenge faced by agriculture and water resources, needs to be taken in to account. The present study aims to explore the effect of climate change phenomenon on changes in precipitation of Birjand synoptic station. Through the study for the next period between 2020-2039, the precipitation data were downscaled under two scenarios, e.g. RCP 4/5 and RCP 8/5 by using CSIRO3.6, GISS2R, MIROC-ESM, MPI-ESM-LR, CANESM2 models by means of LARS-WG model.

Keywords: Precipitation. Climate change. RCP4 / 5 scenario and RCP8 / 5. Fifth Report. LARS-WG model



ارزیابی و مدیریت خطر سیلاب در محیط شهری

غلامرضا شمس^{۱*}، نسترن شینی شاهوند^۲

^۱ استادیار دانشکده مهندسی دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد آب و سازه هیدرولیکی دانشکده مهندسی

دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران،

۱ و * رایانامه (g.shams@sku.ac.ir) نویسنده مسؤل: (nastaran.shahvand@gmail.com)

چکیده

در سال های اخیر تلاش هایی در جهت یکپارچه سازی مدیریت خطر آب و سیلاب صورت گرفته است. رویدادهای اخیر سیلاب در ایران باعث بحث بر روی مدیریت و ارزیابی خطر سیلاب شده است. تاکید بر روی یافتن فضایی برای آب حاصل از سیلاب در مناطق روستایی به منظور حفاظت از مناطق شهری است و در عین حال افزایش انعطاف پذیری سیستم یک چالش بزرگ است. در یک رویکرد انعطاف پذیر، تمرکز بر روی جای دادن آب های حاصل از سیل، به همراه بهبود سریع است. راه حل های مکانی (انواع راهکارهای محافظتی برای زمین ها با کاربری های مختلف براساس آسیب پذیریشان) ممکن است فرصت های مهمی برای کاهش اثرات سیل فراهم کند، در حالی که راه حل های ضد سیلاب برای ساختمان ها، ظرفیت بازیابی سیستم را افزایش میدهد. در این مقاله، استدلال می شود که شهر ها نقش مهمی در روش های مدیریت سیلاب با مقیاس های متفاوت زمانی و مکانی دارند. با این حال در حال حاضر، تنگنانهایی وجود دارد که مانع اتخاذ و اجرای مدیریت سیلاب در برنامه ریزی های شهری می شود.

واژگان کلیدی: مدیریت سیلاب شهری، انعطاف پذیری، رویکرد مشارکتی، برنامه های مکانی.

۱- مقدمه

طبق اهمیت بحث مدیریت سیلاب نیاز به تعریف رویکردی جدید برای سیل وجود دارد، یعنی یک دستور العمل مربوط به ارزیابی و مدیریت سیل ها [۶]. این دستور العمل ها شامل شناسایی مناطق بالقوه سیل مانند حوضه های رودخانه، مناطق ساحلی و مسیرهایی که امکان سیل برق آسا (سیلاب های ناگهانی که معمولا به علت بارش سنگین باران است) وجود دارد می شود. هر منطقه ی سیل، در باب پتانسیل خرابی سیل در آینده، تحلیل و بررسی می شود. نتیجه این تحلیل ها، نقشه های خطر سیلابی است که از تولید برنامه های محلی یا منطقه ای برای پیشگیری، حفاظت و آمادگی در برابر سیل حمایت می کند. ایجاد این برنامه های مدیریت ریسک سیل کمک می کند تا از اثرات مضر سیل جلوگیری و آن ها را محدود سازد. طرح ها و برنامه های مدیریت شامل اقدامات "برای کاهش احتمال خطر سیل و پیامدهای آن و رسیدگی به تمام مراحل چرخه مدیریت ریسک سیل، با تمرکز ویژه بر جلوگیری از خسارت بوسیله ی اجتناب از ساخت خانه ها و صنایع در مناطقی که اکنون و یا در آینده خطر سیل گرفتگی دارند، یا انطباق تحولات و توسعه های آینده با خطر سیل" می باشد. در حال حاضر تقریبا هیچ تجربه ی عملی در توسعه برنامه های مدیریت خطر سیلاب شهری یکپارچه سازی شده، در سطح محلی وجود ندارد، در حالی که نیاز و نگرانی رو به رشد است.

بسیاری از مقامات دولتی با چالش چگونگی مدیریت خطر سیلاب شهری در پروژه های بازسازی و گسترش در مناطق تحت خطر مواجه هستند، که ممکن است در خارج از خط اصلی دفاع (دفاع در مقابل سیلاب) یا پلدر های کم ارتفاع (یک قطعه زمین کم عمق که از دریا یا رودخانه احیا شده است و توسط سدها محافظت می شود) قرار داشته باشند. به عنوان مثال برنامه ریزی هایی برای ۱۲،۰۰۰ ساکنین کنار آب در هامبورگ آلمان در سال ۲۰۱۰ [۱۱]، بیش از ۱۵۰،۰۰۰ خانه در تمزگتوی انگلستان در سال ۲۰۱۶ [۴] و ۵۵۰،۰۰۰ خانه جدید در رنداستاد هلند برای سال ۲۰۲۰ برنامه ریزی شده است [۱۴]. برای آینده، افزایش سطح دریا، شدت بارش باران و جریان رودخانه، به دلیل تغییرات آب و هوایی، تلاش برای ایجاد یک محیط زندگی امن را به چالش می کشد. بنابراین روش های جدید نیازمند انطباق محیط شهری با شرایط آب و هوایی بوسیله ی افزایش انعطاف پذیری سیلاب ها و کاهش آسیب پذیری آن ها است. مدیریت سیلاب شهری میتواند گامی مهم در جهت استفاده از خطر سیل به عنوان پارامتر طراحی برای برنامه ریزی مکانی، به سمت افزایش آگاهی بیشتر در مورد خطر سیل و ایجاد استراتژی های عملی برای مقابله با آن باشد. پروژه ای با بهره گیری از مدیریت سیلاب شهری در اروپا انجام شده است [۷و۸]. این مقاله، ساختار و روش شناسی این پروژه ی نوآورانه را مورد بحث قرار می دهد و نقطه نظرها را از مراحل اولیه بررسی می کند.

۲- مواد و روش ها

تعدادی از جنبه های روش یکپارچه در مدیریت سیلاب شهری برای جهان برنامه ریزی شهری نسبتا جدید هستند. موانع زیر از پذیرش و اجرای مؤثر مدیریت خطر سیل در برنامه های برنامه ریزی شهری جلوگیری کرده است [۱۲]:
الف) فقدان درک خطرات زمان حال و آینده: احتمال افزایش تکرار و تناوب سیل ها، در طول عمر ساختمان ها وجود دارد.

ب) فقدان برنامه ریزی طولانی مدت و یکپارچه و جامع.

ج) نقش مدیریت ضعیف و ناکافی مقامات محلی و منطقه ای و ماهیت محافظه کار بخش ساختمانی.
در یک جلسه ی ویژه ی بین المللی در مورد دفاع در مقابل سیل (Nijmegen (2005، ابتکار عمل برای یک اقدام مشترک بین لندن (تمزگتوی)، هامبورگ و دوردراکت آغاز شد. این شهرها بخشی از چالش های مشابه مانند فعالیت های توسعه و گسترش در حوضه های سیل را تحت تأثیر قرار می دهند و نیاز به رویکردهای جدید برنامه ریزی برای مدیریت خطرات واقعی و آینده سیل در این مناطق را تشخیص می دهند. هدف از این ابتکار عمل توسعه ی استراتژی های مدیریت شهری است و ترکیبی از تلاش هایی است که شامل:

الف) پروژه ی طراحی نوآورانه، طراحی برنامه^۱ UFM (مدیریت ریسک سیل شهری) برای سایت های روبه رو با خطر سیل.

ب) تحقیقات کاربردی در مورد مدل ها، روش ها و مفاهیم (مانند خطر سیل، ارزیابی آسیب پذیری و نقشه های خطر سیل)، فن آوری ها (مانند ساختمان های ضد سیل)، برنامه ریزی و ایجاد قوانین و مقررات، الزامات و مشخصات مورد استفاده برای پروژه های آزمایشی.

ج) تبادل دانش و تجربیات و ارائه ی آن ها بین شهرهای شریک در این پروژه و سایر شبکه های علمی و حرفه ای.

۲-۱- چالش ها و واحدهایی برای UFM

پیوستن به استراتژی های مدیریت انعطاف پذیر ریسک سیل، بر کاهش اثرات سیل تأثیر می گذارد. "زندگی با سیل" به جای "مبارزه با سیل"، چالش های قابل ملاحظه ای را در فرایند برنامه ریزی، طراحی و مدیریت ایجاد می کند. این چالش

¹ Urban Flood Management

هایی که در آن پروژه UFM ساختار یافته است، به بخش های زیر تقسیم می شود: ارزیابی خطر سیل، برنامه ریزی و ساخت و ساز انعطاف پذیر، ایجاد برنامه ی یکپارچه برای مدیریت خطر سیلاب شهری، ارتباطات و واکنش اضطراری و سیاست و حکومت.

۱-۲-۱-ارزیابی خطر سیل

به منظور پیروی از سیاست های مربوط به حفاظت از محیط زیست در مناطق شهری در رابطه با سیل، حامیان در فرآیند طراحی / تصمیم گیری باید یک رویکرد یکپارچه را در برنامه ریزی مکانی، خطر سیل و پیامدهای مختلف آن اتخاذ کنند. کلید بهبود مدیریت خطر سیل برای بهتر کردن درک خطرات است. خطر سیل به عنوان حاصل ضرب احتمال و نتیجه یا پیامد تعریف می شود، که احتمال، شانس اتفاق افتادن واقعه ی خاصی می باشد و نتیجه آسیب بالقوه ی آن رویداد است. ارزیابی ریسک به سرعت در حال تبدیل شدن به امری مهم برای تصمیم گیری است. رویکردهای ارزیابی ریسک مؤثر باید جنبه های زیر را دارا باشد:

(الف) عملکرد کلی سیستم در نظر گرفته شود نه فقط اقدامات تک و جزئی [۱۰].

(ب) پیامدهای اقدامات خاص برای رویدادهای مختلف سیل که شامل حوادث سیل است و از استاندارد های طراحی فراتر رود [۱۵].

(ج) تغییرات طبیعت و عدم اطمینان در مورد شرایط اقلیمی در نظر گرفته شود.

عملکرد کلی سیستم، مدیریت خطر سیل را می تواند با اتخاذ رویکرد انعطاف پذیر بهبود دهد [۳]. در عین حال، این امر منجر به حساسیت کمتر برای عدم قطعیت در احتمالات سیل می شود. یک رویکرد مقاوم در جهت حفظ ساختار و عملکرد سیستم (به منظور حفظ وضعیت موجود) هدایت می شود، در حالی که یک رویکرد انعطاف پذیر، ظرفیت سیستم را برای تغییرات غیرساختاری بهبود می بخشد (به سیستم پویایی می بخشد). انعطاف پذیری سیستم شامل سه جنبه می شود که واکنش یک سیستم را به امواج سیل تعیین می کند: ۱- دامنه واکنش ۲- افزایش تدریجی واکنش ها با افزایش اختلالات ۳- نرخ بازیابی.

زمانی که دامنه (یعنی میزان آسیب) کوچکتر شود، انعطاف پذیری یک سیستم بزرگتر می شود و نرخ بازیابی بالاتر می شود. این بدان معنی است که انعطاف پذیری با در نظر گرفتن تمام شاخص ها تعیین می شود. به عبارت دیگر، استراتژی های طراحی با بزرگتر شدن مقدار واکنش با شیب تدریجی منحنی فرکانس آسیب می تواند انعطاف پذیری سیستم را افزایش دهد. رابطه ی بین دامنه ی واکنش (خسارت) و احتمال شرایط سیلاب در شکل (۱) نشان داده شده است.

در دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰، دو چارچوب مهم برای درک آسیب پذیری در برابر بلايا (نظیر سیل) توسعه یافت. در این چارچوب ها برای ارزیابی آسیب پذیری می توانیم سه گروه از عوامل تأثیر گذار بر نرخ بازیابی را شناسایی کنیم [۳]: عوامل فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی (شکل ۲).

۲-۱-۲- برنامه ریزی و ساخت و ساز انعطاف پذیر

در جایی که تحولات جدید در مناطق تحت ریسک برنامه ریزی شده است، استراتژی های جدید کاهش خسارت برای در نظر گرفتن خطر سیل باقی مانده (سیلاب بالاتر از سطح طراحی) ضروری است. اغلب این چالش ها شامل مقیاس های چندگانه می شوند و بنابراین کاهش مؤثر آسیب، نیاز به توانایی استفاده از طرح های مختلف بر روی مقیاس های مختلف مکانی، از منطقه یا حوضه رودخانه تا سطح برنامه ریزی محلی و سطح خیابان دارد. مشارکت سهامداران، آگاهی عمومی و احساس مسئولیت شخصی می تواند منابع انعطاف پذیری در سیستم سیل را افزایش دهد. به خصوص مهم است اقداماتی توسط مقامات محلی، شرکت های ساختمانی و یا صاحبان خانه انجام شود و بنابراین می تواند برای طرح ها کمک هزینه ی مناسبی باشد. این اقدامات شامل ضد سیلاب برای ساختمان ها (به طور جداگانه برای هر ساختمان) و زیر ساخت های شهری

و تطبیق فعالیت های ساختمانی با ریسک و خطر است. این نوع اقدامات دارای پتانسیل قابل توجهی برای حفاظت از ساختمان ها در برابر سیل است [۱۶].

راهکار ضد سیل می تواند توسط ۵ راه دفاعی یا تطبیق استراتژی ها به صورت های زیر انجام شود:

۱- مرتفع قراردادن وضعیت ساختمان ۲- خشک نگه داشتن ۳- دفع رطوبت ساختمان ۴- ساخت موانع (سد) دائمی یا محرک و ۵- استفاده از راه حل های شناور یا دوزیستی (خاکی-آبی). در اولین استراتژی، کل ساختار برای جلوگیری از ورود آب سیل در ارتفاع قرار می گیرد، به عنوان مثال توسط ساختن ستون ها، دیوارها و یا دیوارهای خاکریزه ای. مورد دوم شامل ایجاد آب بندی بوسیله ی ساخت موانع غیر قابل نفوذ در برابر آب در سازه می باشد. این استراتژی برای سیلاب های تا عمق یک متر قابل استفاده است و برای سیلاب های با عمق بیشتر از این مقدار نباید استفاده شود. دفع رطوبت ساختمان، اجازه می دهد تا برخی از آب وارد ساختمان شود، منظور از این کار استفاده از موادی است که به حداقل رساندن تأثیر آب روی پارچه و اثاث منزل کمک می کند. موانع آب دائمی یا محرک می تواند برای جلوگیری از رسیدن آب سیلاب به هر ساختمان تکی و یا کل یک منطقه استفاده شود. استراتژی پنجم شامل ساختمان های شناور یا دوزیستی است که می تواند با نوسان داشتن سطح آب حرکت کند.

سیل سازگار با ساختمان یعنی ارتقا ساختمان به طوری که در مقابل سیل مقاوم باشد بدون خرج هزینه ی زیاد. به عنوان مثال طراحی خانه هایی با یک طبقه اضافه غیر قابل سکونت یعنی طبقه همکف می تواند برای استفاده های سازگار با سیل مانند پارکینگ خودرو، ذخیره انعطاف پذیر سیل، فضای باز عمومی و... استفاده شود (شکل ۳). اما این روش گاهی اوقات می تواند نتایج نه چندان خوبی را برای ظاهر خیابان ها و امنیت و ایمنی در بر داشته باشد. گرچه پیشرفت های قابل توجهی در توسعه فن آوری های ضد سیل و مفهوم آن در سراسر جهان صورت گرفته است، اما به ندرت در مقیاس کامل اجرا و یا آزمایش شده اند و این نشان می دهد که اطلاعات مربوط به عملکرد آن ها محدود است.

۱-۲-۳- ایجاد یک برنامه یکپارچه برای مدیریت خطر سیلاب شهری

در مناطق شهری با ارزش های اجتماعی و اقتصادی بالا، توجه بیشتر به کاهش اثرات سیل ممکن است فرصت های مهمی در کاهش خطرات سیل را فراهم آورد. علاوه بر این، رویکردهای جدید برنامه ریزی شهری که مدیریت آب را به عنوان یک اصل مهم در نظر میگیرد، می تواند هم زمان با دفاع از منافع اجتماعی و اقتصادی کمک کننده باشد. مناطق شهری از لحاظ ابعاد فیزیکی، نهادی و مقیاس، سیستم های پیچیده ای هستند. موفقیت سیاست UFM تنها زمانی می تواند حاصل شود که تمام حامیان طرح با همکاری یکدیگر برای به حداکثر رساندن فرصت ها و غلبه بر محدودیت های ارائه شده از سوی سازمان ها، تلاش کنند [۱]. حرکت به سمت راه حل های یکپارچه و دستیابی به مشارکت های بین المللی کلیدی برای بهبود کلی UFM خواهد بود. در این فرایند بخش های محلی نقش بسیار مهمی را به عنوان یک سکو برای دستیابی به رویکرد "انعطاف پذیری" ایفا می کند و به این ترتیب باعث رشد آن می شود [۲]. این امر نیازمند ترکیب ابزارهای فنی با برنامه های مشارکتی و رویکردهای طراحی است.

۴-۱-۲- ارتباطات و واکنش های اضطراری

سیستم های انعطاف پذیر باید در صورت بروز حوادثی نظیر سیل، توانایی رسیدن به سطح قابل قبولی از عملکرد را دارا باشند. به منظور به حداقل رساندن اثرات سیل و اطمینان از بهبود و بازیابی، می توان پناهگاه های خشک ایجاد و استفاده کرد، به عنوان مثال استفاده از ساختمان های عمومی که در ارتفاع قرار گرفته اند. این راه حل در بسیاری از موارد معقول تر از تخلیه کردن خانه است، نه تنها از منظر ایمنی بلکه از دیدگاه های اجتماعی و اقتصادی نیز به همین صورت است. این راه حل مخصوصا برای مقابله با سیل های مکرر مطلوب است به خصوص در صورتی که زمان محدودی تا رسیدن سیلاب وجود داشته باشد، در این صورت فرصت های مهمی در کاهش خطر سیلاب برای مردم ایجاد می شود. کسب تجربیات از وقایع سیل های

کوچکتر (کم خطر تر)، آگاهی در مورد سیل را در میان مردم بالا می برد و باعث افزایش میل آنها به کسب اطلاعات بیشتر در مورد آن و اقدامات احتیاطی می شود. با این حال مسئله اصلی با سازمان ها این است که نگهداری مردم در ارتفاعات بالاتر برای مدت زمانی طولانی بدون خدمات عمومی ضروری (خدمات پزشکی، بهداشت و...) امکان پذیر نخواهد بود، بنابراین این راه حل مستلزم داشتن سیستم های حمایتی مناسب است. با این وجود، در مواقع اضطراری ناشی از سیل های شدید، هنوز تخلیه کردن منازل و سکونت گاه ها لازم است، زیرا با شکست مواجه شدن چنین خدماتی نیز امکان پذیر است. از این رو، شناسایی راه های تخلیه ایمن و رفتن به ارتفاعات بالاتر برای مدیریت موفق سیلاب شهری لازم است. یکی از گزینه هایی که می تواند برای دسترسی و خروج ایمن استفاده شود این است که تعداد این مسیرها را افزایش دهند. این کار دسترسی به خدمات اضطراری را زمانی که سیل بیاید، تضمین می کند.

در کنار امکان تخلیه (مسیرهای ایمن تخلیه)، زمان تخلیه نیز می تواند مهم و تأثیر گذار باشد. برقراری ارتباط پایدار (از سیگنال های هشدار دهنده و طرح های اضطراری) با ساکنین، یک ابزار مؤثر برای کاهش زمان تخلیه است.

۵-۱-۲-سیاست و حکومت

تجاوز سیلاب به دشت ها و مناطق کم ارتفاع، چالش عمده ای را برای جوامع به عنوان چگونگی مقابله با خطرات بلند مدت سیل در این مناطق در بر دارد. پس تضمینی برای ایمنی کامل وجود ندارد. علاوه بر این نمی توان سد ها و موانع را به طور نامحدود برای جلوگیری از سیلاب بالا آورد. ایده ای که در این مورد می توان ارائه داد این است که به جای جلوگیری از ورود آب به مناطق، کاری کرد که با وجود آب، ایمنی برقرار شود. وجود این تنش بین ایمنی و قابلیت (توانایی) زندگی، سیاستگذاران را به بررسی نقش ها، وظایف و مسئولیت ها وادار می کند. در حاضر تمایل به یافتن راه های جدید برای تقسیم مسئولیت بین مقامات دولتی و مشارکت عمومی و خصوصی وجود دارد. نقطه ی حرکت برای تجزیه و تحلیل باید با فهم و بینش همراه باشد، این تجزیه و تحلیل باید بر اساس پیشگیری از تلفات، اختلالات اجتماعی و آسیب های بزرگ زیست محیطی باشد. این عناصر مسئولیت دولت ملی یا محلی است و باقی مانده کار را بخش خصوصی (شهروندان) باید بر عهده گیرد.

۲-۲-بینش های اولیه برای ایجاد یک برنامه UFM یکپارچه

پروژه UFM این امکان را برای توسعه روش های جدید برای ارزیابی و مدیریت ریسک سیل در محیط شهری فراهم میکند. رویکرد یکپارچه UFM با هدف ترکیب ابزارهای فنی با رویکردهای مشارکتی و راهبردهای ارتباطی باید با دقت طراحی شود. بنابراین این پروژه متشکل از اعضای مختلف دولتی و خصوصی خواهد بود که می توانند راه حل های مختلفی را در زمینه های مختلف از سطح ملی به برنامه ریزی محلی و سطح خیابان، پیاده سازی کنند. بینش های اولیه برای ایجاد این برنامه ی یکپارچه در زیر آورده شده است:

الف) امکان تحمیل کردن یک برنامه ی UFM یکپارچه با انعطاف پذیری در یک منطقه وجود ندارد، اما می توان شرایط و بستری را مهیا کرد که چنین انعطاف پذیری در منطقه پدیدار شود [۱۳]. بنابراین مهم است که فرآیند طراحی مشارکتی با محتوای محلی با توجه به نیاز ها و منافع تطبیق داده شود. فواید این فرآیند این است که از انواع سازمان ها و زمینه های مختلف می تواند تشکیل شود و در نتیجه در بر گیرنده ی دیدگاه های مختلف خواهد بود. هدف این جمع اشتراکی (۱) تصمیمات و نظرات بر پایه ی آگاهی می باشد، تا بتوانند تصمیمات و راه حل های بهینه تری را در دراز مدت ارائه دهند و (۲) برای پرورش یک فرهنگ که در آن یکپارچگی و انعطاف پذیری بیشتری وجود داشته باشد باید جمع های مشارکتی وجود داشته باشد.

ب) سهامداران اصلی اگر با رویکرد وسیع و مشارکتی از طریق تجربیات آشنا باشند، به برنامه های مدیریت آب شهری کمک خواهد کرد.

ج) موضوع مهم ترکیب مسائل آب با برنامه ریزی مکانی در سطح محلی است. از طرف دیگر، مدیریت آب هم یکی از جنبه های تصمیم گیری محلی در مدیریت شهری است.

د) افزایش آگاهی نسبت به نیاز به استفاده از آب و سیل به عنوان یک پارامتر طراحی برای برنامه ریزی مکانی است. با این حال، در حال حاضر برنامه های مکانی یک چشم انداز دراز مدت را شامل نمی شوند در حالی که آینده نامعلوم است و نیاز به توجه بیشتری دارد. توجه به این موضوع که آینده ذاتا نامشخص است می تواند شروع توسعه ی روش های جدید در مدیریت سیلاب شهری باشد که در آن انعطاف پذیری در بحث آب و هوا، به خصوص انعطاف پذیری در سیلاب در محیط های شهری افزایش یابد.

و) یک جنبه ی مهم سازماندهی مشارکتی تهیه اطلاعاتی در روند کار مشارکتی برای اطلاع رسانی به سهامداران است. به ویژه، نیاز به توسعه ابزارهای تحلیلی مناسب و ابزارهای برنامه ریزی و همکاری میان رشته های مختلف از جمله برنامه ریزان شهری و مدیران آب وجود دارد. امر اطلاع رسانی به عنوان یک ضرورت برای برنامه ریزی (۱) مسائل مرتبط با سیل (۲) تأثیر توسعه طرح در مورد خطر سیل می باشد. جزئیات در ارزیابی باید مطابق با جدول ۱، منطبق باشد. در یک برنامه ریزی استراتژیک، ارزیابی دقیق ریسک های سیل مورد نیاز است تا به طور کامل خطر سیل سنجیده شود و مدیریت سیل با دقت انجام گردد. جدول ۱ برای پروژه ای در شهر دوردراکت تهیه شده و مدل غوطه وری در نرم افزار SOBEK برای تمامی مناطق خطرناک انجام شده است. این مدل دقیق را می توان برای تجزیه و تحلیل بین گزینه های مختلف توسعه سایت و نتیجه آن را برای انعطاف پذیری سیل و خطر سیل استفاده کرد، که سپس از آن به عنوان ورودی برای تجدید نظر طرح های مکانی استفاده شود [۹].

ه) بررسی جوانب ریسک با هدف آگاهی عموم مردم از خطر سیل و گسترش مسئولیت در برابر سیل است. ایده این طرح این است که اگر عموم مردم مطلع شوند، می توانند مسئولیت بیشتری نسبت به عواقب انتخاب مسکن خود بر عهده بگیرند. بنابراین گسترش دامنه ی اقدامات فردی در رابطه با مسائلی نظیر انتخاب مسکن، بیمه، اقدامات احتیاطی ساختمان، به عنوان یک الزام اولیه در افزایش مسئولیت شخصی است.

۳- نتایج و بحث

تاکنون تحقیقات زیادی در رابطه با چالش های اقلیمی در شهر ها انجام شده است. این مطالعات تطبیق های خوبی را بین دانش های مختلف ایجاد کرده اند. با این حال تحقیقات نه چندان کافی برای برنامه ریزی سازگاری مؤثر وجود دارد [۵]. در نتیجه از این تحقیقات برای کاربرد های عملی استفاده نشده است. علاوه بر این، دولت های محلی به طور کلی درک کمی از فرصت ها و تهدید هایی که خطر سازند، دارند. این به این معنی است که تفسیر استراتژی ها به سیاست ها و سرمایه گذاری ها و مشارکت در تحقیقات بسیار محدود است. با ایجاد اتحادیه های محلی می توان انگیزه ای برای رسیدگی به فرصت ها و موانع در برابر اثرات آب و هوایی و اقلیمی در مناطق شهری در ارتباط با سیل ایجاد کرد. از فواید پروژه UFM این است که نمونه های عملی مربوطه را با توسعه برنامه های بلند مدت یکپارچه مدیریت شهری سیل از طریق همکاری سهامداران دولتی و خصوصی در موارد واقعی زندگی ارائه می دهد. این فعالیت ها سبب ایجاد استراتژی های مدیریت سیل شهری با هدف ایجاد یک محیط محلی اجتماعی و فیزیکی ایمن می شود که با وقوع سیل حتی در مواقع نادری که شدت سیل بیش تر از مقدار طراحی باشد، منجر به کمترین آسیب فیزیکی و اجتماعی خواهد شد. با این حال ایجاد یک سیستم انعطاف پذیر هنوز یک چالش بزرگ است. بنابراین نیاز به ایجاد شرایطی در فرآیند طراحی مشارکتی وجود دارد که در آن چنین انعطاف پذیری ظاهر شود. امکان تحمیل کردن برنامه ی مدیریت ریسک شهری یکپارچه برای ایجاد انعطاف پذیری در یک منطقه وجود ندارد. این

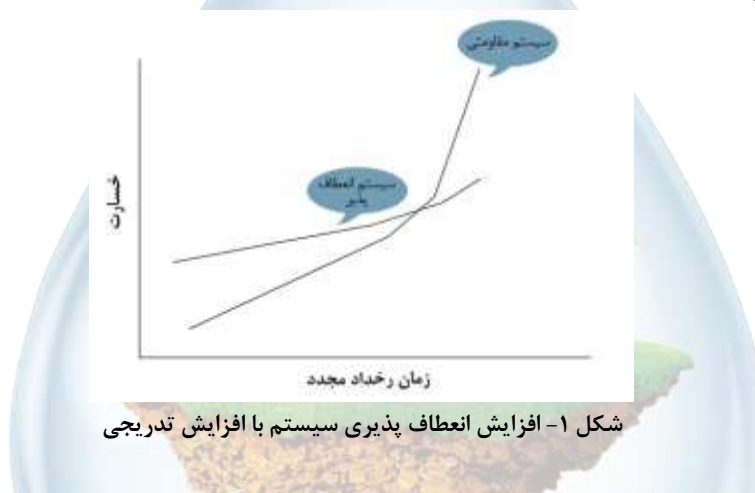
امر بوسیله ی تهیه ی اطلاعات خوب و با کیفیت بالا و ابزار های برنامه ریزی در روند مشارکتی تسهیل داده می شود تا به سهامداران پیامد های گوناگونی از توسعه انعطاف پذیری و خطر سیل را اطلاع دهد.

۱-۳- جدول ها

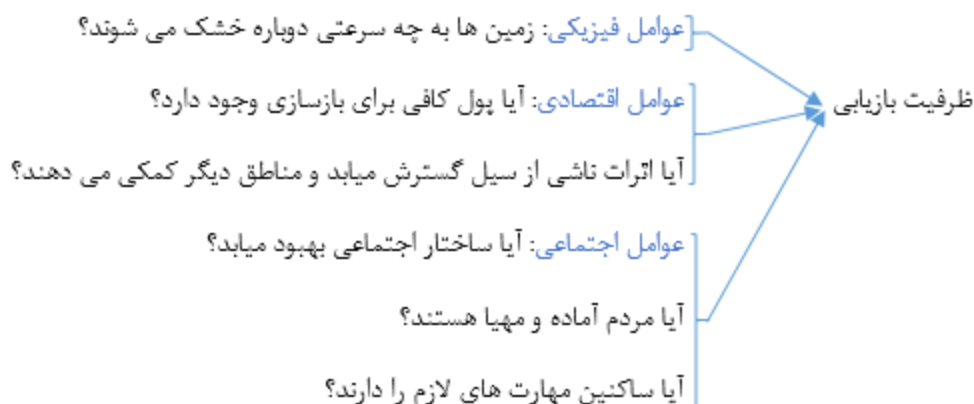
جدول ۱- ویژگی های رویکرد ارزیابی سیل در مقیاس های مختلف

مقیاس	اندازه محدوده تحقیقاتی	سطح مدیریتی	نیاز به دقت	مقدار منابع مورد نیاز در مقدار داده های ورودی مورد نیاز	مقدار منابع مورد نیاز در واحد سطح
بزرگ	ملی	سیاست های کاهش سیل	کم	کم	کم
میان (حد وسط)	منطقه ای	استراتژی های کاهش سیل در مقیاس وسیع	متوسط	متوسط	متوسط
کوچک	محلی	اقدامات حفاظتی تک	زیاد	زیاد	زیاد

۲-۳- شکل ها و نمودارها



شکل ۱- افزایش انعطاف پذیری سیستم با افزایش تدریجی



شکل ۲- ظرفیت بازیابی توسط عوامل فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی



شکل ۳- مثال استفاده از ساختمان سازگار با سیل

۴- منابع و مراجع

1. Ashley RM, Zhou J, Blanksby J (2007) Advances in Urban Flood Management. Towards integrated approaches to increase resilience and robustness for the prevention and mitigation of flood risk in urban areas.
2. Ashley RM (2007) An Adaptable Approach To Flood Risk Management For Local Urban Drainage. Defra Flood and coastal erosion conference. York.
3. De Bruijn KM, (2004) Resilience indicators for flood risk management systems of lowland rivers. International Journal of River Basin Management 2 (3), pp.199-210
4. East of England Regional Assembly (2004) Growth and regeneration in the Thames Gateway. Office of the Deputy Prime Minister
5. EEA (2005) Vulnerability and adaptation to climate change in Europe, Copenhagen, 2006, EEA Technical report
6. Messner F, Meyer V (2005) Flood damage, vulnerability and risk perception –challenges for flood damage research.
7. Sayers P, Hall J, Richard D, Corina R, John C, Rob D (2002) Risk assessment of flood and coastal defences for strategic planning (RASP) – a high level methodology.
8. Siebrand J-O (2004) HafenCity - A colossus on display. Handelskammer Hamburg
9. Szollosi-Nagy A, Zevenbergen C (2005) Urban Flood Management. A.A. Balkema Publishers. ISBN 04 1535 9988. pp 148
10. Tippett J, Griffiths EJ (2007) Advances in Urban Flood Management. New approaches to flood risk management - implications for capacity-building.
11. Various Dutch Ministries (2005) Nota Ruimte 2005 - Ruimte voor Ontwikkeling.
12. Walsum V, Aerts JCJH, Krywkow J, Veen A van der, Nederlanden H der, Bos MQ, Ottow BT (2005) Framework for integrated design of water and land management systems; towards robust water-space partnerships as a basis for adaptive water management. Report to the NeWater project, NeWater Report Series No.4
13. Zevenbergen C, Gersonius B, Puyan N, van Herk S (2007) Advances in Urban Flood Management. Economic Feasibility Study of Flood Proofing Domestic Dwellings.
14. http://europa.eu.int/comm/environment/water/flood_risk/index.htm
15. <http://ufm-hamburg.wb.tu-harburg.de>
16. <http://www.ufmdordrecht.nl>

Assessment and management of flood risk in urban environments

Gholamreza Shams^{1*}, Nastaran Sheni Shahvand²

1-Assistant Professor, Faculty of Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

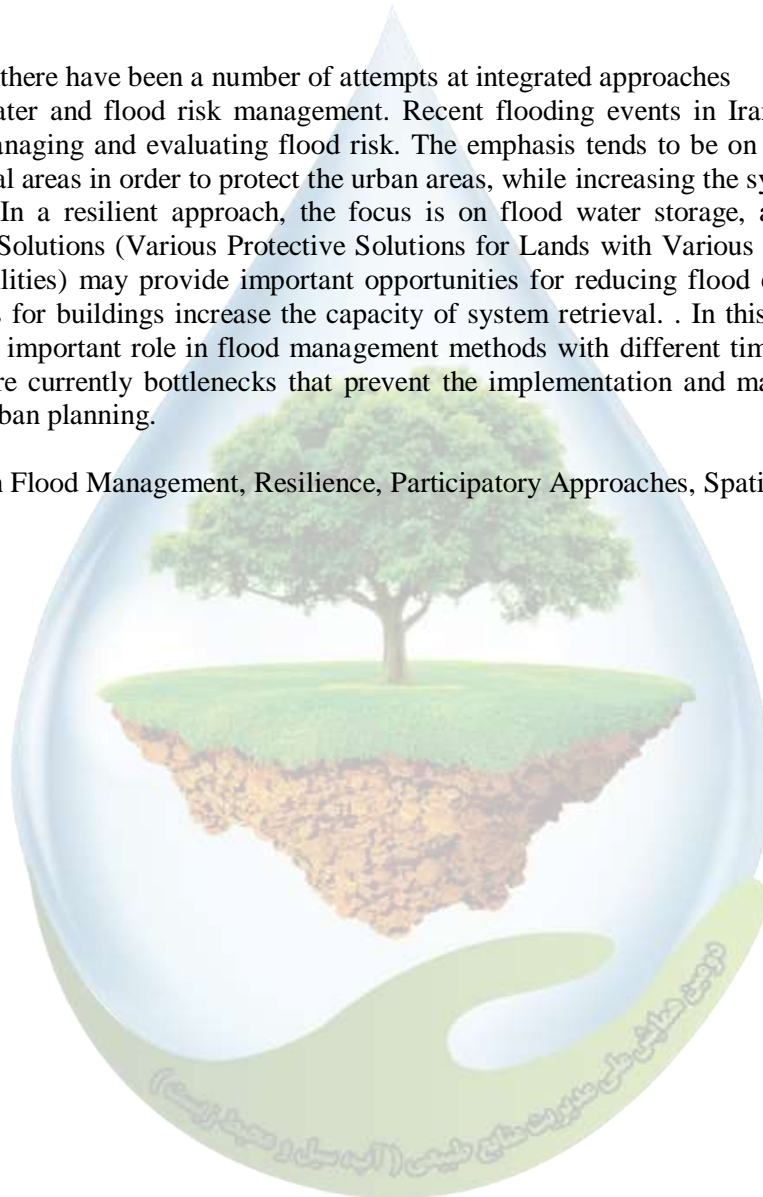
2-Master's degree in water and Hydraulic Structures, Faculty of Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

Email: nastaran.shahvand@gmail.com

Abstract

Over recent years there have been a number of attempts at integrated approaches being taken to water and flood risk management. Recent flooding events in Iran have triggered to discussions on managing and evaluating flood risk. The emphasis tends to be on finding a space for flood water in rural areas in order to protect the urban areas, while increasing the system resilience is a major challenge. In a resilient approach, the focus is on flood water storage, along with a quick recovery. Spatial Solutions (Various Protective Solutions for Lands with Various Applications Based on their vulnerabilities) may provide important opportunities for reducing flood effects, while flood proofing solutions for buildings increase the capacity of system retrieval. . In this paper, it is argued that cities play an important role in flood management methods with different time and space scales. However, there are currently bottlenecks that prevent the implementation and management of flood management in urban planning.

Keywords: Urban Flood Management, Resilience, Participatory Approaches, Spatial Planning.



بررسی نوع خاک و کاربرد آن در عملیات جاده سازی در طرح جنگلداری واشمرد

مریم یوسفی^{۱*}، احمد سیبی^۲

^{۱*} اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، کارشناس آموزش و ترویج شهرستان کردکوی، ۲ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد

چالوس، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، چالوس، ایران

^{۱*} M.yosefi87@yahoo.com

چکیده:

توسعه پایدار و اجرای بهینه طرح‌های جنگلداری مستلزم ایجاد شبکه‌هایی از جاده‌های اصلی و فرعی می‌باشد. از طرفی احداث جاده در یک منطقه جنگلی در واقع یک دخالت عمده در طبیعت دست نخورده و ناشناخته جنگل بوده و منجر به بهم زدن تعادل طبیعی می‌شود. در این تحقیق با هدف ایجاد نقشه قابلیت عبور مناسب جاده‌های جنگلی، کوهستانی و توده‌های جنگلی در سری ۷ حوزه ۳۸ سردآبرود باتوجه به اصول فنی جاده‌های جنگلی پس از جمع‌آوری داده‌ها و نقشه‌های مورد نیاز اقدام به شناسایی عوامل تأثیرگذار در عبور جاده‌ها در منطقه مورد مطالعه گردید. به همین منظور در این بررسی بر پایه‌ی مشخصه‌های زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، شیب، ارتفاع از سطح دریا و... با بهره‌گیری از قابلیت‌ها و امکانات GIS در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد و به واحدهای همگن از نظر شکل زمین تقسیم شدند. نتایج حاصل از تهیه‌ی رقوم نقشه‌ی خاک شناسی منطقه نشان داد که بیشترین و کمترین مساحت با مقادیر ۵۵/۶۸ و ۱۰ درصد کل سطح سری مورد مطالعه به ترتیب مربوط به مناطقی که دارای عمق خاک بیش از یک متر و عمق ۴۵-۴۰ سانتی متر بود.

واژگان کلیدی: خاک شناسی، زمین شناسی، شبکه‌ی جاده‌ی جنگلی، GIS.

۱- مقدمه

آگاهی از ویژگی‌های مکانیکی خاک و تعیین مشخصات فنی آن، برای انجام عملیات جاده‌سازی و تضمین پایداری آنها ضروری است. ایجاد شبکه‌های جاده‌ی جنگلی با هدف‌های مختلف در منطقه‌ی جنگلی، از ارکان اجرایی مدیریت علمی و بهینه عرصه‌های جنگلی و راهی به سوی توسعه‌ی پایدار توده‌های جنگلی می‌باشد. چه علاوه بر حمل و انتقال فرآورده‌های جنگلی، می‌توان در امور خدمات نگهداری، حمایتی، دسترسی به اعماق جنگل، ارتباط روستاهای مناطق جنگلی و جنبه‌های گردشگری و... از جاده‌های جنگلی بهره‌مند شد. از طرفی احداث جاده در مناطق جنگلی به علت دانه بندی، بافت، ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، وضعیت زمین ریخت‌شناسی، زمین‌شناسی، رطوبت، بارندگی زیاد و نفوذپذیری و حساسیت به حرکت‌های تود ای مشکل آفرین است و سبب تغییر تعادل و نظم طبیعی در نظام دست نخورده‌ی طبیعت می‌شود. چنانچه این کار بدون شناخت از منطقه‌ای که قرار است جاده از آن عبور نماید صورت گیرد پیامدهای خطرناکی را به دنبال خواهد داشت که از جمله-ی آن می‌توان به صرف هزینه‌های سنگین جاده‌سازی، نگهداری و بازسازی راه در خاک‌های مسئله‌دار، احداث دیواره‌های حائل، تثبیت خاک‌های سطحی و شیروانی‌های خاکی اشاره نمود (۳). تهیه‌ی پروژه‌ی جاده، تعیین نهایی مسیر و ابعاد و اندازه‌های ساختمان جاده است که ساخته خواهد شد (۵). ساختمان جاده‌ها با خاکبرداری و خاکریزی شروع می‌شود و مقادیر زیادی خاک

در این زمینه جابه‌جا می‌شود. همچنین این خاک نقش بستر جاده را هم بازی خواهد کرد که باید نیروهای ناشی از وزن روسازی و ترافیک به جاده را تحمل کند. پس قابلیت‌های خاک که بستر و بدنه‌ی اصلی جاده را تشکیل می‌دهد، نقش مهمی در جاده‌سازی جنگل از نظر فنی و اقتصادی دارد. همین طور بسیاری از زیان‌های ناشی از احداث راه جنگل ارتباط مستقیم با خصوصیات خاک دارد (۲). امروزه مدیریت اطلاعات موجود در کلیه‌ی نقشه‌ها و لحاظ نمودن عوامل موجود در طراحی مسیر از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مقدر شده است. استفاده از روش‌های نوین همراه با بکارگیری امکانات و قابلیت‌های کامپیوتری و استفاده از محیط GIS جهت کاهش زمان و هزینه‌ی طراحی ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (۴).

۲- مواد و روش‌ها:

۱-۲ - منطقه‌ی مورد بررسی (سری هفت حوزه‌ی ۳۸ سردآبرود غرب مازندران): این پژوهش در سال ۹۸-۹۷ در سری هفت حوزه‌ی ۳۸ غرب مازندران اجرا شد. این سری در قسمت شمال شرقی حوزه‌ی ۳۸ در حوزه‌ی استحفاظی اداره‌ی کل منابع طبیعی استان مازندران - نوشهرو سرجنگلانی هجیرو و جنگلداری عباس آباد از توابع اداره‌ی کل منابع طبیعی منطقه‌ی نوشهر واقع شده است. مساحت جنگلهای سری، ۱۸۸۲ هکتار شامل ۱۴۴۹/۷ هکتار جنگل قابل بهره برداری، ۳۹۷/۳ هکتار جنگل حفاظتی و حمایتی، ۱۲ هکتار فضای باز و مخروطه، ۱۹/۶ سطح جاده‌های موجود و ۱۴۶۲/۷ هکتار مساحت قابل کار (قابل بهره برداری باضافه فضای باز) می‌باشد.

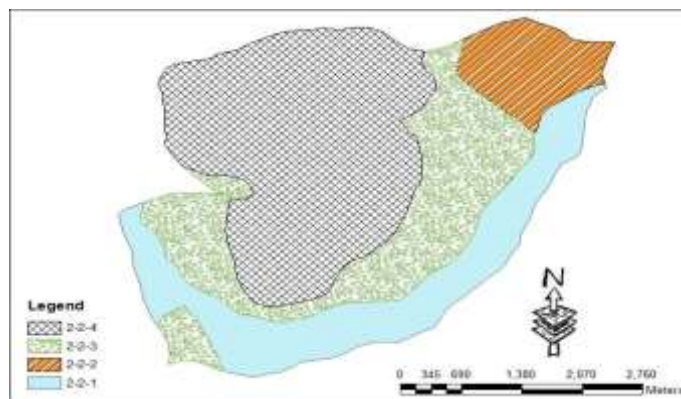
۲-۲ - تهیه‌ی نقشه‌ی شکل زمین: در ابتدا اقدام به تهیه‌ی نقشه‌های مورد نیاز برای انجام پروژه از محل اداره کل منابع طبیعی شهرستان نوشهر و از کتابچه‌ی طرح سری هفت واشمرد از قبیل نقشه‌ی زمین شناسی، تیپ بندی، خاک، شیب، پارسل بندی و جاده با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ شد. سپس اقدام به تهیه‌ی نقشه‌ی (3D) منطقه‌ی مورد مطالعه از سازمان جنگل‌ها، واقع در شهرستان چالوس با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ گردید.

۳-۲ - برداشت منطقه‌ی مورد مطالعه با GPS: پس از تهیه‌ی نقشه‌های مورد نیاز اقدام به برداشت مرز کل سری و همچنین برداشت نقاطی از قبیل چشمه سارها، نقاط لغزشی و رانشی و در کل اقدام به برداشت نقاط مثبت و منفی برای طراحی جاده‌ها شد.

۴-۲ - زمین مرجع (ژئورفرنس) کردن نقشه‌ها: پس از برداشت مرز سری با استفاده از GPS و برداشت یکسری نقاط مشخص در داخل سری و بعد از اسکن نمودن کلیه‌ی نقشه‌ها اقدام به زمین مرجع نمودن آن‌ها با داده‌های GPS در محیط Arcmap در نرم افزار GIS شد و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی و نمونه برداری از خاک محل انجام طرح و استفاده از GPS و نرم افزار GIS متغییرهای مشروحه‌ی ذیل اندازه گیری و برآورد شدند: تهیه‌ی نقشه‌ی شیب، تهیه‌ی نقشه‌ی زمین شناسی، تهیه‌ی نقشه‌ی خاک شناسی.

۳- نتایج و بحث:

۱-۳ - نتایج حاصل از تهیه‌ی رقومی سازی نقشه‌ی خاک شناسی: با توجه به نقشه‌ی جاده‌ی موجود (شکل-۴) نتایج حاصل از تهیه‌ی رقومی سازی نقشه‌ی خاک شناسی که در شکل-۱ آمده است، بیان می‌دارد که بیشترین مساحت مربوط به مناطقی است که از نظر خاک شناسی دارای خاک تکامل یافته، عمیق با عمق بیشتر از یک متر، بدون سنگریزه و بافت خاک سیلتی تا رسی و تیپ خاک قهوه‌ای شسته شده با افق ارژلیکی بوده که مساحتی حدود ۵۵/۶۸ درصد کل سطح سری را به خود اختصاص داده و به صورت اختصاری 2-2-4 نشان داده شده است و در مقابل آن مناطقی که دارای خاکی تکامل نیافته، کم عمق با حداکثر عمق ۴۵-۴۰ سانتی متر، سنگریزه دار، بافت، بافت رسی تا رسی با دامنه‌ی شلی پایین و تیپ خاک تکامل نیافته‌ی راندزیت بوده که مساحتی حدود ۱۰ درصد کل سطح سری را به خود اختصاص داده و به صورت اختصاری ۲-۲-۲- نشان داده شده است (جدول-۱).



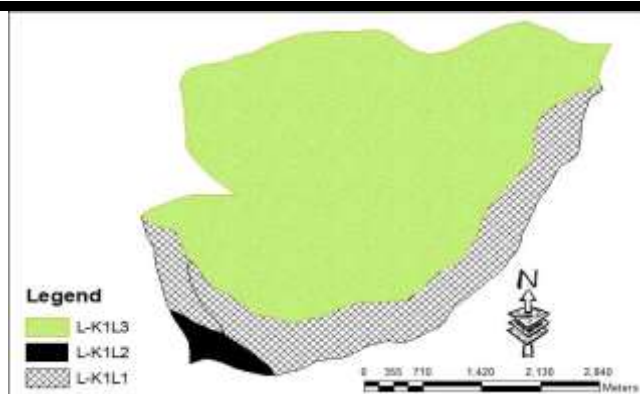
شکل ۱- نقشه‌ی خاک‌شناسی سری ۷ سردآبرود.

جدول ۱- مساحت نسبی خاک‌شناسی

علائم	رو	نقشه	مقدار بر حسب درصد (%)	خاک سری
2-2-1	خاکی تکامل یافته، حداکثر عمق ۳۵-۳۰ سانتی متر، تیپ پروفیلی سنگریزه دار.	2-2-1	۲۳/۶۷	
2-2-2	خاک تکامل نیافته، کمعمق با عمق ۴۵-۴۰ سانتی متر، سنگریزه دار، بافت رسی تا رسی با دامنه‌ی شلی پایین، تیپ خاک تکامل نیافته‌ی راندزیت.	2-2-2	۱۰	
2-2-3	خاک تکامل یافته‌ی نسبتاً عمیق با عمق ۸ سانتی متر، بافت سیلتی تا رسی، تیپ خاک قهوه‌ای جنگلی و بعضی نقاط راندزیت.	2-2-3	۱۰/۶۵	
2-2-4	خاک تکامل یافته‌ی عمیق با عمق بیش از یک متر، بدون سنگریزه بافت سیلتی تا رسی و تیپ خاک قهوه‌ای با افق ارزلیکی.	2-2-4	۵۵/۶۸	

۱-۱- نتایج حاصل از رقوم‌ی سازی ساختار زمین شناسی: نتایج حاصل از رقوم‌ی سازی ساختار زمین شناسی که در شکل ۲ آمده است، بیان می‌دارد که بیشترین مساحت مربوط به مناطقی است که زمین شناسی آن دارای موادی چون آهک- مارن-آهک مارنی که با نام اختصاری L-KIL3 آورده شده است با مساحتی حدود ۶۸/۴۸ درصد نسبت به سطح کل سری را به خود اختصاص می‌دهد و در مقابل آن مناطقی که دارای ارتفاعات متوسط جنگلی با شیب متوسط، عمق متوسط خاک، پایداری متوسط و نفوذ پذیری خوب که با نام اختصاری L-KIL2 آورده شده است، دارای موادی چون سنگ آهک اربیتولین دار با مساحتی حدود ۱۰ درصد کل سطح سری را به خود اختصاص داده است (جدول-۲).

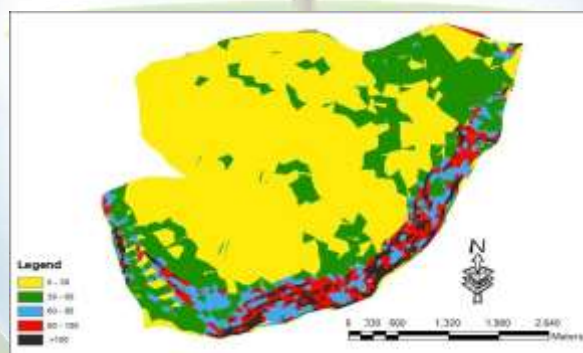
۲-۱- نتایج حاصل از وضعیت شیب منطقه: طبق نتایج نقشه‌ی شیب حاصل شده در محیط GIS در بین طبقات مختلف شیب سری، بیشترین مساحت مربوط به طبقه بندی ۰-۳۰ درصد با مساحت ۱۱۳۰ هکتار که نسبت به سطح کل سری ۶۰/۷۸ درصد از مساحت را در سطح حوزه به خود اختصاص داده و در مقابل آن کمترین مساحت مربوط به طبقه‌ی شیب ۸۰-۱۰۰ درصد با مساحت ۵۵ هکتار که نسبت به سطح کل سری با مقدار ۲/۹۵ درصد را به خود اختصاص داده است، بدست آمد (شکل-۳). وضعیت سایر طبقات شیب به همراه مساحت هر کدام از طبقات شیب نسبت به کل منطقه در جدول شماره-۳، آورده شده است.



شکل ۲- نقشه‌ی زمین شناسی سری ۷ سردآبرود.

جدول ۲- مساحت نسبی ساختار زمین شناسی

درصد هریک از مناطق نسبت به کل منطقه‌ی مورد مطالعه (درصد)	سنگ های غالب سطحی	انواع زمین	علائم روی نقشه
۶۸/۴۸	آهک-مارن-آهک مارنی	ارتفاعات متوسط جنگلی با شیب متوسط تا زیاد با عمق خاک متوسط با بیرون زدگی سنگی، نفوذ پذیری ضعیف و پایداری ضعیف.	L-K1L3
۲۱/۵۲	سنگ آهک اربیتولین دار	ارتفاعات متوسط جنگلی با شیب متوسط، عمق متوسط خاک تا زیاد، پایداری متوسط و نفوذ پذیری خوب.	L-K1L1
۱۰	سنگ آهک اربیتولین دار	ارتفاعات متوسط جنگلی نسبتاً زیاد، پایداری و نفوذ پذیری نسبتاً خوب.	L-K1L2

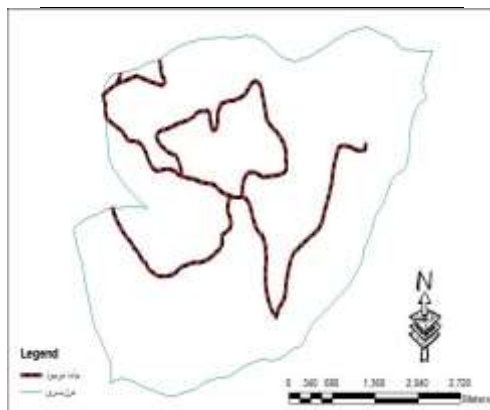


شکل ۳- نقشه‌ی شیب سری ۷ سردآبرود

جدول ۳- طبقات شیب

مساحت (هکتار)	درصد (%)	طبقه‌ی شیب
۱۱۳۰	۶۰/۷۸	۳۰-۰
۲۸۶	۱۵/۳	۶۰-۳۰
۱۱۱	۵/۹۷	۸۰-۶۰

۵۵	۲/۹۵	۱۰۰-۸۰
۲۷۷	۱۴/۹	>۱۰۰



شکل ۴- نقشه‌ی جاده‌ی موجود سری ۷ سردآبرود.

۴- نتیجه‌گیری

عوامل مؤثری که در طراحی مسیر جاده‌های جنگلی در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت عبارتند از: تیپ جنگل، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، شیب منطقه، جهت جغرافیایی منطقه و نقاط لغزشی می‌باشد. نتایج نشان دادند که جاده‌های موجود با طول ۱۵ کیلومتر و مقدار ۶۴ درصد دارای پوشش مناسب در سطح سری می‌باشد که با توجه به شیب منطقه و ساختار خاک‌شناسی و زمین‌شناسی این موضوع منطقی است. برای تعیین میزان تأثیر هر یک از عوامل مورد بررسی در این تحقیق در طراحی جاده‌های جنگلی، بررسی‌های لازم توسط کارشناسان صورت پذیرفت تا میزان تأثیر هر یک از این عوامل در ایجاد نقشه قابلیت عبور مشخص گردید که با توجه به کوهستانی بودن منطقه بیشترین عاملی که می‌تواند در طراحی جاده دخالت داشته باشد، شیب منطقه معرفی گردید. در نتیجه با توجه به سایر موارد، نقشه قابلیت عبور منطقه تهیه شد. همانطور که گفته شد این نقشه بر پایه عوامل مؤثر در جاده‌سازی تهیه شده است یعنی با استفاده از توانایی نرم افزار GIS با رویهم گذاری این نقشه‌ها توانسته یک نقشه بنام نقشه قابلیت عبور را تولید نماییم که این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات عبدی (۱۳۸۴) و سلیمانپور (۱۳۸۹) هم‌خوانی کامل دارد. در نتیجه استفاده از روش تهیه نقشه قابلیت عبور جاده‌ها در محیط GIS، برای پیش‌بینی مقدماتی عبور جاده‌های جنگلی و کوهستانی نتایج قابل قبولی را ارائه داد. در این روش با بهره‌گیری از نقشه‌های شیب، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، تیپ جنگل، جهت جغرافیایی، فاصله از آبراهه‌ها و فاصله از نقاط چشم‌انداز می‌توان منطقه عبور مناسبی را برای جاده‌ها براساس اصول زیست محیطی و ویژگی‌های فنی جاده‌های جنگلی و کوهستانی انتخاب نمود.

۵- منابع:

- ۱- افضلی، ع. و روانی، ج و جعفری نیا، ر. ۱۳۹۷. کاربرد تکنیک زمین‌آمار در پیش‌بینی تغییرات مکانی بافت خاک- فصلنامه جغرافیایی سرزمین، شماره ۵۸.
- ۲- جمشیدی کوهساری ا و مجنونیان ب و زاهدی امیری ق.ا و حسینی س.ع.ا، ۱۳۸۷. طبقه‌بندی خاک جنگل به منظور کاهش هزینه‌ی بررسی قابلیت‌های مکانیکی آن برای جاده‌سازی و ترابری (مطالعه موردی: جنگل آق مشهد). نشریه‌ی دانشکده‌ی منابع طبیعی، دوره- ۶۱، شماره‌ی ۴. صفحه‌های ۸۷۷ تا ۸۸۸.
- ۳- عارفیان، ر. رافت نیا، ن. ۱۳۸۰. بررسی خواص مکانیکی خاک در طرح جنگلداری زیارت‌گران و کاربرد آن در جاده‌سازی- نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران- شماره ۵- ص ۸۷-۱۲۴.

- ۴- مجنونیان ب و شجاع ر و سبحانی ه، ۱۳۸۶. تعیین قابلیت‌های مکانیکی خاک جنگل برای عملیات جاده سازی و بهره‌برداری در سری گرازبن جنگل خیرود کنار. نشریه‌ی دانشکده‌ی منابع طبیعی، دوره‌ی ۶۰، شماره ۲، صفحه‌های ۵۳۷ تا ۵۴۴.
- ۵- مهدی زاده، م و نجفی . نو ۱۳۹۷. مروری بر کاربرد نانو مواد در اصلاح خاک ها. نشریه علمی - ترویجی مدیریت اراضی- جلد ۶- شماره ۱.



ارزیابی پنج روش محاسباتی تبخیر و تعرق مرجع با روش FAO-56 در برخی مناطق ایران

فاطمه صفری^{۱*}، عباس کاویانی^۲، اصغر عزیزیان^۳، هادی رضوانی اعتدالی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، ^۲ استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، ^۳ استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین-

المللی امام خمینی، ^۴ دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

۱ و * رایانامه (Email) نویسنده مسوول: f71safari@gmail.com

چکیده

سرزمین ایران در کمربند خشک و بیابانی جهان قرار دارد. چنین موقعیتی در بسیاری از مناطق کشور محدودیت‌هایی را از نظر اقلیم و آب و هوای مناسب و مساعد کشاورزی به وجود آورده است. در بیان پتانسیل توسعه کشاورزی و منابع آب و خاک واژه تبخیر و تعرق اهمیت شایان توجهی دارد. روش‌های مختلفی برای تخمین تبخیر و تعرق وجود دارد، اما عملکرد این معادلات در شرایط اقلیمی گوناگون متفاوت است. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر بررسی روش‌های مختلف تخمین تبخیر و تعرق مرجع در چند منطقه ایران است. در این راستا با توجه به داده‌های چهار ایستگاه هواشناسی از پنج روش تشعشعی و دمایی بصورت ماهانه استفاده شد. با مرجع قرار دادن روش FAO-56، معادله‌های مختلف ارزیابی شدند. نتایج ارزیابی‌های آماری نشان داد روش دمایی بلانی-کریدل با کمترین میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) با مقادیر حدود (۰/۱۴ - ۰/۱۱) و بالاترین میزان همبستگی به مقدار (۰/۹۹) در هر ۴ ایستگاه بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق مرجع است.

واژگان کلیدی: تبخیر و تعرق مرجع، روش دمایی، روش تشعشعی، بلانی-کریدل، RMSE.

۱- مقدمه

تبخیر و تعرق از عمده‌ترین اجزاء چرخه هیدرولوژیکی است که تخمین درست آن در طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری، مطالعات منابع آب و موارد مشابه دیگر از اهمیت زیادی برخوردار است. تخمین بیش از حد آب مورد نیاز گیاه ضمن هدر دادن آب آبیاری باعث ماندابی شدن اراضی، شستشوی مواد غذایی خاک و آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی می‌شود. ضمن آن که تخمین کمتر از حد مورد نیاز گیاه نیز باعث اعمال تنش رطوبتی کنترل‌شده به گیاه شده و در نتیجه کاهش محصول را به همراه خواهد داشت (۸). با توجه به اهمیت تبخیر و تعرق و کاربردهای متنوع آن در علوم مختلف، محاسبه مقدار آن به ویژه تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی از اهمیت بالایی برخوردار است.

در ۵۰ سال اخیر، دانشمندان و متخصصان جهان روش‌های کم و بیش تجربی بسیاری برای برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از متغیرهای اقلیمی مختلف معرفی کرده‌اند. این روش‌ها، اغلب، به واسطه‌های محلی بسیار دقیق نیازمند هستند و در شرایط

مختلف اعتبار محدودی دارند. ارزیابی دقت روش‌ها تحت شرایط جدید، مستلزم صرف وقت و هزینه بسیار است. در حالی که، داده‌های تبخیر و تعرق، به طور دائم، برای برنامه ریزی یا طراحی آبیاری مورد نیاز است و باید در مدت کوتاه قابل جمع‌آوری و در دسترس باشد. برای رفع این نیاز، نشریه فنی شماره ۲۴ آبیاری و زهکشی فائو تحت عنوان "نیاز آبی گیاهان" ارائه و بر اساس دسترسی کاربر به داده‌های هواشناسی، چهار روش محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع پیشنهاد شد. روش‌های پیشنهادی شامل: بلانی-کریدل، تابش، پنمن اصلاح شده و تبخیر از تشت می‌باشند. روش پنمن اصلاح شده به عنوان روشی که در ارتباط با گیاه مرجع چمن فعال، بهترین نتایج همراه با کمترین خطا را ارائه می‌دهد، معرفی شد و انتظار می‌رفت که روش تشت بر مبنای وضعیت استقرار، تخمین‌های قابل قبول را ارائه کند. روش تابش برای مناطقی که داده‌های دمای هوا، ساعات آفتابی و ابرناکی یا تابش در دسترس است، ولی اطلاعات سرعت باد و رطوبت موجود نیست، پیشنهاد شد. سرانجام، روش بلانی-کریدل برای مناطقی که داده‌های هواشناسی آن، تنها، دمای هوا است، توصیه گردید (۲).

طی پژوهشی (۷)، بر اساس شاخص خشکی سه روش هارگریوز سامانی، لیناکر و ترنت وایت اصلاح شده، ETo در سطح ایران را مورد مطالعه قرار داد. وی برای غرب و شمال غرب کشور روش هارگریوز سامانی، برای شمال و شمال شرق روش ترنت-وایت، و در مرکز و جنوب شرق کشور روش لیناکر را پیشنهاد کرد. پژوهشگران (۶) روش هارگریوز-سامانی را برای ترکیه اصلاح کردند. آن‌ها میزان تبخیر و تعرق را برای ۲۷۵ ایستگاه هواشناسی و هفت منطقه جغرافیایی با استفاده از روش‌های FAO-56 و هارگریوز-سامانی به دست آوردند، سپس ضرایب معادله هارگریوز-سامانی را واسنجی و به معادله واسنجی شده سرعت باد را به عنوان یک پارامتر توضیحی اضافه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که روش هارگریوز-سامانی اصلاح شده تخمین خوبی نسبت به داده‌های واقعی لایسیمتر دارد. بر اساس مطالعه‌هایی (۱۱) که در منطقه سنته در کردستان انجام دادند به ترتیب روش‌های بلانی-کریدل، تشت تبخیر و هارگریوز را برای برآورد ETo مناسب دانسته‌اند. پس، با توجه به اینکه هر معادله در منطقه ای خاص و با شرایط آب و هوایی محل استخراج شده است، واسنجی روابط برآورد در مناطق مختلف لازم است (۱۴). بنابراین هدف از تحقیق مقایسه پنج روش برآورد تبخیر و تعرق مرجع شامل روش‌های دمایی و تشعشعی و تعیین روش برتر بر اساس داده‌های روش FAO-56 می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی روش‌های مختلف استفاده شده در تخمین تبخیر و تعرق مرجع، ابتدا بر اساس اقلیم‌نمای کوپن چهار ایستگاه هواشناسی ارومیه برای اقلیم نیمه مرطوب، رشت برای اقلیم مرطوب، مشهد برای اقلیم نیمه خشک و برای اقلیم خشک انتخاب شدند. سپس با استفاده از داده‌های هواشناسی از قبیل دما، سرعت باد، تابش خورشیدی، رطوبت نسبی، فشار هوا، ساعات آفتابی و بارندگی برای چهار ایستگاه، مقادیر تبخیر و تعرق از روش‌های هارگریوز-سامانی (H.S)، بلانی کریدل (B.C)، پرستلی-تیلور (P.T)، تورک (T) و مک‌کینک (Mc.K) برای ۷۰٪ داده‌ها به دست آمد و برای ارزیابی دقت و سنجش صحت نتایج به دست آمده از مقادیر معادله مرجع FAO-56 استفاده شد.

سپس، ضرایب واسنجی برای معادلات هارگریوز-سامانی، بلانی-کریدل، پرستلی-تیلور، مک‌کینک و تورک بر پایه مقادیر به دست آمده از روش FAO-56 برآورد گردید. به منظور استخراج ضرایب واسنجی معادلات از روش بهینه‌سازی غیرخطی بر پایه کمینه‌سازی مجموع مربعات خطا که محاسبات این روش با استفاده از امکانات Solver در نرم‌افزار Excel انجام شد. این روش بر اساس تغییر ضرایب انتخاب شده‌ی رابطه مربوطه، معادله را واسنجی می‌کند.

با استفاده از ۳۰٪ داده هواشناسی باقی‌مانده، ابتدا مقدار تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از معادلات واسنجی شده محاسبه و در مرحله بعد نتایج حاصله با مقادیر به دست آمده از روش FAO-56 مورد مقایسه قرار گرفت. در فرآیند ارزیابی معادلات واسنجی شده، از شاخص‌های آماری میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (r) استفاده شد.

$$RMSE = \left[N^{-1} \left(\sum_{i=1}^N (ET(Sim)_i - ET(Obs)_i)^2 \right) \right]^{0.5} \quad (1)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (ET(Obs) - \overline{ET(Obs)})(ET(Sim) - \overline{ET(Sim)})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (ET(Obs) - \overline{ET(Obs)})^2 (ET(Sim) - \overline{ET(Sim)})^2}} \quad (2)$$

که در آن $\overline{ET(Sim)}$: تبخیر و تعرق برآورد شده با روش‌های تجربی و ترکیبی ET و $ET(Obs)$: تبخیر و تعرق به دست آمده از روش FAO-56 در منطقه مطالعاتی و $\overline{ET(Obs)}$: میانگین تبخیر و تعرق به دست آمده از روش FAO-56 در منطقه مطالعاتی و $\overline{ET(Sim)}$: میانگین تبخیر و تعرق برآورد شده با روش‌های تجربی و ترکیبی ET . معادلات مربوط به برآورد تبخیر و تعرق به شرح ذیل است:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{890}{T + 273}\right)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (3)$$

که در آن ET_o : تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm/day)، R_n : تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJ/m^2.day$)، T : متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($^{\circ}C$)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (m/s)، $e_a - e_d$: کمبود فشاربخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)، Δ : شیب منحنی فشار بخار ($KPa/^{\circ}C$)، γ : ضریب رطوبتی ($KPa/^{\circ}C$) و G : شار گرما به داخل خاک ($MJ/m^2.day$) (۴). معادله هارگریوز-سامانی (H.S):

$$ET_o = 0.0023R_a \sqrt{T_{max} - T_{min}} (T_{mean} + 17.8) \quad (4)$$

که ET_o : تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm/day)، T_{max} : ماکزیمم درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$)، T_{min} : مینیمم درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$)، T_{mean} : میانگین درجه حرارت ($^{\circ}C$)، R_a : تابش فرازمینی (mm/day) (۹). معادله بلانی-کریدل (B.C):

$$ET_o = a + b(P(0.46T_{mean} + 8.13)) \quad (5)$$

که در این معادله P : ضریب مربوط به طول روز، RH_{min} : مینیمم رطوبت نسبی ($\%$)، N : حداکثر ساعات آفتابی (hr)، n : ساعات واقعی آفتابی (hr) و U_{day2} : سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (m/s) (۵). معادله پریستلی-تیلور (P.T):

$$ET_o = 1.26\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right)\left(\frac{R_n - G}{\lambda}\right) \quad (6)$$

که در آن Z : ارتفاع از سطح دریا (m) می‌باشد (۱۲).

$$ET = 0.013 \frac{(23.89R_s + 50)T_{avg}}{(T_{avg} + 15)} \quad (7)$$

که R_s : تابش خورشیدی ($MJ/m^2.day$) (۱۳).

$$ET = 0.61\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma}\right)\left(\frac{R_s}{2.45}\right) - 0.12 \quad (8)$$

معادله مک‌کینک (Mc.K) (۱۰):

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از معادلات دمایی و تشعشعی با مقادیر به دست آمده از FAO-56 مقایسه شد و در قالب شاخص‌های آماری در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱) مقایسه آماری روش‌های مختلف واسنجی شده برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع با مقادیر FAO-56

ایستگاه	اقلیم	معادله	r	RMSE (mm/day)
ارومیه	مرطوب نیمه	هارگریوز-سامانی	۰/۹۶	۰/۵۳
		بلانی-کریدل	۰/۹۹	۰/۱۴
		پریستلی-تیلور	۰/۹۴	۰/۷۷
		تورک	۰/۹۳	۰/۹۰
		مک کینک	۰/۹۶	۰/۴۳
رشت	مرطوب	هارگریوز-سامانی	۰/۹۰	۰/۵۴
		بلانی-کریدل	۰/۹۹	۰/۱۱
		پریستلی-تیلور	۰/۹۱	۰/۶۸
		تورک	۰/۹۲	۰/۳۶
		مک کینک	۰/۹۲	۰/۳۷
مشهد	نیمه خشک	هارگریوز-سامانی	۰/۹۷	۰/۵۵
		بلانی-کریدل	۰/۹۹	۰/۱۱
		پریستلی-تیلور	۰/۹۲	۱/۰۹
		تورک	۰/۹۶	۰/۶۸
		مک کینک	۰/۹۶	۰/۶۱
یزد	خشک	هارگریوز-سامانی	۰/۹۲	۰/۸۲
		بلانی-کریدل	۰/۹۹	۰/۱۲
		پریستلی-تیلور	۰/۹۳	۰/۷۷
		تورک	۰/۹۲	۰/۷۹
		مک کینک	۰/۹۱	۰/۹۰

مقایسه آماری تبخیر و تعرق محاسبه شده با استفاده از روش FAO-56 و معادلات انتخابی در جدول فوق نشان داد که در هر چهار ایستگاه روش بلانی-کریدل دارای کمترین میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) با مقادیر حدود (۰/۱۴ - ۰/۱۱) در مقابل روش تورک در ایستگاه ارومیه، روش پریستلی-تیلور در ایستگاه‌های رشت و مشهد و روش مک کینک در ایستگاه یزد که دارای بیشترین مقدار RMSE با مقادیر به ترتیب (۰/۹۰ - ۰/۶۸ - ۱/۰۹ - ۰/۹۰) می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه هرچه مقدار میانگین جذر مربعات خطا کوچکتر باشد مناسب‌تر است، روش بلانی-کریدل بهترین نتیجه را براساس این شاخص داراست. همچنین روش بلانی-کریدل دارای بالاترین همبستگی به مقدار (۰/۹۹) در هر ۴ ایستگاه می‌باشد.

پژوهشگران (۱) به بررسی تبخیر و تعرق مرجع با روش‌های بلانی-کریدل، هارگریوز و ترنت وایت برای اقلیم‌های مختلف ایران براساس اقلیم‌نمای یونسکو در مقایسه با روش استاندارد FAO-56 پرداختند، نتایج آن‌ها نشان داد روش بلانی-کریدل در اقلیم‌های خشک، نیمه خشک و مرطوب بهترین برآورد را داراست. نتایج این مطالعه بیان کرد در شرایطی که در اقلیم‌های مورد مطالعه به دلیل عدم دسترسی به داده‌های مورد نیاز، برآورد تبخیر و تعرق مرجع از روش پنمن مانتیس فائو ممکن نباشد، با بهره‌گیری از معادلات واسنجی شده می‌توان به برآوردهای مشابه از نظر آماری با روش پنمن مانتیس فائو دست یافت. همچنین در پژوهشی دیگر (۳) که در زمینه‌ی ارزیابی مدل مناسب تبخیر و تعرق بالقوه در ایران انجام شد، از چهار روش تورنت وایت، جنسن - هیز، بلانی-کریدل و هارگریوز-سامانی استفاده شد و به این نتیجه رسیدند که روش بلانی-کریدل همخوانی بهتری با شرایط ایران دارد.

بطور کلی، نتایج حاکی از آن بود که روش بلانی-کریدل واسنجی شده، پس از روش FAO-56 که روش مبنا بود، با بیشترین میزان ضریب همبستگی (r) و کمترین میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) در هر چهار ایستگاه مورد مطالعه برآورد مناسبی از تبخیر و تعرق در اقلیم‌های مختلف می‌دهد.

۴- منابع و مراجع

۱. پاشاخواه، پ. پیرمردیان، ن. خزدوز، ن. نشاگر، ح. مشفق، م. ۱۳۹۳. "واسنجی و ارزیابی سه روش تجربی برآورد تبخیر و تعرق مرجع در برخی از شهرهای ایران". مجله نیوار. شماره ۸۷-۸۶.
۲. تمدنی. ۱۳۸۷. "تبخیر تعرق گیاهان (دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان)". نشر کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
۳. روشن، غ.ر. خوش اخلاق، ف. کرمپور، م. ۱۳۹۰. "ارزیابی و اصلاح مدل مناسب تبخیر و تعرق بالقوه در ایران"، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۸، صص. ۴۹-۶۸.
۴. علیزاده. ا. ۱۳۹۰. "رابطه آب و خاک و گیاه". نشر دانشگاه امام رضا(ع).
5. Blaney, H.F., Criddle, W.D. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatologically and irrigation data. USDA, SCS. SCS-TP-96,48.
6. Cobaner, M., Citakoğlu, H., Haktanir, T., and Kisi, O. 2017. 'Modifying Hargreaves-Samani equation with meteorological variables for estimation of reference evapotranspiration in Turkey'. Hydrology Research. 48.2. P480-497.
7. Dinpashoh, Y. 2006. 'Study of Reference Crop Evapotranspiration in I.R. of Iran'. Agricultural Water Management 84, 123-129.
8. Fathi, P. and M. KochakZadeh. 2004. 'Estimate of greenhouse cucumber transpiration by artificial neural networks'. Journal of Soil and Water Science, 18 (2): 213-220.
9. Hargreaves, G. H. & Samani, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Appl. Eng. Agric. 1 (2), 96-99.
10. Makkink, G.F. 1957. Testing the Penman Formula by Means of Lysimeters, J. Instit. Water Engin. 11:277-288.
11. Mirzaei Takhtgahi, H., and Moazed, H. 2006. 'Comparison of Various Potential Evapotranspiration Estimation Methods, National symposium of Management of Irrigation and Drainage Nets'. Ahvaz University of Shahid Chamran, Water Sciences Engineering Faculty.
12. Priestley, C.H.B., Taylor, R.J. 1972: On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large Scale Parameters. Mon. Wea. Rev., 100:81-92.
13. Turc L. 1961. Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: A simple climate formula evolved up to date. Ann. Agron.; 12:13-49.
14. Vanzyl WH, De Jager JM, Maree CJ. 1989. The relationship between daylight evaporation from short vegetation and the USWB Class A pan. Agricultural and Forest Meteorology; 46: 107-118.

Evaluation of five computational methods of reference evapotranspiration by FAO-56 method in some regions of Iran

Fateme Safari^{1*}, Abbas Kaviani², Asghar Azizian³, Hadi Ramezani Etedali⁴

¹M.Sc. Graduate, ^{2,3} Assistant Professor of Water Engineering, Imam Khomeini International University,

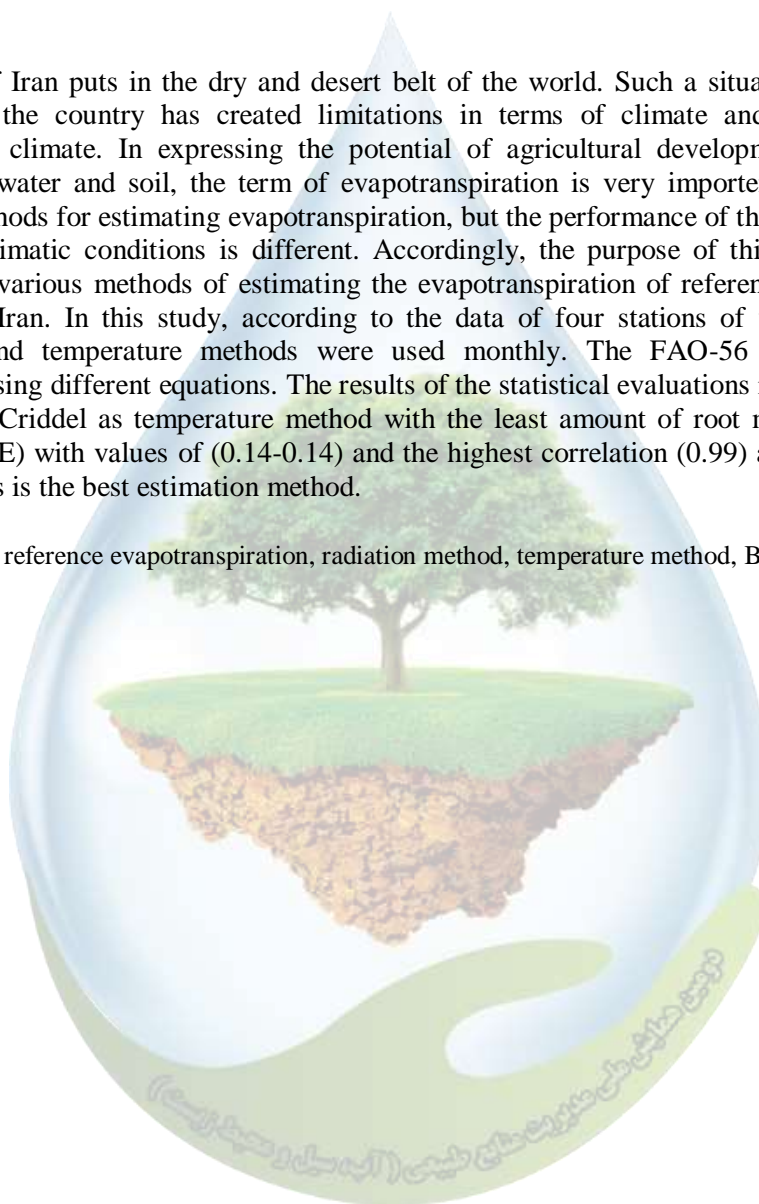
⁴Associate Professor of Water Engineering, Imam Khomeini International University.

1&*: f71safari@gmail.com

Abstract

The land of Iran puts in the dry and desert belt of the world. Such a situation in many regions of the country has created limitations in terms of climate and appropriate agricultural climate. In expressing the potential of agricultural development and the sources of water and soil, the term of evapotranspiration is very important. There are several methods for estimating evapotranspiration, but the performance of these equations varies in climatic conditions is different. Accordingly, the purpose of this study is to investigate various methods of estimating the evapotranspiration of reference in several regions of Iran. In this study, according to the data of four stations of weather, five radiation and temperature methods were used monthly. The FAO-56 method was evaluated using different equations. The results of the statistical evaluations indicated that the Blaney-Criddle as temperature method with the least amount of root mean squared error (RMSE) with values of (0.14-0.14) and the highest correlation (0.99) at each of the four stations is the best estimation method.

Keywords: reference evapotranspiration, radiation method, temperature method, Blaney-Criddle, RMSE.



مقایسه زنده‌مانی برخی از درختان مقاوم به خشکی تحت سیستم‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی

زهرا جعفری^{۱*}، سیدحمید متین‌خواه^۲، کیومرث ابراهیمی^۳

^۱گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، ایران، ^۲گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، ایران، ^۳گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده مهندسی و

فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، ایران

*Zahra.Jafari1@na.iut.ac.ir

چکیده

امروزه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به عنوان یکی از مؤثرترین روش‌های آبیاری برای مناطق خشک شناخته شده است. مقاله حاضر با هدف مقایسه زنده‌مانی برخی از گونه‌های درختی مقاوم به خشکی تحت سیستم‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی در محدوده اراضی دانشگاه صنعتی اصفهان ارائه شده است. طی این تحقیق، نهال‌های درختی توت سفید، زیتون تلخ، عرعر و افاقیا در اسفند ماه سال ۱۳۹۵ به صورت کاملاً تصادفی کشت شدند. نه ماه پس از کاشت نهال‌ها، اقدام به اندازه‌گیری زنده‌مانی نهال‌ها در سیستم‌های آبیاری زیرسطحی و سطحی شد. نتایج نشان داد که بالاترین درصد بقاء (۱۰۰٪) مربوط به آبیاری زیرسطحی بود و تیمار شاهد (آبیاری سطحی) کم‌ترین درصد بقاء ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ را به ترتیب برای توت سفید، زیتون تلخ، عرعر و افاقیا نشان داد.

واژگان کلیدی: زنده‌مانی، اراضی خشک، آبیاری سطحی، آبیاری زیرسطحی.

۱- مقدمه

در حال حاضر، بیابان‌زایی به عنوان یک معضل، گریبان‌گیر بسیاری از کشورهای در حال توسعه شده است. بیابان‌زایی مشتمل بر فرآیندهایی است که در نتیجه عوامل طبیعی و عملکرد نادرست انسان ایجاد می‌گردد و طبق تعریف عبارت است از کاهش استعداد اراضی در اثر یک یا ترکیبی از فرآیندها، از قبیل فرسایش، تخریب پوشش گیاهی، فرسایش بادی که توسط عوامل انسانی یا محیطی شدت می‌یابد (۲). در مورد کشت نهال مهم‌ترین مسئله وجود آب و خاک مناسب است. جهت تغییر سیستم آبیاری از نظر کاهش مصرف آب تاکنون روش‌های مختلفی استفاده شده است، ولی برای مناطق خشک و بیابانی با تبخیر- تعرق زیاد و بادهایی با سرعت زیاد، آبیاری زیرسطحی یکی از مناسب‌ترین روش‌های آبیاری جهت کشت گیاه است (۳). با این روش می‌توان آب را به طور یکنواخت توزیع کرد، مقدار آب مصرفی را به دقت کنترل نمود، عملکرد گیاه را افزایش و تبخیر- تعرق، نفوذ عمقی و خطرات پراکندگی و شورشدگی خاک را کاهش داد (۴، ۸ و ۱۵).

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که آب عامل محدودکننده بقای نهال در مناطق خشک است. به طوری که، کمبود آب با کاهش جذب مواد مغذی و آماس سلولی به شدت بر رشد و بقاء اثر می‌گذارد. کاظمی‌نژاد و همکاران (۳) تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر زنده‌مانی و استقرار گونه‌های درختی مثمر و غیر مثمر را در مناطق بیابانی بررسی کردند. ایشان روش‌های مختلف آبیاری به ترتیب شامل آبیاری کوزه‌ای، آبیاری با لوله‌های سفالی به قطر ۱۰ سانتی‌متر، آبیاری با لوله‌های سفالی به قطر ۱۵ سانتی‌متر و آبیاری به روش قطره‌ای بوده که با بررسی درصد زنده‌مانی نهال‌ها به این نتیجه رسیدند که آبیاری

زیرسطحی با سفال روش مناسب تری نسبت به سایر روش‌ها است. مطالعه حاضر به منظور مقایسه زنده‌مانی نهال‌های درختی توت سفید (*Morus alba*)، زیتون تلخ (*Melia azedarach*)، عرعر (*Ailanthus altissima*) و افاقیا (*Robinia pseudoacacia*) تحت آبیاری سطحی و زیرسطحی جهت کمک به استقرار نهال‌ها در اراضی خشک انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

اراضی دانشگاه صنعتی اصفهان با پوشش گیاهی طبیعی نمونه‌ای از مراتع خشک مناطق مرکزی ایران با تپ رویشی ایران و توران دشتی است. مختصات عرصه کشت شده در عرض جغرافیایی $33^{\circ} 43'$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 33'$ شرقی و در ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. طبق بررسی‌های بلند مدت آماری از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۵، میانگین درجه حرارت سالانه این منطقه $16/04$ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه نیز ۱۲۷ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی هوای سالانه $38/7\%$ می‌باشد. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال نیز به ترتیب تیرماه با $29/5$ درجه سانتی‌گراد و دی ماه با 3 درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. میانگین سالانه حداکثر دمای هوا، $23/5$ درجه سانتی‌گراد و میانگین سالانه حداقل دما $9/2$ درجه سانتی‌گراد است (۱).

۲-۲- روش تحقیق

ماده اولیه برای تولید مخازن سفالی، خاک دانشگاه صنعتی اصفهان با بافت رسی است. بدین ترتیب، مخازن سفالی به ارتفاع ۴۵ سانتی‌متر و قطر دهانه ۹ سانتی‌متر (حجم مفید $2/9$ لیتر) به منظور آبیاری نهال‌ها ساخته و در دمای 900 درجه سلسیوس پخته شدند (جدول ۱).

جدول (۱) ابعاد مخازن سفالی ساخته شده

ابعاد مخزن	پارامتر
۱	ضخامت مخزن (cm)
۸	قطر داخلی مخزن (cm)
۴۵	ارتفاع مخزن (cm)
۲۸۶۱	حجم مخزن (cm^3)

مخازن سفالی داخل گودال‌هایی در فاصله ۵ سانتی متری درختان قرار گرفتند، طوری که ۵ سانتی‌متر از لبه آن‌ها از خاک بیرون ماند. به منظور جلوگیری از تبخیر آب داخل مخازن روی مخازن سفالی درپوش سرامیکی قرار داده شد. با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه گونه‌های مقاوم به خشکی و مناسب برای احیای مناطق خشک، چهار گونه از نهال‌های توت سفید، زیتون تلخ، عرعر و افاقیا در تاریخ ۲۲ اسفند ۱۳۹۵ به صورت کاملاً تصادفی در فواصل ۲ متری کشت شدند. همه تیمارهای این مطالعه تحت شرایط کاملاً یکسان بودند. حتی الامکان سعی شد از نهال‌های هم اندازه و یکنواخت استفاده شود. برای هر نهال، اتیکت‌های فلزی طراحی شد که روی آن‌ها شماره نهال، نوع تیمار و گونه گیاهی کشت شده به صورت کد یادداشت شد. نهال‌ها به صورت منظم و با استفاده از سفال‌ها هفته‌ای یک بار آبیاری شدند. در آبیاری سطحی (شاهد) نیز نهال‌ها به میزان $2/9$ لیتر هر هفته آبیاری شدند.

برای اندازه‌گیری زنده‌مانی درختان، شمارش نهال‌ها پس از نه ماه ثبت شد (رابطه ۱). نسبت تعداد نهال‌های باقی مانده در پایان آزمایش (s) به تعداد نهال‌های اولیه در زمان شروع آزمایش در هر تیمار (n) بر حسب درصد به عنوان درصد زنده‌مانی (SP) منظور و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (۵):

$$SP = \frac{s}{n} \times 100 \quad (1)$$

۳- نتایج و بحث

با توجه به جدول ۲، بالاترین درصد بقا (۱۰۰٪) مربوط به آبیاری زیرسطحی و تیمار شاهد (آبیاری سطحی) کم‌ترین درصد بقا ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۱۰۰٪ را به ترتیب برای توت سفید، زیتون تلخ، عرعر و افاقیا داشت.

جدول (۲) مقایسه درصد بقا نهال‌های درختی تحت سیستم‌های آبیاری مختلف

زنده‌مانی (درصد)		تیمار	نام گونه
آبیاری سطحی	آبیاری زیرسطحی		
۶۰ ^b	۱۰۰ ^a		توت سفید
۷۰ ^b	۱۰۰ ^a		زیتون تلخ
۸۰ ^b	۱۰۰ ^a		عرعر
۱۰۰ ^a	۱۰۰ ^a		افاقیا

در هر ردیف حروف مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌داری و حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی‌داری است.

رژیم آبیاری مناسب سبب افزایش رشد و زنده‌مانی نهال‌ها می‌شود (۱۰، ۱۲ و ۱۴). از طرف دیگر، استرس رطوبتی موجب کاهش رشد و زنده‌مانی نهال می‌شود (۱۸، ۱۹ و ۲۴).

در تحقیقی نتیجه گرفتند که استقرار نهال‌ها به طور معنی‌داری با سیستم آبیاری زیرسطحی بهبود یافت. سیستم آبیاری زیرسطحی که شامل استفاده از مقدار کمی آب به طور مستمر به جای استفاده از مقدار زیادی آب برای فواصل طولانی آبیاری است به عنوان روشی برای بهبود رطوبت سطح و نزدیک سطح خاک برای استقرار بهتر گیاه پیشنهاد شده است (۲۲). به ویژه نهال‌ها به دلیل توانایی کم‌تر برای جذب منابع آب از خاک می‌توانند مستعد تنش آب باشند (۱۳ و ۲۰).

در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که بقای نهال در Veracruz، مکزیک تحت تأثیر قابلیت دسترسی به آب بود (۹). هم‌چنین، در مطالعه‌ای حدود ۲٪ گیاهان پس از کاشت بدون سیستم آبیاری مناسب زنده ماندند، اما با روش‌های گلدان‌های رسی، لوله‌های منفذدار، لوله‌های عمیق، کپسول‌های منفذدار و آبیاری فتیله‌ای می‌توان درصد بقا و زنده‌مانی نهال‌های گلدانی را تا ۱۰۰ درصد افزایش داد (۶، ۷، ۱۱، ۱۶، ۱۷ و ۲۳).

در نتیجه با توجه به کمبود منابع آب، تعیین مطلوب‌ترین و با صرفه‌ترین رژیم آبیاری دارای اهمیت زیادی است و با استفاده از آن می‌توان هزینه‌ها را در نهالستان کاهش داد.

تشکر و قدردانی

انجام این تحقیق و تهیه مقالات مربوطه با پشتیبانی دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه تهران صورت گرفت که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

¹ Survival percentage

منابع و مراجع

۱. بی‌نام. ۱۳۹۴. آمار هواشناسی استان اصفهان در سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۵.
۲. ذولفقاری، ف.، شهریاری، ع.، فخریه، ا.، نوری، س.، راشکی، ع.، و خسروی، ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر معیارهای خاک و فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه سیستان به کمک GIS.
۳. کاظمی‌نژاد، ا.ع.، باغستانی، ن.، و کریمی، ا. ع. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر روش‌های مختلف آبیاری بر استقرار گونه‌های درختی مثمر و غیرمثمر در مناطق بیابانی. پژوهش و سازندگی ۷۱: ۹۴-۸۹.
4. Ayars, J. E., Phene, C. J., Huttmacher, R. B., Davis, K. R., Schoneman, R. A., Vail, S. S., and Mead, R. M. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: are view of 15 years of research at the water management research laboratory. *Agricultural Water Management* 42(1):1-27.
5. Azizi, S. Tabari Kochaksarai, M., and Sadati, S. E. 2015. Responding of the survival and growth of the *Populus euphratic* Olive to the waterlogging- salinity stresses. *Desert Ecosystem Engineering Journal* 4: 9-20.
6. Bainbridge, D.A. 2002. Alternative Irrigation Systems for Arid Land Restoration. *Ecological Restoration* 20: 23-30.
7. Bainbridge, D.A. 2009. A Guide for Desert and Dryland Restoration. 242-254.
8. Batchelor, C., Christopher, L., and Murata, M. 1996. Simple microirrigation techniques for improving irrigation efficiency on vegetable gardens. *Agricultural Water Management* 32(1): 37-48.
9. Blain, D., and Kellman, M. 1991. The effect of water supply on tree seed germination and seedling survival in a tropical seasonal forest in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 7: 69-83.
10. Castro-Diez, P., and Navarro, J. 2007. Water relations of seedlings of three *Quercus* species: variations across and within species grown in contrasting light and water regimes. *Tree physiology* 27(7): 1011-1018.
11. Curtis, V. 1986, *Women and the Transport of Water*; Intermediate Technology Publications: London.
12. Fotelli, M.N., Radoglou, K.M., & Constantinidou, H.-I.A. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology* 20(16): 1065-1075.
13. Lloret, F., Penuelas, J., and Ogaya, R. 2004. Establishment of co-existing Mediterranean tree species under a varying soil moisture regime. *Journal of Vegetation Science* 15: 237-244.
14. McLaren, K.P., and McDonald, M.A. 2003. The effects of moisture and shade on seed germination and seedling survival in a tropical dry forest in Jamaica. *Forest Ecology and Management* 183(1): 61-75.
15. Karlberg, L. and Frits, W. T. P. V. 2004. Exploring potentials and constraints of low-cost drip irrigation with saline water in sub-Saharan Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* 29(15-18):1035-1042.
16. Mari Gowda, M.H. 1974. Dry Orcharding, *The Lal Baugh* 19: 1-85.
17. Miettinen, A., et al., 1988. Rhizobium nodulation in *Prosopis juliflora* seedlings at different irrigation levels in eastern Kenya. *Plant and Soil* 112: 233-238.
18. Nagakura, J., Shigenaga, H., Akama, A., and Takahashi, M. 2004. Growth and transpiration of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) and *Hinoki cypress* (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings in response to soil water content. *Tree physiology* 24(11): 1203-1208.
19. Pesoli, P., Gratani, L., and Larcher, W. 2003. Responses of *Quercus ilex* from Different Provenances to Experimentally Imposed Water Stress. *Biologia Plantarum* 46(4): 577-581.
20. Save, R., Castell, C., and Terradas, J. 1999. Gas exchange and water relations. In: Roda, F., Retana, J., Gracia, C.A., 21. Bellot, J. (Eds.), *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Springer-Verlag, Berlin DE:135-147.
22. Sterrett, S.B., Ross, B.B. and Savage, C.P. 1990. Establishment and yield of asparagus as influenced by planting and irrigation method. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(1): 29-33.
23. Sheng Han, S. 1974, *Fan Sheng-chih Shu: An Agriculturist Book of China*, 2, p 233.
24. Timmer, V.R., and Miller, B.D. 1991. Effects of contrasting fertilization and moisture regimes on biomass, nutrients, and water relations of container grown red pine seedlings. *New Forests* 5(4): 335-348.

Comparison of survival of some drought resistant trees under surface and subsurface irrigation systems

Jafari, Z^{1*}, Matinkhah, S.H², Ebrahimi, K³

^{1*} PhD Candidate, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

² Associate Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

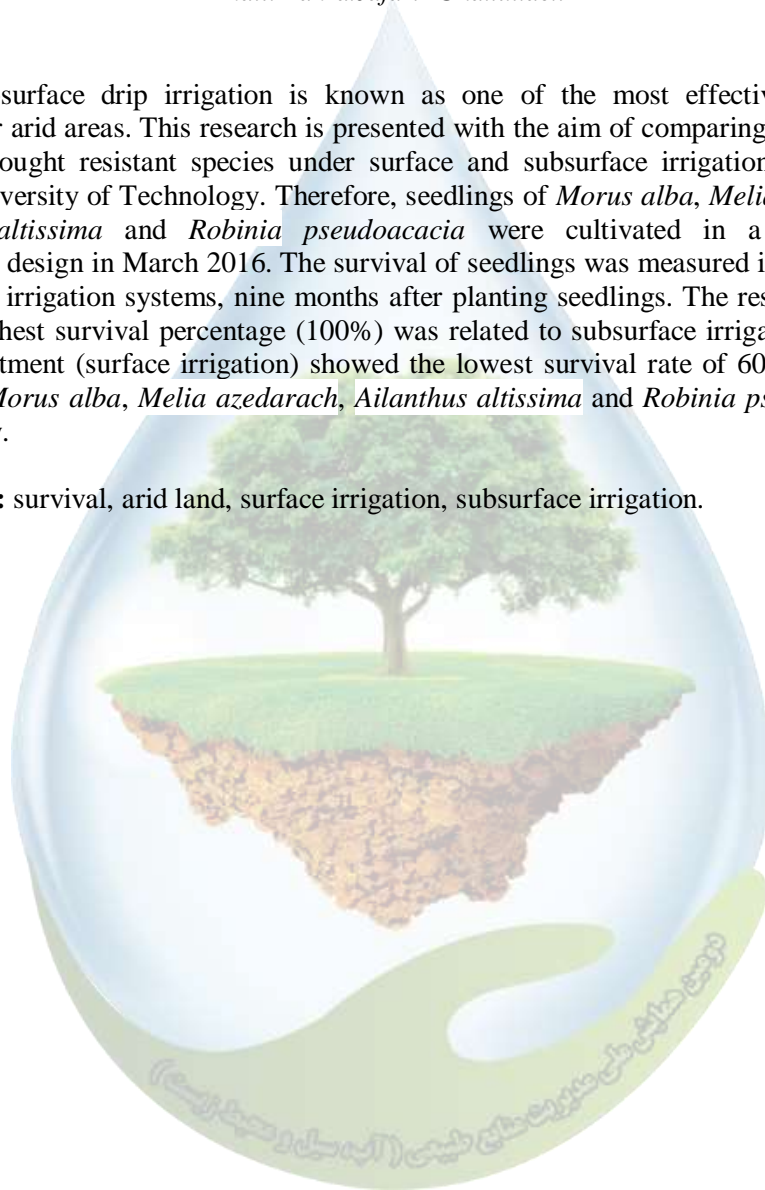
³ Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.

Email: Zahra.Jafari1@na.iut.ac.ir

Abstract

Today, subsurface drip irrigation is known as one of the most effective irrigation methods for arid areas. This research is presented with the aim of comparing the survival of some drought resistant species under surface and subsurface irrigation systems in Isfahan University of Technology. Therefore, seedlings of *Morus alba*, *Melia azedarach*, *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* were cultivated in a completely randomized design in March 2016. The survival of seedlings was measured in subsurface and surface irrigation systems, nine months after planting seedlings. The results showed that the highest survival percentage (100%) was related to subsurface irrigation and the control treatment (surface irrigation) showed the lowest survival rate of 60, 70, 80 and 100% for *Morus alba*, *Melia azedarach*, *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia*, respectively.

Key words: survival, arid land, surface irrigation, subsurface irrigation.



تعیین بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات زراعی شمال استان سیستان و بلوچستان

حلیمه پیری^{۱*}، رامین سارانی^۲

استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل،^۲ دانشجوی کارشناسی، دانشگاه زابل

H_piri2880@uoz.ac.ir

چکیده

اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است. در این مطالعه به برآورد بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در محصولات زراعی استان سیستان و بلوچستان پرداخته شد. جهت انجام کار داده‌های مورد نیاز در سال زراعی ۱۳۹۷ از جهاد کشاورزی استان اخذ گردید. متناسب با اهداف تحقیق از شاخص‌های فیزیکی و مالی بهره‌وری آب شامل شاخص عملکرد به ازای واحد حجم آب (CDP)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و بازده خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) استفاده شد. نتایج نشان داد بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات گندم، جو، پسته، زردآلو و انگور پایین‌تر از متوسط کشوری (۱/۹ کیلوگرم در هکتار بر متر مکعب) بود. براساس شاخص NBPD خربزه، سورگوم و گندم در زابل، زردآلو، پسته و گندم در زاهدان و زردآلو، انار و انگور در خاش در اولویت‌های اول تا سوم برای کشت قرار می‌گیرند.

واژگان کلیدی: شاخص بهره‌وری، خاش، زاهدان، زابل.

۱- مقدمه

ایران یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین است که با مشکل کم‌آبی، خشکسالی‌های متناوب و سیل‌های مخرب و ویرانگر مواجه است. رشد فزاینده جمعیت و تخریب‌های ناشی از آن و نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی، دامی و محدودیت آب و نیز خاک حاصلخیز به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسأله کم‌آبی را به‌گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور قرار داده است. چندین دیدگاه و تئوری از سوی اقتصاددانان و سیاستمداران کشورهای مختلف در رابطه با حل معضل جهانی آب مطرح می‌باشد. یکی از راه‌کارهای توصیه شده، پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی در ساختار مدیریت آب کشور است (۱). براساس این راهکار، با توجه به محدودیت منابع آب کشور، تخصیص آب بایستی به محصولاتی صورت گیرد که دارای سود اقتصادی بیشتری به ازای یک متر مکعب آب باشند. البته این مسئله به معنی چشم پوشی از سایر اهداف اساسی و بلندمدتی همچون تأمین امنیت غذایی و اشتغال نمی‌باشد اما ضروری است که در کنار این اهداف، موضوع کارایی مالی و اقتصادی آب نیز برای افزایش بهره‌وری آب مورد توجه قرار گیرد (۱). مطالعات فراوانی در زمینه بهره‌وری آب تا به حال انجام شده است و در سال‌های اخیر بدلیل بحرانی تر شدن کمبود منابع آب این موضوع با اهمیت بیشتری دنبال شده است. در مطالعه‌ای سپهوند (۱۳۸۸) بهره‌وری اقتصادی مصرف آب را برای دو محصول پاییزه گندم و کلزا مقایسه نموده و بهره‌وری اقتصادی آب در تولید گندم و کلزا را به ترتیب معادل 2128 و 1508 ریال بر مترمکعب برآورد کرده است (۳). زمانی و همکاران (۱۳۹۳) بهره‌وری اقتصادی را برای محصولات عمده دشت بهار همدان مورد بررسی قرار دادند. نتیجه تحقیق آن‌ها نشان داد کشت محصول سیر و یونجه به ترتیب بیشترین و کمترین بهره‌وری آب در منطقه مورد مطالعه را دارد (۲). در مطالعه فراهانی و اویس (۲۰۰۸) بهره‌وری کلی غلات در ایران ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد (۶). به‌طور کلی می‌توان بیان نمود که تعیین و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب می‌تواند راهکار مناسبی جهت سیاستگذاری‌های صحیح برای تولید محصولات کشاورزی و غیرکشاورزی در راستای تحصیل حداکثر سود، توسعه پایدار، امنیت غذایی، اشتغال مولد و مواردی از این قبیل باشد. لذا در راستای این مهم در این تحقیق به بررسی شاخص‌های بهره‌وری در محصولات زراعی استان سیستان و بلوچستان پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

ابتدا داده‌های مورد نیاز در سال زراعی ۱۳۹۷ از جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان اخذ شد. سپس بهره‌وری محصولات محاسبه گردید.

تعیین بهره‌وری مصرف آب کشاورزی

برای تعیین بهره‌وری مصرف آب کشاورزی از سه شاخص CPD و BPD و NBPD استفاده شد (۴). شاخص CPD: عبارت است از نسبت محصول تولید شده به حجم آب مصرف شده برای آبیاری در هکتار.

$$CPD = \frac{TP}{TWC} \quad (۱)$$

TP: مقدار محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار)

TWC: مقدار آب مصرف شده (متر مکعب در هکتار)

هر چه این نسبت بزرگتر باشد نشان‌دهنده مصرف صحیح‌تر آب است. اما نشان‌گر سود اقتصادی بیشتر نمی‌باشد. شاخص BPD: این شاخص در واقع نسبت میزان سود ناخالص (درآمد) در هر هکتار به ازای حجم آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) را نشان می‌دهد.

$$BPD = \frac{TR}{TWC} \quad (۲)$$

TR: مقدار ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال)

براساس این شاخص مصرف آب باید به گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به‌دست آمده در واحد آب مصرف شده بیشتر باشد. در این روش هزینه‌ی تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود.

شاخص NBPD: این شاخص بهترین شاخص برای بهره‌وری مصرف آب کشاورزی یا سود خالص به ازای واحد آب مصرفی در هکتار می‌باشد که نه تنها میزان سود خالص را به ازای واحد حجم آب مصرف شده تعیین می‌نماید، بلکه این شاخص اهمیت زیادی در برنامه‌ریزی الگو و ترکیب کشت در مناطق خشک مواجهه با محدودیت شدید آب دارد. زیرا از طریق این شاخص می‌توان منابع کمیاب آب را به کشت‌هایی اختصاص داد که با کمترین واحد مصرف آب بیشترین سود را نصیب بهره‌برداران نماید.

$$NBPD = \frac{NB}{TWC} \quad (۳)$$

NB: میزان سود خالص (ریال در هکتار)

۳- نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از جمع‌آوری داده‌ها و شاخص‌های بهره‌وری محاسبه شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: محاسبه شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی

شهر	محصول	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	شاخص بهره‌وری		
				CPD	BPD	NBPD
زابل	هندوانه	۳۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲	۱۵۰۰۰	۱۲۱۳
	خریزه	۲۰۰۰	۱۴۰۰۰	۱/۴۲	۱۲۸۵۷	۹۸۵۷
	گندم	۳۵۰۰	۵۵۰۰	۰/۶۳	۱۰۸۱۸	۳۵۴۵
	سورگوم	۴۵۰۰	۲۳۰۰۰	۱/۹۵	۷۸۲۶	۵۸۶۹
زاهدان	گندم	۳۰۰۰	۵۰۰۰	۰/۶	۱۰۲۰۰	۲۲۰۰

۱۲۵۰	۷۵۰۰	۰/۶۲	۴۰۰۰	۲۵۰۰	جو	
۳۰۵۸۸	۳۵۲۹۴	۰/۱۷	۸۵۰۰	۱۵۰۰	پسته	
۸۹۰۲۴	۹۳۹۰۲	۰/۳۴	۸۲۰۰	۱۱۰۰۰	زردآلو	
۵۵۰۰۰	۵۸۳۳۳	۱/۱۶	۱۲۰۰۰	۱۴۰۰۰	انار	خاش
۳۳۴۶۱	۳۶۹۲۳	۰/۹۳	۱۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	انگور	
۲۲۲۲۲	۲۶۶۶۶	۰/۱۳	۹۰۰۰	۱۲۰۰	پسته	
۸۲۵۰۰	۸۷۵۰۰	۱/۲۵	۸۰۰۰	۱۰۰۰۰	زردآلو	

متوسط بهره‌وری مصرف آب در کشور حدود ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (۵). با توجه به نتایج به دست آمده ملاحظه می‌شود که بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات گندم، جو، پسته، زردآلو و انگور پایین‌تر از متوسط کشوری می‌باشد. یعنی اگر عملکرد محصول به ازاء واحد آب مصرفی مد نظر باشد، بایستی این محصولات از الگوی کشت حذف شوند. اولویت کشت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه شاخص‌های BPD، CPD و NBPD در جدول (۲) نشان داده شده است. شاخص CPD نشان دهنده مقدار تولید یا عملکرد محصول در برابر میزان آب مصرفی می‌باشد که پایین بودن مقدار این شاخص، بیانگر ناچیز بودن محصول تولید شده در ازاء آب مصرفی می‌باشد. براساس این شاخص هندوانه، سورگوم و خربزه در زابل، جو، گندم و زردآلو در زاهدان و زردآلو، انار و انگور در خاش در اولویت‌های اول تا سوم برای کشت قرار می‌گیرند. شاخص BPD بالاترین ارزش ناخالص تولیدی را به ازاء واحد آب مصرفی نشان می‌دهد. براساس این شاخص هندوانه، خربزه و گندم در زابل، زردآلو، پسته و گندم در زاهدان و زردآلو، انار و انگور در خاش در اولویت‌های اول تا سوم برای کشت قرار می‌گیرند. شاخص NBPD که نسبت سود هر محصول را به میزان آب مصرف شده نشان می‌دهد نقص شاخص BPD را مرتفع می‌سازد. بررسی نتایج حاصل از محاسبه این شاخص اتلاف مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منبع زیست محیطی را نشان می‌دهد. براساس شاخص NBPD خربزه، سورگوم و گندم در زابل، زردآلو، پسته و گندم در زاهدان و زردآلو، انار و انگور در خاش در اولویت‌های اول تا سوم برای کشت قرار می‌گیرند.

جدول ۲: اولویت کشت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه شاخص‌های معرفی شده

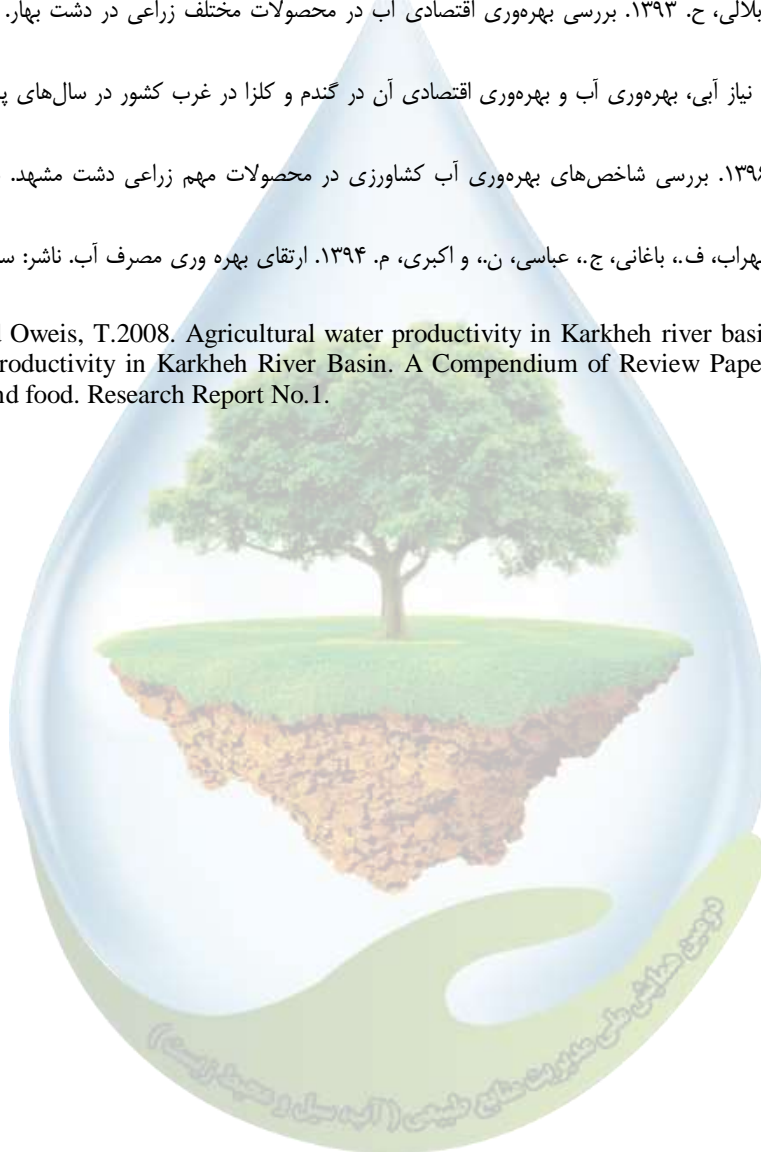
شهر	محصول	CPD	BPD	NBPD
زابل	هندوانه	۱	۱	۴
	خربزه	۳	۲	۱
	گندم	۴	۳	۳
	سورگوم	۲	۴	۲
زاهدان	گندم	۲	۳	۳
	جو	۱	۴	۴
	پسته	۴	۲	۲
	زردآلو	۳	۱	۱
خاش	انار	۲	۲	۲
	انگور	۳	۳	۳
	پسته	۴	۴	۴
	زردآلو	۱	۱	۱

با توجه به نتایج این تحقیق، کشت‌های با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین بایستی از الگوی کشت حذف شود. این کار هم باعث کاهش مصرف و استحصال آب شده و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان و بهره‌برداران کشاورزی می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود با اعمال سیاست‌های تشویقی سطح زیر کشت محصولاتی که بیشترین بهره‌وری آب را براساس شاخص NBPD دارند، افزایش یابد.

۵- منابع

۱. احسانی، م.، و خالدی، ه. 1382. بهره‌وری آب کشاورزی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۲. زمانی، ا.، مرتضوی، ا.، و بلالی، ح. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. پژوهش آب در کشاورزی، ۶۱-۵۲: (۱)۲۸.
۳. سپهوند، م. ۱۳۸۸. مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پر باران. پژوهش آب ایران، ۳: ۶۳-۶۸.
۴. کریمی، م.، و جلیلی، م. ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی دشت مشهد. نشریه آب و توسعه پایدار، ۱۳۳: (۱)۴-۱۳۸.
۵. عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن.، و اکبری، م. ۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. ناشر: سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ۶۸ ص.

6. Farahani, H., and Oweis, T. 2008. Agricultural water productivity in Karkheh river basin. In: Improving On-farm Agricultural Productivity in Karkheh River Basin. A Compendium of Review Papers. CGIAR challenge program on water and food. Research Report No.1.



تعیین بهره‌وری مصرف آب و عملکرد چای ترش در سطوح مختلف آبی

حلیمه پیری^{۱*}

استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل،

H_piri2880@uoz.ac.ir

چکیده

امروزه تغییر الگوی کاشت به سمت گیاهان مقاوم به کم‌آبی برای مقابله با خشکی مطرح شده است. یکی از گیاهان مقاوم به خشکی چای ترش می‌باشد. در این تحقیق اثر سطوح مختلف آب آبیاری بر چای ترش مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده با چهار سطح آب آبیاری (I1، I2، I3 و I4) به ترتیب معادل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه) انجام شد. در پایان آزمایش عملکرد خشک و بهره‌وری آب آبیاری اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش نشان داد اثرات آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد از تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی تأثیر معنی‌دار مشاهده نشد. بیشترین بهره‌وری آب آبیاری در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. بنابراین با توجه به وضعیت آب منطقه و کاهش منابع آبی به‌کار بردن ۷۵ درصد نیاز آبی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب می‌گردد بدون آن که تأثیر معنی‌دار در کاهش عملکرد داشته باشد.

واژگان کلیدی: شاخص بهره‌وری، سیستم، عملکرد.

۱- مقدمه

خشکی یکی از مهم‌ترین مشکلات تولید گیاهان زراعی در جهان به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می‌باشد (۱۰). محدودیت شدید آب و هزینه بالای تأمین و انتقال آن سبب می‌شود که در برخی مواقع یا مناطق از دیدگاه اقتصادی سطح بهینه آبیاری کمتر از اندازه مورد نیاز برای تولید حداکثر عملکرد باشد. اعمال مدیریت صحیح آبیاری و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازدهی مصرف آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور می‌باشد. امروزه کشت گیاهان مقاوم به خشکی به‌عنوان راهکاری برای مقابله با خشکی مطرح شده است. چای ترش یکی از گیاهان کم‌نیاز و مقاوم به خشکی است (۱). چای ترش با نام علمی *Hibiscus sabdariffa* متعلق به خانواده *Malvaceae* و بومی آفریقا بوده، در تمام مناطق استوایی و گرم کشت می‌شود و به‌عنوان گیاهی دارویی مورد توجه است (۳). این گیاه دو منظوره است که به منظور استفاده خوراکی (کاسبرگ) و با استفاده از الیاف یا چوب، یا هر دو نوع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۲). از برگ آن به‌عنوان سبزی خوراکی، از دانه‌های آن به‌عنوان یک منبع غنی از پروتئین و از کاسبرگ‌های آن برای تهیه نوشیدنی‌های مختلف، بستنی، شکلات و کیک استفاده می‌شود (۵). تنش خشکی و شوری دو عامل اصلی جهت کاهش عملکرد ۵۰ درصد از محصولات زراعی می‌باشند. بابتند و موفرکی (۴) در آزمایشی بر روی چای ترش با ۵ دور آبیاری به فاصله ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز یک بار گزارش کردند با افزایش عمق آب آبیاری عملکرد افزایش پیدا کرد و بالاترین عملکرد از آبیاری هر هفته یک بار به‌دست آمد. ال بورای و همکاران (۶) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که بالاترین عملکرد چای ترش در شرایط آبیاری با عمق‌های مختلف، در آبیاری با ۱۰۰ درصد تبخیر و تعرق گیاه می‌باشد. در حال حاضر بیشترین سطح زیر کشت چای ترش مربوط به استان سیستان و بلوچستان، با

سطح زیر کشت ۳۰۰ هکتار و تولید سالانه ۲۹۰ تن می‌باشد. هدف از این تحقیق تعیین اثر سطوح مختلف آبی بر عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه ترش در منطقه سیستان می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در قالب طرح کرت‌های خرد شده به صورت بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل چهار سطح عمق آب آبیاری (I1، I2، I3 و I4 به ترتیب معادل ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیازآبی گیاه مرجع) بود. ابعاد کرت-ها ۴×۳ (متر در متر) و فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد ۵ جوی و پشته احداث و بذرها در عمق ۳ سانتیمتری از خاک و به فاصله ۲۵ سانتی متر از یکدیگر روی ردیف‌ها کشت شدند. فاصله بین ردیف‌های گیاهی ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. جهت تعیین حجم آب مورد نیاز برای آبیاری از تبخیر و تعرق گیاه مرجع و با استفاده از رابطه زیر استفاده گردید (۷):

$$ET_0 = K_p \times E_p$$

(۱)

ET₀: تبخیر و تعرق گیاه مرجع

K_p: ضریب تشت تبخیر (۰/۷)

E_p: تبخیر از تشت

پس از تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع و با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه، مقدار آب آبیاری در هر تیمار تعیین و با استفاده از کنتورهای نصب شده بر روی هر یک از لوله‌های آبرسان اندازه‌گیری و در اختیار گیاه قرار گرفت. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال گردید.

بهره‌وری مصرف آب آبیاری (IWUE)

عبارت است از: نسبت محصول تولید شده به آب آبیاری. از رابطه (۲) به دست آمد (۹).

$$IWUE = \frac{Y}{IR}$$

(۲)

که در آن: IWUE: بهره‌وری مصرف آب آبیاری Y: مقدار محصول برداشت شده (kg/ha) IR: مقدار آب آبیاری (مترمکعب)

نمونه برداری گیاهی

پس از پایان دوره رشد گیاه به منظور اندازه‌گیری عملکرد خشک کاسبرگ و بهره‌وری مصرف آب آبیاری، از سطحی معادل ۴ متر مربع گیاهان از وسط هر کرت با حذف اثر حاشیه برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد توزین شدند. در پایان داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل و میانگین‌ها با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آورده شده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار آب آبیاری بر پارامترهای اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تکرار بر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده شرایط یکنواخت آزمایش برای همه تکرارها بوده است (جدول ۱).

جدول ۱: نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات و درجه آزادی) صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد خشک کاسبرگ	بهره‌وری آب آبیاری
---------------	------------	-------------------	--------------------

ns/۰.۰۰۷	ns۷۵/۷۴	۲	R
۰/۰.۰۹۸	۲۳۲۳۴۹	۳	A (آبیاری)
۰/۰.۰۰۷	۷۳/۹۵	۶	a خطای
۰/۹۷	۱/۹۷		ضریب تغییرات(%)

**معنی داری در سطح احتمال یک درصد، ns عدم معنی داری.

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده

بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار)	عملکرد خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار)	تیمارهای آزمایشی
۰/۰۴۹ c	۸۴۷/۷۳ a	مقدار ۱۰۰٪ نیاز آبی
۰/۰۹۶ a	۷۹۲/۲ ab	آب ۷۵٪ نیاز آبی
۰/۰۷۴ b	۶۸۷/۶۳ c	آبیاری ۵۰٪ نیاز آبی
۰/۰۶۶ bc	۶۱۷/۱۴ d	۲۵٪ نیاز آبی

میانگین‌های دارای حروف یکسان بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی دار ندارند.

عملکرد خشک کاسبرگ: مقایسه میانگین عملکرد خشک نشان داد در تیمارهای مختلف در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۲). با کاهش عمق آب آبیاری عملکرد خشک کاهش یافت اما از این نظر بین تیمار ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی دار مشاهده نشد. با افزایش شدت تنش، وزن خشک کاسبرگ نسبت به شاهد کاهش نشان داد. برای به وجود آمدن کپسول به تبع آن افزایش وزن کاسبرگ، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد کاسبرگ تولیدی در چای ترش شود. کاهش میزان عملکرد بر اثر افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است (۸).

بهره‌وری آب آبیاری: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد بین بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت. با کاهش عمق آب آبیاری مقدار بهره‌وری آب آبیاری افزایش یافت. بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری در تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی (۰/۰۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) و کمترین آن در تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی (۰/۰۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب در هکتار) به دست آمد. همان گونه که مشاهده می‌گردد کاهش آب آبیاری از تیمار ۵۰ درصد به تیمار ۲۵ درصد نیاز آبی باعث افزایش بهره‌وری نگردید که علت آن را می‌توان کاهش بیشتر عملکرد در این تیمار نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی دانست.

۴- نتیجه گیری

در شرایط کم آبیاری، گیاه در طی فصل رشد با شدت‌ها و مدت‌های متفاوتی دچار تنش آبی می‌شود. در این تحقیق با این که مقدار آب آبیاری تا حد ۱۰۰ درصد نیاز آبی باعث افزایش پارامترهای عملکرد گیاه گردید ولی اختلاف عملکرد این تیمار با تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی معنی دار نگردید. لذا با توجه به افزایش بهره‌وری آب در تنش‌های آبی، می‌توان با اعمال تنش آبی به گیاه به خصوص در مراحل غیر حساس و یا در طول فصل رشد مقدار بهره‌وری آب آبیاری را افزایش داد و با توجه به وضعیت آب موجود در منطقه و کاهش منابع آبی به کار بردن ۷۵ درصد نیاز آبی توصیه می‌گردد.

۵- منابع

1. Akbari nia, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Rezaee, M. B. and Sharifi Ashoorabadi, A. 2003. Investigating the Effects of Chemical Fertilizers, Animals and Combination on the Performance and Composition of Essential Oil Seeds. (In Persian, with English Abstract). Research and Development, 16(4):32-41.
2. Abid-Askari, A. and solangi, Ms. 1995. Autecological studies of exotic plant Hibiscus sabdariffa L. (Roselle), a multipurpose plant, for is introduction and culture. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research. 38:1, 17-21; 13ref.
3. Aziz, E., Gad, N., and Badran, N.M. 2007. Effect of cobalt and nickel on plant growth, yield and flavonoids content of Hibiscus sabdariffa L. Australian Journal of Basic Applied Sciences 1(2): 73-78.
4. Babatunde, F. E. and Mofoke, A. L. E. 2006. Performance of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) as Influenced by irrigation schedules, Pakistan Journal of Nutrition S(4): 363-367
5. Delgado-vargas, F., A.R. Jimenez and O. Paredes-Lopez, 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains- characteristics, biosyntheses, processing, and stability: critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40(3): 173- 289.
6. EL-Boraie, FOM., A. M. Gaber and Abdel-Rahman, G. 2009. Optimizing irrigation schedule to maximize water use efficiency of Hibiscus sabdariff under shalation cond:tion, Word Journal of Agricultural science S(4): 505-514.
7. Theghat al-Islam, MJ, Mousavi, Gh.r, and Brazgaran, T. 2013. Effect of irrigation levels and planting date on yield and water use efficiency roselle. (In Persian, with English Abstract). Scientific-research journal of medicinal plants and aromatic plants of Iran, 29(1):144-156..
8. Sreevalli, Y., Baskaran, K., chandra shekara, R., Kuikkarni, R., Sushil Hasan., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S. and Rakesh, T. 2001. Preliminary obserration on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of medicinal and Aromatic plant Sci. 22; 356-358.
9. Payero J.O., Melvin S.R., Irmak S., and Tarkalson D. 2009. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agric. Water Manage. 84:101-112.
10. Yang, Y., Watanabe, M., Zhang, X., Zhang, J., Wang, Q. and Hayashi, S., 2006. Optimizing irrigation management for wheat to reduce groundwater depletion in the piedmont region of the Taihang mountains in the North China Plain. Agricultural Water Management, 82: 25-44.

فناوری‌های نوین احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین

محمدکیا کیانیان گل افشانی

استادیار دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: (m_kianian@semnan.ac.ir)

چکیده

فعالیت‌های صنعتی، شهری، کشاورزی و معدنکاوی، به علت آلاینده‌های معدنی مانند فلزات و شبه‌فلزات، موجب آلودگی خاک و آب در سراسر جهان می‌شوند. خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، که فاقد پوشش گیاهی و بی‌ثبات هستند، توسط فرسایش آبی و بادی به رسوبات رودخانه‌ها و شهرهای اطراف آن‌ها منتقل می‌شوند. در صورت عدم بازسازی پوشش گیاهی و تثبیت خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، این امر می‌تواند موجب آلوده کردن هوا، آب (سطحی و زیرزمینی) و خاک شده و بر محیط‌زیست اثرات مخربی بگذارد. از این رو، در مقاله حاضر، سعی می‌شود به طور خلاصه به بررسی فناوری‌های نوین احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین پرداخته شود. از روش‌های اصلاح اراضی تخریب‌یافته و آلوده می‌توان به گیاه‌پالایی، میکوریز، ژئولیت، سوپرجاذب‌ها، بیوجار، گیاهان تراریخته، زیست‌پالایی توسط میکروپها، انرژی‌های نو، استفاده از نانوفناوری برای پاکسازی، نرم‌افزار ژئومتریک، سفت‌سازی اضافات معدنی، واجدبی حرارتی و غیره اشاره نمود. نتایج نشان می‌دهند، که با بکارگیری این روش‌ها در بسیاری از نقاط دنیا، بسیاری از اراضی آلوده و تخریب‌یافته احیا شده‌اند و مورد استفاده تفریحی، کشاورزی و غیره قرار گرفته‌اند. امید است در کشور ما نیز با بکارگیری مناسب این روش‌ها در مناطق و سایت‌های بتوان این اراضی را احیاء نمود و در نهایت به بهبود زندگی انسانی کمک نمود.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، احیاء، زمین‌های آلوده

۱- مقدمه

سمیت فلزات سنگین و تجمع آن‌ها در زنجیره‌های غذایی یکی از اصلی‌ترین معضلات زیست محیطی و بهداشتی جوامع مدرن است. اگرچه امکان اصلاح خاک‌های آلوده به فلزات سنگین با استفاده از تکنیک‌های شیمیایی، فیزیکی و یا زیستی وجود دارد، اما روش‌های فیزیکی و شیمیایی اصلاح مناطق آلوده به فلزات سنگین هزینه‌بر، وقت‌گیر و تخریب‌کننده محیط زیست می‌باشند (۲). از این رو، طی سال‌های اخیر دانشمندان و مهندسان در صدد طراحی و توسعه تکنیک‌های زیستی برآمدند، که بتوانند مکان‌های آلوده به فلزات سنگین را بدون آنکه بر حاصلخیزی و تنوع بیولوژیکی خاک اثرات سوئی داشته باشند، پاکسازی و تعدیل نمایند (۳). کشاورزی و به خصوص فعالیت‌های صنعتی منجر به آزاد سازی مقادیر بالای فلزات به محیط شده که می‌تواند به عنوان یک خطر جدی برای اکوسیستم و سلامتی انسان مطرح باشد. از این رو، بررسی میزان آلودگی خاک به این فلزات حائز اهمیت است. از جمله این مواد که ممکن است وارد محیط شود انواع فلزات سمی را می‌توان نام برد، انسان به طور دائم و موقت در معرض ۳۵ فلز سمی قرار دارد (۴). از این تعداد، ۲۳ فلز جزء عناصر سنگین هستند. این فلزات در مقادیر کم به طور طبیعی در محیط و رژیم غذایی وجود دارند و برای سلامتی بدن لازم می‌باشند. اما در اثر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی غلظت آن‌ها در محیط زیاد شده و در نتیجه پس از وارد شدن به زنجیره غذایی انسان اثرات سمی حاد و مزمنی برای بدن ایجاد می‌کنند.

بوم‌نظام‌های تخریب‌شده در جهان در حدود ۲۰ میلیارد هکتار می‌باشند، که ۲۲ درصد آن توسط کشتزارها، علفزارها و جنگل‌ها اشغال شده است. تخریب اکوسیستم‌های طبیعی به طور کلی با تشکیل لکه‌های کوچکتر آغاز شده و با گسترش آنها یا از طریق پیوستن آنها به یکدیگر در طولانی مدت، مناطق لخت وسیعتری را به وجود می‌آورد (۱۲). در اکوسیستم‌های طبیعی، تخریب به معنی کاهش یا از دست دادن تنوع زیستی و تولید، افزایش سرعت فرسایش و کاهش توانایی تولید پایدار از فعالیت‌های وابسته به کاربری زمین می‌باشد (۷). اکوسیستم‌های طبیعی در اثر بهره‌برداری‌های نادرست انسانی (معدن‌کاوی، جاده سازی و غیره) و شرایط نامساعد محیطی (شوری و خشکی)، به شدت تخریب یافته و با کاهش عملکرد مواجه شده‌اند. بهبود پوشش گیاهی در این مناطق، توسط فرآیندهای طبیعی توالی، بسیار کند صورت می‌گیرد (۱۱). علاوه بر این، فقر عناصر غذایی خاک و شرایط میکروکلیمای نامساعد، باعث می‌شود، تا روش‌های سنتی در احیای اراضی تخریب یافته با موفقیت کمی همراه باشند. محققان در چند دهه اخیر دریافته‌اند، که همزیستی بین گیاهان و قارچ‌های میکوریز می‌تواند نتایج مثبت یا منفی بر تولید و زادآوری گیاهان داشته باشد (۷). در خاک‌های آلوده به عناصر سنگین و نیز در خاک‌های شور و قلیا، میکوریزا باعث افزایش جذب عناصر کم‌تحرک و ایجاد تعادل یونی در گیاهان همزیست می‌شود. در اراضی تخریب یافته و معدن‌کاوی شده، میکوریزا ضمن کمک به استقرار گیاهان باعث افزایش رشد و زی توده آنها می‌شود. از این‌رو، در سال‌های اخیر، در برخی کشورهای توسعه یافته، از همزیستی بین میکوریزا و گیاهان به عنوان ابزاری جهت اصلاح و احیای اراضی تخریب یافته بهره برداری می‌شود (۴).

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق با کمک بررسی مقالات و همچنین کتاب تالیفی دکتر محمدکیا کیانیان و همکاران (۴) با عنوان " احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین با بکارگیری فناوری‌های نوین " انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

در این بخش، ابتدا به طور خلاصه، به عوامل مؤثر در احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین می‌پردازیم. سپس روش‌های احیای آنها توضیح داده می‌شوند. از روش‌های اصلاح اراضی تخریب یافته و آلوده می‌توان به گیاه‌پالایی، میکوریز، ژئولیت، سوپرجاذب-ها، بیوجار، گیاهان تراریخته، زیست‌پالایی توسط میکروبوها، انرژی‌های نو، استفاده از نانو فناوری برای پاکسازی، نرم‌افزار ژئومتریک، سفت‌سازی اضافات معدنی، واجذب حرارتی و غیره اشاره نمود (۴). از عوامل مؤثر در احیای اراضی آلوده می‌توان عوامل طبیعی، عامل توپوگرافی، عامل جوی، ارتفاع، قرار گرفتن در معرض خورشید، آب‌شناسی، زمین شناسی، خاک، شرایط اطراف معدن، خصوصیات مردم منطقه و موقعیت را نام برد (۷؛ ۱۰). در ادامه بعضی از آنها به دلیل محدودیت تعداد صفحات، توضیح داده می‌شوند.

- عامل توپوگرافی

شرایط توپوگرافی رابطه مستقیم با شرایط جوی، آب‌شناسی، کیفیت خاک و گیاهان منطقه دارند، که در تصمیم‌گیری طراحان و برنامه‌ریزان مؤثرند. شکل یا توپوگرافی سطح زمین مانند شیب زمین در جهت آب‌های جاری در سطح زمین و شیوه زهکشی مؤثر است. استفاده مجدد از زمین‌های دارای شیب تند محدود بوده و پرورش برخی گیاهان و سبزیجات بر روی آنها مشکل است (۴).

- عامل جوی

هوای بسیار گرم یا بسیار سرد در انتخاب نوع احیاء تأثیرگذار است. شرایط جوی متغیر نیاز به برنامه‌ریزی ویژه دارد. بارندگی شدید باعث فرسایش خاک می‌شود، که این مساله علاوه بر تأثیر بر کیفیت آب شرب، سبزه‌کاری و پرورش گیاهان بوته ای در هنگام بازسازی را با مشکل رو به رو می‌سازد. دمای زیاد نیز باعث کاهش آب شده و ساخت و توسعه مراحل بعد از بازسازی را با هزینه‌های زیاد همراه می‌کند (۴).

- ارتفاع

در مناطق مرتفع جذب حرارت کمتر بوده و کاهش دما نیز شرایط را برای نزولات بیشتر فراهم می‌کند، لذا استفاده از زمین های استخراج شده واقع در مناطق مرتفع محدود و برنامه‌ریزی جهت بازسازی مشکل و عملیات بازسازی همراه با هزینه‌ی بالا خواهد بود. با افزایش ارتفاع، فصول رشد گیاه کوتاه، دما کم و بارندگی شدید خواهد بود (۴).

- هیدرولوژی: اطلاع از وضعیت کیفی و کمی آب‌های سطحی و زیرزمینی محدوده معدن در هنگام استخراج از ضروریات اولیه جهت برنامه‌ریزی برای احیا محسوب می‌شود (۴).

- خاک: تشخیص نوع خاک معدن و تعیین ضخامت افق‌های A و B و C و چگونگی برداشت آنها به ویژه نحوه برداشت افق A و B خاک و انبار کردن آن در مکان مناسب برای احیا کردن زمین های استخراج شده، نقش عمده‌ای در هزینه‌ی احیای معادن دارد. در احیای معادن برای کاهش دادن هزینه‌های خریداری و انتقال خاک از نقاط دیگر توصیه نمی‌شود، لذا تعیین ضخامت افق A از خاک که از نظر مواد مغذی ارزشمند، بسیار حائز اهمیت است (۴).

- موقعیت: موقعیت جغرافیای معدن و فاصله آن نسبت به شهر، دسترسی به تسهیلاتی نظیر برق، آب، تلفن، بهداشت، نیروی کار و غیره را آسان و ارزان خواهد کرد. همچنین نزدیکی سایت معدن به مراکز شهرنشینی، پتانسیل جاذبه های توریستی را پس از احیا افزایش خواهد داد (۴).

- شرایط اطراف معدن: شرایط محیط معدن از نظر نوع گیاهان، نوع درختان، روحیات مردم و فعالیت‌های اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در توجیه مورد استفاده‌ای که برای زمین‌های استخراج شده در نظر گرفته می‌شود، تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارند. به طور کلی، آماده سازی زمین‌های استخراج شده باید سازگار با محیط اطراف باشد (۴).

۱. گیاه‌پالایی

برخی روش‌های گیاه‌پالایی شامل گیاه‌ثبیتی (Phytostabilisation)، ریشه‌صافی (Rhizofiltration)، گیاه‌تبخیری (Phytovolatilization) می‌باشند (۷).

گیاه‌ثبیتی (Phytostabilisation)

این روش معمولاً جهت کاهش آلودگی در خاک، رسوب و لجن استفاده می‌شود و با توجه به قدرت ریشه در محدود نمودن تحرک و قابلیت دسترسی آلاینده‌ها در خاک می‌باشد و از طریق جذب، رسوب، کمپلکس و یا کاهش ظرفیت انجام می‌گردد (۸).

ریشه صافی (Rhizofiltration)

در روش ریزوفیلتراسیون، از گیاهان آبی استفاده می‌شود، که آلاینده‌های منابع آبی آلوده با غلظت کمتر در ریشه‌های خود تغلیظ یا رسوب می‌کنند، که این روش بخصوص برای فاضلاب‌های صنعتی، رواناب کشاورزی و یا فاضلاب معادن اسیدی کاربرد دارد و برای فلزاتی مانند سرب، کادمیم، مس، نیکل، روی و کرم مناسب است. گیاهانی مانند خردل هندی، آفتابگردان، تنباکو، چاودار و ذرت دارای این توانایی هستند (۱).

گیاه‌تبخیری (Phytovolatilization)

گیاهان، آلاینده ها را از خاک جذب نموده و سپس به بخار تبدیل کرده و با عمل تعرق به اتمسفر انتقال می‌دهند. این روش در درختان و دیگر گیاهان در حال رشد در آب و برای جذب آلاینده‌های آلی و غیرآلی اتفاق می‌افتد (۹).

-مزایا و معایب گیاه‌پالایی

در جدول ۱، مزایا و معایب گیاه‌پالایی و در جدول ۲، خانواده‌های گیاهی پیشنهادی برای گیاه‌پالایی آورده شده‌اند.

جدول ۱. مزایا و معایب گیاه پالایی

محدودیت‌ها	مزیت‌ها
<ul style="list-style-type: none"> - محدود به ناحیه تحت پوشش ریشه - برای پالایش نیاز به زمان طولانی دارد. - محدود به مناطق با آلودگی‌های سطحی - زیست توده گیاهان برداشت شده خود به عنوان منبع آلودگی محسوب می‌شود. - شرایط اقلیمی به عنوان عامل محدودکننده در این روش محسوب می‌شود. - کاربرد گونه‌های غیربومی تنوع زیستی را مؤثر می‌سازد. - مصرف گونه‌های آلوده یک نگرانی محسوب می‌شود. 	<ul style="list-style-type: none"> - قابلیت پالایش ترکیبات آلی و غیرآلی - قابلیت کاربرد به صورت درجا و دگرجا - در مقایسه با سایر روش‌ها استفاده از این روش به صورت درجا مانع از بهم خوردگی و تخریب خاک خواهد شد. - کاهش میزان آلودگی تا ۹۵ درصد که خود به عنوان منبعی برای استخراج فلزات سنگین محسوب می‌شود. - کاهش انتشار آلودگی از طریق آب و هوا - روشی کم‌هزینه بوده و نیازی به افراد با تخصص بالا نیست. - استفاده از این روش در مقیاس وسیع منجر به ذخیره انرژی و تبدیل آن به انرژی گرمایی می‌شود.

(Baker et al., 1994)

جدول ۲. خانواده‌های گیاهی پیشنهادی برای گیاه پالایی

خانواده گیاهی (تیره)	تعداد گونه	عنصر(فلز)
تیره شب بو	۱	کادمیوم
تیره گل میمون، تیره برگ بو	۲۶	کیالت
تیره گل میمون، تیره برگ بو، تیره غلات، تیره جگن	۲۴	مس
تیره پروتئاسه، تیره کانونیاسه، تیره خاسیان	۱۱	منگنز
تیره بنفشه، تیره فلاکور تیاسه، تیره فریفون، تیره کانونیاسه	۳۳۰	نیکل
تیره شب‌بو، تیره بنفشه‌ها	۱۹	سلنیوم
تیره شب بو	۱	تالیوم
تیره شب‌بو، تیره بنفشه	۱۶	روی

(Gaetke, 2003)

۲. سفت‌سازی اضافات معدنی

فناوری سفت‌سازی مواد معدنی، با به دام انداختن مواد مضر اتفاق می‌افتد، که در نتیجه استخراج معدن، ایجاد شده تا از ورود آنها به آب‌های زیرزمینی، دریاچه‌ها و آب‌های جاری جلوگیری شود. در فرآیند حاصل از این فناوری، خاک متصل به آلودگی با موادی مانند خاک رس و بتن مخلوط می‌شود، تا از سوی آنها محبوس شود و دیگر نتواند آب اطراف را از خود متاثر کند (۱۳).

۳. بیوچار (Biochar)

بیوچار، یک محصول متخلخل کربن است، که در اثر تجزیه مواد آلی در اثر حرارت بدست می‌آید. بیوچار معمولاً ظرفیت تبادل کاتیونی بالایی دارد و قلیایی می‌باشد و بسیاری از مزایای بالقوه بر خواص خاک و افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک را بخصوص در مناطق تخریب‌یافته و آلوده دارا می‌باشد (۱۳).

۴. واجدبی حرارتی

گرما، می‌تواند به طور مؤثر برای اصلاح زمین‌های معدنکاو رها شده استفاده شود (Navarro et al., 2014). اثربخشی واجدبی حرارتی برای حذف جیوه (کارایی حذف = ۹۹ درصد) از خاک جمع‌آوری شده از منطقه استخراج معدن شبه جزیره Iberian تأیید کردند (۱۳).

۵. روش های دیگر

هیدروژن کلرید (HCl) و سود یا هیدروکسید سدیم (NaOH) می‌توانند به طور مؤثر برای استخراج تمام فلزات سمی ضایعات معادن رهاشده، از جمله معدن طلا- نقره Songcheon استفاده شوند (۴). روش‌های میکوریز جهت تغذیه بهتر گیاه، زئولیت و سوپرجاذب‌ها جهت جذب بهتر رطوبت، زیست‌پالایی توسط انواع میکروپها، استفاده از انرژی‌های نو مانند نصب پنل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی، استفاده از نانو فناوری برای پاکسازی آلوده نیز در برخی نقاط دنیا انجام شده و موفق بوده‌اند. در ادامه به کاربرد زمین‌های اصلاح‌شده پرداخته می‌شود.

- جنگل کاری و ایجاد کمر بند سبز

- ایجاد پارک تفریحی، زیباسازی، ایجاد دریاچه مصنوعی با هدف ایجاد جاذبه‌های توریستی

- فعالیت‌های کشاورزی

۴- نتیجه‌گیری

فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی منجر به آزاد سازی مقادیر بالای فلزات به محیط شده که می‌تواند به عنوان یک خطر جدی برای اکوسیستم و سلامتی انسان مطرح باشد. خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، که فاقد پوشش گیاهی و بی‌ثبات هستند، توسط فرسایش آبی و بادی به رسوبات رودخانه‌ها و شهرهای اطراف آن‌ها منتقل می‌شوند. در صورت عدم بازسازی پوشش گیاهی و تثبیت خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، این امر می‌تواند موجب آلوده کردن هوا، آب (سطحی و زیرزمینی) و خاک شده و بر محیط‌زیست اثرات مخربی بگذارد. از این رو، ضرورت دارد این اراضی آلوده اصلاح گردند. از روش‌های اصلاح اراضی تخریب‌یافته و آلوده می‌توان به گیاه‌پالایی، میکوریز، زئولیت، سوپرجاذب‌ها، بیوجار، گیاهان تراریخته، زیست‌پالایی توسط میکروپها، انرژی‌های نو، استفاده از نانو فناوری برای پاکسازی، نرم‌افزار ژئومتریک، سفت‌سازی اضافات معدنی، واجدب حرارتی و غیره اشاره نمود. نتایج نشان می‌دهند، که با بکارگیری این روش‌ها در بسیاری از نقاط دنیا، بسیاری از اراضی آلوده و تخریب‌یافته احیا شده‌اند و مورد استفاده تفریحی، کشاورزی و غیره قرار گرفته‌اند. نکته‌ای که مهم است، اینست که در هر منطقه بایستی با توجه به بررسی تمامی شرایط، از بهترین و مقرون‌به صرفه‌ترین روش استفاده نمود.

۵- منابع

۱. آزاد شهرکی، ص. ۱۳۸۷. بررسی امکان تهیه نقشه پوشش گیاهی در مناطق اطراف مجتمع مس سرچشمه با استفاده از داده‌های ماهواره‌های IRS و معرفی گونه‌های گیاهی مناسب. گزارش واحد آب و محیط زیست امور تحقیق و توسعه.
۲. پناهی، ن. ۱۳۹۲. استفاده از گیاهان مرتعی جهت حذف فلزات سنگین.
۳. عظیمی، ر.، حشمتی، غ.ع.، فرزام، م.، و گلدانی، م. ۱۳۹۷ الف. تأثیر زئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین معادن متروکه سیمان (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۲).
۴. عظیمی، ر.، حشمتی، غ.ع. و کیانیان، م.ک. ۱۳۹۷ ب. احیای اراضی آلوده به فلزات سنگین با بکارگیری فناوری‌های نوین، انتشارات سرخابی.
۵. کیانیان، م.ک.، ۱۳۹۶. تأثیر برخی تکنیک‌های حفظ رطوبت بر ویژگی‌های خاک و استقرار و رشد گیاه قره‌داغ (*Nitraria schoberi*) (مطالعه موردی: اراضی بیابانی جنوب شهرستان سمنان). رساله دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۶. کیانیان، م.ک. ۱۳۸۹. بررسی گیاهان بومی و معرفی گونه‌های جدید جهت احیای سامانه محیطی و کنترل فرسایش باد (مطالعه موردی: اراضی جنوبی دریاچه حوض السلطان قم). دومین همایش فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد، ص ۲۰۴.
۷. کیانیان، م.ک. و عظیمی، ر. ۱۳۹۴. بررسی انواع روش‌های گیاه‌پالایی با هدف کاهش آلودگی اراضی، نخستین کنگره بین‌المللی کاربرد علوم نوین در مطالعات جغرافیایی ایران. شرکت ساج گستر کاسپین مشهد با همکاری پژوهشکده محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۸. میش مستنهی، ا.، حبیبی، ل. و خمر، س. ۱۳۹۳. تجمع فلزات سنگین کروم و آرسنیک در رسوبات و اندامهای گیاه نی *Phragmites australis* تالاب بین المللی هامون.

9. Alkorta, I. Herna´ ndez-Allica J., Becerril, J.M. Amezaga, I. Albizu I.& Garbisu C. 2004. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 3.

10. Bhargava, A., Carmona, F.F., Bhargava, M., Srivastava, S. 2012. Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. *J. Environ. Manag.*, 105: 103–120.

11. Bolan, N., Kunhikrishnan, A., Thangarajana, R., Kumpiene, J., Park, J., Makino, T., Kirkham, M.B., Scheckel, K. 2014. Remediation of heavy metal (loid)s contaminated soils – to mobilize or to immobilize? *J. Hazard. Mater.* 26: 141–166.

12. He, L., Yang, H., Yu, Zh., Tang, J., Xu, L., Chen, X. 2014. Arbuscular mycorrhiza fungal phylogenetic groups differ in affecting host plants along heavy metals levels, *Journal of Environmental Sciences*, 26: 2034-2040.

13. Huang, Z., Sun, P. 2015. Effect of Environmental materials on plant growth and Immobilization of heavy metal lead and cadmium, technology and practice of mine land reclamation, 237-241.



روش‌های نوین و سنتی حفاظت آب و آبیاری در مناطق خشک و بیابانی ایران

محمد کیا کیانیان گل افشانی^{۱*}، سپیده امین بیدختی^۲^{۱*} استادیار دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

m_kianian@semnan.ac.ir

چکیده

پدیده بیابان‌زایی با توجه به تنوع آب و هوا و فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از بزرگترین چالش‌های زیست محیطی امروزه است. یکی از نمادهای بیابان‌زایی، کاهش آب‌های زیرزمینی و پوشش گیاهی و افزایش فرسایش بادی و گرد و غبار است، که موجب خسارات زیادی به تاسیسات و سلامتی انسان‌ها می‌گردد. راهکارهای زیادی برای حفاظت آب و رطوبت در این مناطق وجود دارد. از جمله روش‌های حفظ آب در این مناطق، استفاده از انواع فراجاذب‌ها (سوپرجاذب‌ها)، انواع مالچ‌ها (مالچ‌های بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی)، ژئولیت، روش‌های مناسب جمع‌آوری آب باران (نگاریم، پشته هلالی، سامانه نواری رواناب، مسکت و غیره)، تصفیه پساب فاضلاب، استفاده از مه، شیرین کردن آب شور به کمک انرژی خورشیدی و آبیاری (قطره‌ای، پیتینگ یا زای، گیت-سیفون، زیرسطحی و غیره) می‌باشد. آب باران به دلیل رایگان بودن، کود طبیعی بودن، املاح کم و خالص بودن، یکی از بهترین آب‌هاست، که با توجه به شرایط کم‌آبی در کشور، بایستی به جمع‌آوری و حفاظت و مدیریت این آب و آب‌های موجود به خصوص در مناطق خشک و بیابانی مبادرت ورزید و در نهایت به بحران آبی در کشور کمک نمود.

واژه‌های کلیدی: حفاظت آب و آبیاری، مناطق خشک، بیابان‌زایی.

۱- مقدمه

بیابان‌زایی و فرسایش زمین با توجه به تنوع آب و هوا و فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از بزرگترین چالش‌های زیست محیطی امروزه است (۲). در سراسر جهان، بیابان‌زایی بیش از دو میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ۳۶ میلیون کیلومتر مربع زمین بیابانی معادل ۱,۴ سطح زمین را دربر می‌گیرد. کمبود آب، فرسایش تسریع شده خاک توسط آب و باد و منابع آب زیرزمینی، کاهش تنوع گونه‌ها (کیفی) و میزان زیست‌توده (کمی) گیاهان و کاهش باروری اکوسیستم‌های مناطق خشک به همراه فقیرتر شدن جوامع انسانی وابسته به این اکوسیستم‌ها از نمادهای بیابان‌زایی می‌باشند (۷). پایداری منابع طبیعی صرفاً با تلاش در مسیر بهبود روش‌های بهره‌برداری و مدیریت درست جهت جلوگیری از تخریب بیشتر و بازسازی و اصلاح منابع است (۱۵). کشور ما ایران نیز در منطقه کمربند خشک و بیابانی جهان قرار گرفته است. از این رو، با توجه به برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی طی سال‌های اخیر، مهار آب‌های سطحی و تامین آب مطمئن شرب و بهداشت و کشاورزی، همچنین صیانت و حفاظت از منابع محدود آب ضروری است (۱۶). در این مقاله سعی داریم به چند روش حفظ آب در مناطق خشک و بیابانی بپردازیم (۹).

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق با کمک بررسی مقالات و مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین تجربه نویسنده در مناطق خشک انجام شده است.

۳- نتایج و بحث

از روش‌های حفظ آب می‌توان به استفاده از انواع فراجاذب‌ها (سوپرجاذب‌ها)، انواع مالچ‌ها (مالچ‌های بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی)، زئولیت، روش‌های مناسب جمع‌آوری آب باران (نگاریم، پشته هلالی، سامانه نواری رواناب، مسکت و غیره)، تصفیه پساب فاضلاب، استفاده از مه، شیرین‌کردن آب شور به کمک انرژی خورشیدی و آبیاری (قطره‌ای، پیتینگ یا زای، گیت-سیفون، زیرسطحی و غیره) اشاره نمود (۱۴). در این بخش، به طور خلاصه، به انواع روش‌های حفاظت آب و آبیاری می‌پردازیم.

۳-۱- هیدروژل‌ها

هیدروژل‌ها، ژل‌های شبکه‌های پلیمری هستند، که ویژگی مهم آن، خاصیت نگهداری حلال در ساختمان خود است (شکل ۱). از نظر شیمیایی ساختار یک ژل پلیمری یا غیرپلیمری است. به عبارت دیگر، این ماده ساختاری شبکه‌ای یا سه بعدی دارد، که قدرت حل شدن در حلال را ندارد (۶). سوپرجاذب (SAP)، پلیمری آب‌دوست با شبکه سه بعدی است، که قابلیت جذب و نگهداری مقادیر بسیار بالای آب و محلول‌های آبی را دارد. هیدروژل‌ها و سوپرجاذب‌ها ساختار شبیه به هم دارند، اما به علت پیوندهای عرضی بسیار زیاد در هیدروژل‌ها، جذب آن‌ها بسیار کمتر است. معمولاً هیدروژل‌های مورد استفاده به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند: پلیمرهای طبیعی، پلیمرهای نیمه‌مصنوعی و مصنوعی (۴). هیدروژل‌های مصنوعی معمولاً از پلی‌آکریل آمید (PAM) و پلی‌وینیل الکل تشکیل می‌شوند. پلی‌آکریل آمید غیرشبکه‌ای، به طور مؤثر برای کنترل فرسایش خاک، کاهش رسوب در آب‌های سطحی و تثبیت بستر کانال‌های خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سوپرجاذب‌ها کاربردهای متعددی دارند (۱۳).



شکل ۱. سوپرجاذب

-مزایای استفاده از هیدروژل‌ها

هیدروژل‌ها، علاوه بر کاهش مصرف آب (حدود ۵۰ الی ۷۰ درصد) در مناطق خشک، فواید دیگری نیز دارند: از جمله کاهش فشردگی خاک، تهویه بهینه خاک، ممانعت از فرسایش خاک، جلوگیری از هدر رفتن مواد غذایی خاک، کاهش شوری در خاک، جذب بهتر مواد غذایی از طریق ریشه و افزایش راندمان استفاده از کودها، افزایش ریشه‌دوانی و جوانه‌زنی، امکان کشت درختان میوه در اراضی شیبدار و کم‌بازده و در نهایت افزایش کمی و کیفی محصول و در نتیجه درآمد بالاتر (۳).

۳-۲- مالچ‌ها

از انواع مالچ‌ها (پوشش‌ها) می‌توان جهت کاهش تبخیر رطوبت از خاک و در نهایت کاهش مصرف آب استفاده نمود (۱۰). از انواع مالچ‌ها می‌توان به کاه و کلش، سنگریزه، نانومالچ‌ها، مالچ‌های زیستی و غیره استفاده کرد. به طور کلی، می‌توان مالچ‌ها را به دو دسته اصلی فیزیکی و شیمیایی تقسیم نمود (۵). الف. مالچ‌های فیزیکی: این مالچ‌ها خود شامل دو گروه مالچ‌های بیولوژیکی (کاه و کلش و کود گیاهی) و مالچ‌های غیربیولوژیکی (سنگریزه، مواد جامد پسماند، انواع رس و سیمان) می‌باشند (۱۲). ب. مالچ‌های شیمیایی: این مالچ‌ها شامل الف) مالچ‌های غیرنفتی و نفتی است. مالچ‌های غیرنفتی شامل انواع پلیمرهای مواد شیمیایی مصنوعی، آهک، گچ، صمغ‌های گیاهی و سایر مواد شیمیایی طبیعی است. مالچ‌های نفتی، امولسیون ترکیبی از قیرهای طبیعی یا مصنوعی با آب است، که پس از گرم‌شدن به صورت فشرده بر روی تپه‌های ماسه‌ای پاشیده می‌شود. این مالچ‌ها با وجود مزایای بسیار، دارای معایبی مانند آسیب‌های زیست محیطی، افزایش دمای منطقه در ماه‌های گرم سال، هزینه‌های نسبتاً زیاد مالچ‌های نفتی، آسیب به بافت گیاهی و یا خشک‌شدن آن‌ها در موقع پاشیدن هستند. مقدار مالچ مصرفی به عواملی مانند شرایط ذرات خاک یا تپه، اقلیم منطقه و عمر متوسط بستگی دارد. به طور میانگین، حدود ۴-۶ تن در هکتار و در موارد استفاده از مالچ با غلظت کم باشد، تا ۱۲ تن در هکتار، مصرف مالچ گزارش شده است. عمر متوسط مالچ نفتی تقریباً ۲ تا ۵ سال است (۴).

۳-۳- زئولیت (Zeolite)

زئولیت‌ها، آلوموسیلیکات‌های سدیم یا کلسیم هیدراته می‌باشند، که معمولاً ثانوی و در حفره‌های سنگ‌های آتشفشانی مانند بازالت دیده می‌شوند (شکل ۲). سدیم و کلسیم گاه به‌طور بخشی به وسیله باریوم (Ba)، استرانسیم (Sr)، پتاسیم (K) و بندرت منیزیم (Mg) و منگنز (Mn) جانشین می‌شوند. کانی‌های این گروه متنوع و متعدد می‌باشند. یکی از خصوصیات برجسته زئولیت‌ها، خاصیت مبادله کاتیونی آسان در آنها می‌باشد، لذا در تصفیه آب مورد استفاده قرار گیرند (۳). آب موجود در ترکیب زئولیت‌ها در اثر حرارت خارج شده و پس از سرد شدن می‌توانند مجدداً آن را اخذ نمایند، که به این گونه آب موجود در ترکیب آب زئولیتی گویند. در زیر انواع مختلف زئولیت به همراه ترکیب شیمیایی آنها دیده می‌شوند (۳) (جدول ۳).



شکل ۲. زئولیت

جدول ۳. گونه‌های مختلف زئولیت به همراه ترکیب شیمیایی آنها

$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_4)\text{O}_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	analcime	آنالیسم
$\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3)\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Natrolite	ناترولیت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4)\text{O}_{12}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Laumontite	لومونتیت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4)\text{O}_{12}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Chabazite	شابازیت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_3)\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Scolccite	اسکولسیت
$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2)\text{O}_8\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Gismondite	جیسوموندیت
$\text{Na}_2\cdot \text{Ca}_2[(\text{Al}_2\text{Si}_3)\text{O}_{10}]3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$	Mezolite	مزولیت

$\text{NaCa}_2[(\text{Al},\text{Si})_5\text{O}_{10}]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Thomsonite	تامسولیت
$\text{Na}_2\text{Ca}[(\text{Al},\text{Si})_5\text{O}_{10}]_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	gonnardite	گناردیت
$(\text{Na}_2,\text{K}_2,\text{Ca})(\text{Al}_2\text{Si}_{10})\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mordenite	موردنیت

- کاربرد و مزایای ژئولیت‌ها

ژئولیت‌ها تا ۷۰ درصد وزنی خود آب جذب می‌کنند و بدون اینکه وضعیت خاک بهم بخورد یا مرطوب شود، رطوبت خاک را حفظ می‌کنند. برای کشت و پرورش گیاهان، ۲۵ درصد ژئولیت به خاک اضافه می‌شود. البته کاربردهای دیگری مانند پالایش محصولات نفتی، آزاد سازی تدریجی کودها، ژئوپونیک و اصلاح و بهبود خاک، افزایش تبادل یونی، تغذیه حیوانات، معدنکاری و متالورژی و تثبیت‌کننده نیز دارند (۴).

- بهبود روش‌های آبیاری

بارندگی منبع اصلی آب برای کشت دیم در مناطق خشک است. بنابراین برای حفظ فعالیت‌های کشاورزی و تولید مواد غذایی و معیشت کشاورزان در مناطق خشک، باید اقدامات ویژه‌ای در زمان کاشت، داشت و برداشت محصولات صورت گیرد، تا بتوان آب موجود در این مناطق را به شکل بهینه به مصرف رساند. در زیر، ۵ روش آبیاری برای حفظ رطوبت در مناطق خشک ارائه شده است (۸).

- آبیاری قطره‌ای (Drip irrigation): آبیاری قطره‌ای به عنوان روشی مؤثر و کارآمد برای حفاظت از آب در کشت دیم است، که علاوه بر حفاظت از خاک نیز مفید واقع می‌شود. در این روش اجازه استفاده از کود با ترکیب کردن آن با آب آبیاری از طریق آبیاری قطره‌ای داده می‌شود. در مقایسه با روش‌های معمول آبیاری، در این روش ۵۰ تا ۷۰ درصد صرفه جویی در مصارف آبی صورت می‌گیرد و تولید محصولات کشاورزی نیز به میزان ۲۰ تا ۹۰ درصد افزایش می‌یابد (۱۴).

- سیستم کشاورزی پیتینگ (Pitting) یا زای (Zay): این روش یکی دیگر از روش‌های مؤثر در حفاظت از آب در کشت دیم است، که در آن چاله‌ها در اطراف گیاهان و درختان برای حفظ آب و رطوبت ساخته می‌شوند. چاله‌ها کمک می‌کند، تا حداکثر آب باران حفظ شوند، در واقع هدف این است، که آب باران نگه داشته شود، تا رطوبت اطراف گیاه را افزایش دهد. همچنین باروری خاک در این مدت صورت می‌گیرد (۹).

- سیستم کشت گلوله برفی: این روش بیشتر در قاره آفریقا که منابع آبی کم هستند، کاربرد دارد. با وقوع بارش، آب باران از طریق حفره‌ها به طرف میله‌ها رفته و به ریشه‌های گیاه می‌رسد. این روش ساده می‌تواند کارایی آب را تا ۵۰ درصد افزایش دهد (۴).

- سیستم‌های زیرسطحی: روش آبیاری زیرسطحی، سیستمی گران‌قیمت برای استفاده محسوب می‌شود، با این حال بازدهی مناسب داشته و مناسب زمین‌های دیم است. مزیت صرفه‌جویی در مصارف آبی در این روش وجود دارد و شانس رشد علف‌های هرز در آن به صفر درصد می‌رسد (۴).

- روش گیت-سیفون: در این روش، آب از طریق لوله‌های پلاستیکی یا آلومینیومی به مزرعه‌های کشاورزی می‌رسد. این تکنیک‌ها در مناطق خشک آمریکا و آمریکای لاتین بسیار محبوب هستند. این روش نیز باعث کاهش تلفات نشت و تبخیر و انتقال آب می‌شود و ۳۰ تا ۵۰ درصد آب را ذخیره می‌کند. همچنین این روش به کاهش فرسایش خاک کمک می‌کند. مزیت این تکنیک این است، که گیت را می‌توان با توجه به نیاز، باز و بسته کرد (۸).

۳-۵- جمع‌آوری آب باران، پساب‌ها و دیگر آب‌های غیرمتعارف

در خصوص روش‌های مناسب جمع‌آوری آب باران و هرزآب‌ها، پساب‌ها و دیگر آب‌های غیرمتعارف مطالب زیادی مطرح است (۱۱)، که به دلیل محدودیت صفحه از توضیح تفصیلی آنها خودداری می‌گردد. از جمله روش‌های جمع‌آوری آب که در

واقع نوعی حفاظت از آب باران و هرزآبها محسوب می‌شود، می‌توان به پشته‌های تراز (ایجاد پشته بر روی خطوط تراز و کاشت نهال)، پشته‌های هلالی یا دوزنقه‌ای (ایجاد هلال در بالادست شیب و کاشت نهال درون آن)، نوارهای رواناب (ایجاد نوار متناوب در بین سطوح کاشت بر روی شب‌های ملایم خط تراز)، بندسار یا Meskat (ایجاد سطح آبیگر در بالای منطقه کشت) (۱۷)، تراس‌بندی بر روی خطوط تراز، سامانه پشت‌بام، خوشاب یا Jessure (ایجاد دیواره در مسیر مسیل‌ها و ته‌نشست رسوب پشت آن و کاشت نهال)، نگاریم (حوضچه کوچک با شیب ملایم که یک سمت آن نهال کشت می‌شود)، سامانه بین-ردیفی (ایجاد خاکریزهای متراکم و کاشت نهال بین آنها)، پخش سیلاب (انحراف سیلاب و انتقال آن به منطقه کاشت با شیب ملایم)، آب‌انبارها (مخازن آب)، قنات‌ها را نام برد (۱). همچنین از دیگر روش‌ها، می‌توان به تصفیه پساب فاضلاب، استفاده از مه (سازه‌های مختلف جذب مه و تبدیل آن به قطرات آب)، شیرین کردن آب شور به کمک انرژی خورشیدی اشاره نمود (۴).

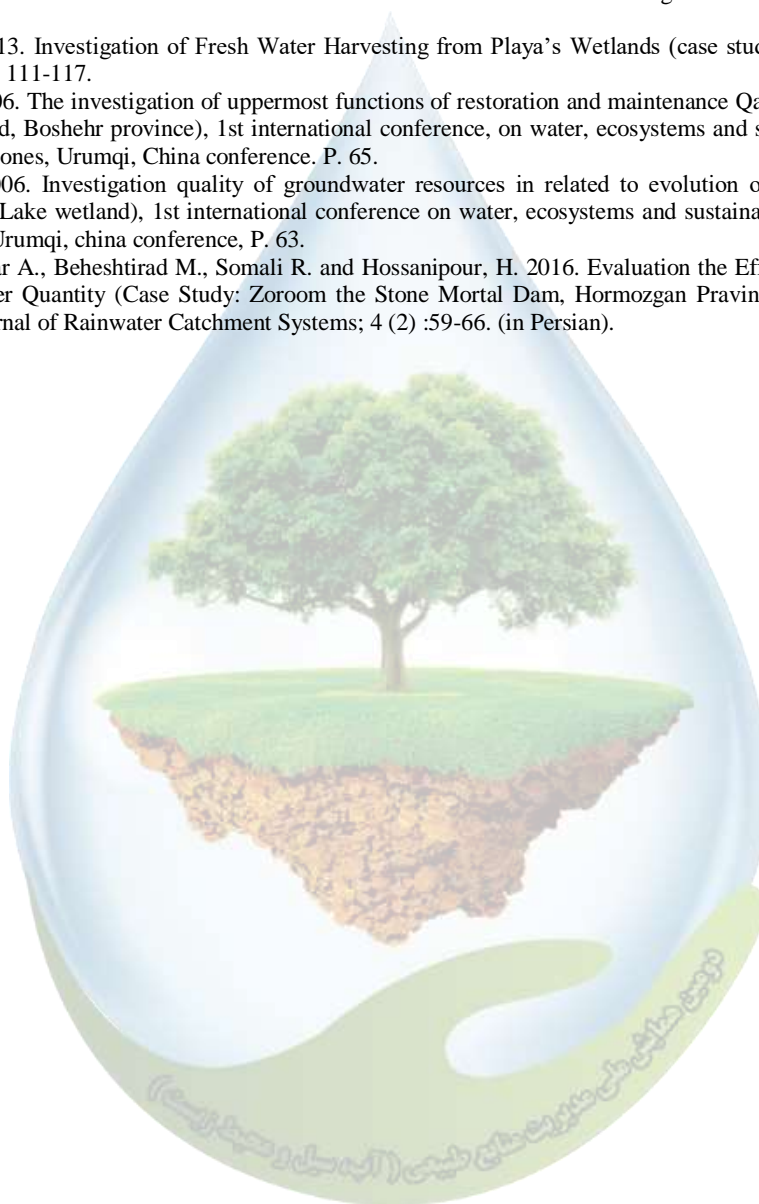
۴- نتیجه‌گیری

کمبود آب، فرسایش تسریع شده خاک توسط آب و باد و منابع آب زیرزمینی، کاهش تنوع گونه‌ها (کیفی) و میزان زیست‌توده (کمی) گیاهان و کاهش باروری اکوسیستم‌های مناطق خشک به همراه فقیرتر شدن جوامع انسانی وابسته به این اکوسیستم‌ها از نمادهای بیابان‌زایی می‌باشند (۴). راهکارهای زیادی برای حفاظت آب و رطوبت در این مناطق وجود دارد (۱). از جمله روش‌های حفظ آب در این مناطق، استفاده از انواع فراجاذب‌ها (سوپرجاذب‌ها)، انواع مالچ‌ها (مالچ‌های بیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی)، ژئولیت، روش‌های مناسب جمع‌آوری آب باران (نگاریم، پشته هلالی، سامانه نواری رواناب، مسکت و غیره)، تصفیه پساب فاضلاب، استفاده از مه، شیرین کردن آب شور به کمک انرژی خورشیدی و آبیاری (قطره‌ای، پیتینگ یا زای، گیت‌سیفون، زیرسطحی و غیره) می‌باشد (۹). در کشور ما نیز با توجه به توجه به انواع آب و هوا و خاک و پوشش گیاهی، ضرورت دارد جهت حفاظت آب، بهترین روش یا روش‌ها را به صورت ترکیبی با توجه به شرایط خاص منطقه انتخاب کنیم، تا بهتر بتوانیم موجبات توسعه و آبادانی را فراهم سازیم.

۵- منابع

۱. ساروی، م.، صالح‌پورجم، ا. و کیانیان، م.ک. ۱۳۹۰. جمع‌آوری آب (کتاب)، انتشارات راه.
۲. شاهولی م، سروستانی ا. ۱۳۹۶. بررسی و بهینه‌سازی سازه‌های بومی جمع‌آوری آب در مراتع خشک و نیمه‌خشک استان خراسان رضوی.
۳. عظیمی، ر.، حشمتی، غ.ع.، فرزام، م.، و گلدانی، م. ۱۳۹۷. تأثیر ژئولیت، میکوریزا و سوپرجاذب بر رشد و استقرار اولیه گیاه مرتعی دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.) (مطالعه موردی: کارخانه سیمان شرق مشهد). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۲).
۴. کیانیان، م.ک. ۱۳۹۶. تأثیر برخی تکنیک‌های حفظ رطوبت بر ویژگی‌های خاک و استقرار و رشد گیاه قره‌داغ (*Nitraria schoberi*) (مطالعه موردی: اراضی بیابانی جنوب شهرستان سمنان). رساله دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۵. کیانیان، م.ک. ۱۳۹۴. بررسی انواع مالچ‌ها و اثرات آنها بر روی فرسایش بادی، دومین همایش ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه محقق اردبیلی.
۶. کیانیان، م.ک. ۱۳۹۲. بررسی نقش سوپرجاذب‌ها در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران با هدف احیاء و توسعه پایدار اراضی، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، سالن همایش‌های وزارت کشور.
۷. کیانیان، م.ک. ۱۳۹۲. اهمیت آب باران از دیدگاه دین مقدس اسلام و مدیریت آن در الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت و افزایش تولید ملی، ۱۳۹۲. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، سالن همایش‌های وزارت کشور.
۸. کیانیان، م.ک. ۱۳۸۵. بکارگیری روش آبیاری قطره‌ای در کشت پسته از دیدگاه مسائل اقتصادی و اجتماعی در مناطق خشک و نیمه خشک (منطقه مورد مطالعه، سیرجان)، مجله علمی تاغ دانشگاه تهران. ۸(۱): ۲۹-۳۹.
۹. کیانیان، م.ک. ۱۳۸۴. مدیریت نوین منابع آب و آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک. سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

10. Aragüés, R., Medina, E.T. and Clavería, I. 2014. Effectiveness of inorganic and organic mulching for soil salinity and sodicity control in a grapevine orchard drip-irrigated with moderately saline waters. Spanish Journal of Agricultural Research 12: 501-508.
11. Donald, G., Wim, M., Cornelis, W. and Schiettecatte, W. 2008. Water Harvesting and Water-Saving Techniques, in Land Use, Land Cover and Soil Sciences, [Ed. Willy H.Verheye], in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK.
12. Haishen, L., Zhongbo, Y., Robert, H. and Yonghua, Zh. 2013. Effect of Gravel-Sand Mulch on Soil Water and Temperature in the Semiarid Loess Region of Northwest China, Journal of Hydrologic Engineering, 18.
13. Hillary, A., Orikiriza, L.J.B., Esegu, J.F.O., Obua, J., Kabasa, J.D. and Huttermann, A. 2010. Effects of Hydrogel Amendment to Different Soils on Plant Available Water and Survival of Trees under Drought Conditions, CLEAN-Soil, Air, Water, 38, 328-335.
14. Kianian, M.K. 2013. Investigation of Fresh Water Harvesting from Playa's Wetlands (case study: South of Salt Lake), Desert Journal, 17 (2): 111-117.
15. Kianian, M.K. 2006. The investigation of uppermost functions of restoration and maintenance Qanats in Iran (case study: Jam and Riz watershed, Boshehr province), 1st international conference, on water, ecosystems and sustainable development in arid and semi-arid zones, Urumqi, China conference. P. 65.
16. Kianian, M.K. 2006. Investigation quality of groundwater resources in related to evolution of vegetation on playa's wetland (Kashan Salt Lake wetland), 1st international conference on water, ecosystems and sustainable development in arid and semi-arid zones, Urumqi, china conference, P. 63.
17. Moslemi H., Abkar A., Beheshtirad M., Somali R. and Hossanipour, H. 2016. Evaluation the Effect of Watershed Dams on Underground Water Quantity (Case Study: Zoroom the Stone Mortal Dam, Hormozgan Pravinc, Chahgharbal Village, Tokahor Region). Journal of Rainwater Catchment Systems; 4 (2) :59-66. (in Persian).



مطالعه عددی رفتار خود پالایی رودخانه کارده مشهد (ایران)

عباسعلی قزل سوفلو^{۱*}، سحر گل لاله کرمانی^۲

^{۱*} استادیار گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی تربیت جام
^{۲*} ghezelsofflo@gmail.com

چکیده

روند رو به رشد آلودگی آب‌های سطحی توسط پساب‌های کشاورزی و فاضلاب صنعتی کارخانه‌های بزرگ که به صورت بی‌رویه به رودخانه‌ها ریخته می‌شود، یکی از مشکلات مناطقی است که صنایع بزرگ در نزدیکی رودخانه‌ها قرار گرفته و رودخانه تأمین‌کننده اصلی نیازهای آبی آن‌ها است. اهمیت این مسأله زمانی دو چندان می‌گردد که با تغییرات آب و هوایی دچار ریسک‌هایی در تأمین منابع آبی نیز باشیم. در این تحقیق با استفاده از داده‌ها و اطلاعات ثبت و برداشت شده در رودخانه کارده به عنوان یک منبع در تأمین آب شرب شهر مشهد به بررسی فرآیندهای پایش رودخانه‌ای با استفاده از مدل عددی MIKE11 پرداخته شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ضریب زبری مانینگ در بازه مورد بررسی برابر با ۰/۰۵۸ بوده و ضریب زوال رودخانه در فصل گرما برابر با ۰/۰۸ و در فصل سرما برابر با ۰/۲۰۷ می‌باشد همچنین بر اساس آنالیز حساسیت و سناریوسازی در این تحقیق رابطه‌ای برای پیش‌بینی مقدار آلودگی و درصد کاهش آن در رودخانه کارده ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: ضریب خود پالایی، مدل MIKE11، ضریب زوال، پیش‌بینی آلودگی، رودخانه کارده

۱- مقدمه

بیماری‌های انتقال یافته از آب یکی از شایع‌ترین عوامل تهدیدکننده سلامت جامعه محسوب می‌شود (Baffaut et al, 2003). از این رو شناخت و درک بهتر نسبت به عوامل تولید کننده آلودگی میکروبی و نحوه‌ی سیر و حرکت پاتوژن‌ها در منابع آب خام دارای حائز اهمیت می باشد. هم اکنون بر همگان ثابت شده است که کیفیت آب علاوه بر کمیت آن دارای اهمیت فوق العاده می‌باشد بطور کلی منابع آب خام باید کیفیت لازم را برای نوع مصرفی که از آن به عمل می‌آید، دارا باشند (Gibson, 2006). بررسی کیفیت منابع آب با اجرای نمونه برداری و انجام آزمایشات میدانی مقدور می‌باشد. با این حال این کار نیازمند صرف وقت و هزینه بسیار می‌باشد. علاوه بر آن بررسی جامع کیفیت منابع آب نیازمند نمونه‌برداری های متعدد و مستمر و در مکان های مختلف و در زمان‌های مستمر می‌باشد (Miller, 2004). در صورت مدل‌سازی مناسب کیفی منابع آب، امکان پیش‌بینی وضعیت کیفی منابع آب در بازه تغییرات مکانی و زمانی مختلف بوجود می‌آید. از این رو مدل‌سازی کیفی منابع آب به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت کیفی منابع آب به شمار می‌آید (Neitsch et al, 2004: 2005). مطالعات مربوط به مدل‌سازی کیفی منابع آب سابقه‌ای طولانی دارد. برای موفقیت در مدل‌سازی کیفی می‌بایست در ابتدا کمیت و یا بیان منبع آبی تکمیل گردد. بدین‌منظور مطالعات زیادی در این رابطه انجام و مدل‌سازی های زیادی با موفقیت انجام گرفت (Benham et al, 2006; Beaudreau et al, 2002). در ادامه به مدل‌سازی ذرات معلق و انتقال رسوب توجه بسیاری شد. هرچند نیاز به انجام

مطالعات و مدل‌سازی‌های بیشتر در بسیاری از منابع آبی در رابطه با موارد فوق ضروری به نظر می‌رسد، با این حال متخصصین گام را فراتر از آن گذاشته و به سراغ مدل‌سازی مواد مغذی در منابع آبی نیز رفته‌اند (Parajuli, 2007). شایان ذکر است که در چند سال اخیر تلاش‌هایی به منظور مدل‌سازی میکروبی و به خصوص باکتری کلیفرم مدفوعی در منابع آبی و بررسی سیر و حرکت آن آغاز شده است. مزیت ویژه مدل‌سازی باکتری کلیفرم مدفوعی نسبت به سایر پارامترهای کیفی مانند مواد مغذی در آن است که باکتری مدفوعی تنها در فاضلاب انسانی و حیوانی وجود دارد، در حالی که سایر پارامترهای کیفی مانند نیترژن و فسفر، BOD و COD نمی‌تواند به تنهایی نشان‌دهنده‌ی ورود فاضلاب به منبع آبی محسوب گردند (Kyeongsik, Rhew, 2008). تعیین مقدار عددی ضریب زوال باکتری علاوه بر تعمیق دانش نسبت به دینامیک جمعیتی باکتری، برای مدل‌سازی سیر و حرکت باکتری در منابع آب که از مسائل بروز مدیریت کیفی منابع آب محسوب می‌شود ضرورت پیدا می‌کند. براساس مطالعات انجام گرفته مقدار ضریب زوال باکتری کلیفرم مدفوعی در سیستم‌های مختلف آبی متفاوت می‌باشد. علت این تغییر شرایط محیطی متفاوت در زمان اندازه‌گیری ضریب فوق می‌باشد. در اکثر مراجع تغییرات مقادیر ضریب زوال باکتری کلیفرم مدفوعی تا ۳ عدد بر روز در سیستم آبی رودخانه می‌باشد. با این حال مقادیر بزرگتر نیز در تعدادی از مراجع ذکر شده است. بریساود (۲۰۰۶) در مطالعات خود ضریب زوال باکتری کلیفرم را در بازه وسیع تغییرات بین ۰/۲ تا ۱۲ بر روز تعیین کردند. (Sarikaya and Satci, ۱۹۹۵) نرخ زوال کلیفرم کل را در شرایط تاریک و دمای ۲۵ درجه مقدار برابر ۰/۴۳ بر روز گزارش کرده‌اند.

۲- مواد و روش‌ها

معادلات هیدرودینامیک و انتقال-پخش معادلات دیفرانسیل جزئی غیر خطی می‌باشند که به جز در موارد خیلی ساده حل تحلیلی آن‌ها مقدور نمی‌باشد (عباسپور، ۲۰۰۶). معادلات سنت و نات، معادلات حاکم بر جریان غیر دائمی یک بعدی رودخانه می‌باشند. معادلات پیوستگی و ممنتوم می‌باشند. (Yujun Yi و همکاران ۲۰۱۷). یکی از روش‌هایی که در حل عددی معادله‌ی انتقال-پخش مورد استفاده قرار می‌گیرد، الگوی Abbot- Ionescu می‌باشد. در این روش الگوی معادله پخش - انتقال مطابق شکل (۱) می‌باشد. بنابراین ابتدا معادله پخش - انتقال، با استفاده از روابط پاره‌سازی به صورت سه معادله کلی تبدیل شده و توسط یکی از فرآیندهای عددی همچون فرایند Kutija یا Roe حل می‌گردد. (Yujun Yi و همکاران ۲۰۱۷) در کارهای مشابه به منظور تعیین ضریب زوال باکتری کلیفرم مدفوعی عمدتاً از دو روش فعالیت‌های میدانی یا استفاده از مقادیر ذکر شده در سایر مراجع استفاده می‌شود. به طور کلی مقادیر ضریب زوال باکتری کلیفرم مدفوعی گزارش شده در مراجع دارای تغییرات زیادی می‌باشد. جدول ذیل تعدادی از مقادیر گزارش شده ضریب زوال را نشان می‌دهد. رودخانه مورد بررسی در این تحقیق، رودخانه اصلی حوضه کارده در ۴۰ کیلومتری شهر مشهد می‌باشد. این رودخانه با طول ۴۵ کیلومتر یک رودخانه دائمی می‌باشد. با توجه به این که هدف تحقیق، مدل‌سازی رفتار خودپالایی رودخانه کارده می‌باشد، می‌بایست انجام آزمایشات و بررسی‌های دقیق صحرایی را بر روی بازه‌ای که نماینده کل رودخانه باشد، انجام داده و پس از بدست آوردن پارامترهای مورد نظر کیفی، مدل‌سازی را به کل رودخانه تعمیم داد. با در نظر گرفتن معیارها، بازه‌ای به طول ۲۷۴۰ متر که ابتدای آن در هشت کیلومتری بالادست سد کارده است، انتخاب گردید. این بازه در حد فاصل روستاهای آل و کارده واقع است. در این بازه هیچ‌گونه منبع تولید آلودگی دامی و انسانی وجود نداشته و جریان‌های جانبی نیز به رودخانه وارد یا از آن خارج نمی‌گردند. شروع این بازه دارای ارتفاع ۱۳۶۱ متر از سطح دریا به فاصله ۲۳۷۰ متر پایین‌دست روستای آل و انتهای آن دارای ارتفاع ۱۳۱۷ متر و به فاصله ۸۹۰ متر بالادست روستای کارده می‌باشد. رودخانه کارده در محدوده بالادست سد، فاقد نقشه‌های توپوگرافی یا مقاطع عرضی می‌باشد. به عبارتی دیگر جهت بدست آوردن شکل مقاطع مورد نیاز در طول رودخانه و یا عرض آن، می‌بایست این اطلاعات بصورت برداشت صحرایی تهیه گردد. در طول ۲۷۴۳ متر محدوده مورد مطالعه جمعاً در ۱۸ نقطه مقطع عرضی رودخانه تهیه گردید. دبی اندازه‌گیری شده در مقطع ۱ در تاریخ ۱۳۹۳/۱/۲۱ معادل ۳۲۲ لیتر بر ثانیه بوده است، این دبی در همین مقطع در تاریخ ۱۳۹۳/۴/۲۳ که معرف ماه کم آب سال است، به حدود یک سوم یعنی ۱۲۲ لیتر بر ثانیه

تقلیل یافته است. دبی اندازه گیری شده در مقطع ۳ در تاریخ ۱۳۹۳/۱/۲۱ معادل ۲۹۳ لیتر بر ثانیه بوده است، این دبی در همین مقطع در تاریخ ۱۳۹۳/۴/۲۳ به ۱۵۰ لیتر بر ثانیه کاهش یافته است. نمونه برداری های انجام شده به منظور تعیین پارامترهای مورد نیاز تحقیق در هر مقطع شامل: دما (محیط و آب)، PH آب، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) و شاخص آلودگی (Ecoli) می باشد. از پارامترهای فوق دما PH و DO به ترتیب توسط دماسنج، PH متر و دستگاه DO متر و در محل اندازه گیری می شوند. جهت مشخص کردن اکسیژن خواهی بیولوژیکی (BOD)، اکسیژن خواهی شیمیایی (COD) و شاخص آلودگی (Ecoli) باید از آب رودخانه نمونه گیری شده و در آزمایشگاه اندازه گیری شود. جدول شماره ۴ مشخصات نمونه ها و نتایج خروجی آزمایشگاه را برای ۱۲ نمونه اخذ شده از رودخانه کارده در طول چهار دوره نمونه برداری، نشان می دهد.

جدول ۴- مشخصات نمونه ها و نتایج خروجی آزمایشگاه (قزل سولفو، ۱۳۹۵)

دبی	E.coli (Cfu/ml)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	PH	دما محیط دمای آب	دما	مقطع	تاریخ
0.322	70	41	21	8.1	8.2	12	14	مقطع ۱ بالا دست	۱۳۹۳/۱/۲۱
0.293	40	39	19	7.9	8.2	12	14	مقطع ۳ پایین دست	
0.122	20	30	16	5.9	7.5	22	24	مقطع ۱ بالا دست	۱۳۹۳/۴/۲۳
0.150	50	30	15	6	7.9	22	24	مقطع ۳ پایین دست	
0.177	80	30	16	6.45	7.4	17	27	مقطع ۱ بالا دست	۱۳۹۳/۴/۳۰
0.214	50	31	17	6.8	7.5	17	27	مقطع ۳ پایین دست	
0.138	50	29	16	6.8	7.6	19	30	مقطع ۱ بالا دست	۱۳۹۳/۵/۱
0.146	20	30	17	6.8	7.7	19	29	مقطع ۳ پایین دست	
دبی	E.coli (Cfu/ml)	COD (mg/l)	BOD (mg/l)	DO (mg/l)	PH	دما محیط دمای آب	دما	محل نمونه برداری	میانگین ماههای کم آب سال
0.146	50	29.67	16.00	6.38	7.5	19	27	مقطع ۱ بالا دست	
0.170	40	30.33	16.33	6.53	7.7	19	27	مقطع ۳ پایین دست	

۳- نتایج و بحث

به منظور مدل سازی عددی پخش آلودگی و بررسی خودپالایی رودخانه لازم است تا در ابتدا مدل هیدرودینامیکی جریان در ناحیه مورد بررسی تشکیل، اجرا و تحلیل گردد و بر اساس نتایج مدل سازی عددی در بخش هیدرودینامیک مدل پخش و انتقال بر پایه ی آن تشکیل گردد. برای این منظور مدل هیدرودینامیکی بر اساس اطلاعات برداشت شده تهیه شده است. همچنین مدل عددی با سرعت برداشت شده توسط مولینه در مقاطع مختلف کالیبره شده است که نتایج این بخش نشان می دهد، ضریب زبری در ناحیه مورد بررسی ۰/۰۵۸ می باشد. در ادامه به منظور تعیین پارامترهای ضریب زوال، فاکتور پخش و توان ضریب پخش از تمامی جایگشت های ممکن استفاده گردیده و نتایج خروجی از مدل عددی در هر کدام از این جایگشت ها با نتایج کیفی برداشت شده در فصل تر و فصل خشک مقایسه گردیده است. در این قسمت به منظور بررسی اثر خود پالایی

رودخانه در ابتدا لازم است تا پارامترهای ضریب زوال، فاکتور پخش و توان ضریب پخش مشخص گردد. بر اساس طیف پیشنهاد شده در راهنمای استفاده از نرم افزار MIKE11 ضریب پخش خود تابعی از سرعت جریان و ضرایب a و b می باشد. $D=avb$ و برای آبراهه‌ها این ضریب در بازه بین ۱ تا ۵ قرار دارد). در ابتدا به بررسی اثر تغییر در این ضریب بر روی میزان نرخ خود پالایی در رودخانه پرداخته می‌شود. در این مرحله جهت شروع سعی و خطا و بر اساس توصیه مقدار ضریب زوال برابر با $0.2/2.0$ در نظر گرفته می‌شود. شرایط مرزی پخش - انتقال در این حالت عبارت است از "دبی و میزان آلودگی معلوم در مقطع بالادست و رقوم سطح آب و آلودگی معلوم در مقطع پایین دست". میزان آلودگی که با نمونه‌برداری از رودخانه بدست آمده است، مطابق جدول (۴) می‌باشد. بر این اساس مقدار آلودگی (EColi) در مقطع یک از ۲۰ تا ۸۰ واحد در میلی‌گرم متغییر بوده که در مدل سازی متوسط آن یعنی ۵۰ واحد در میلی‌گرم (۵۰۰۰ واحد در ۱۰۰ میلی‌گرم) منظور شده است. در مقطع پایین دست نیز مقدار آلودگی (EColi) از ۲۰ تا ۵۰ واحد در میلی‌گرم متغییر بوده که در مدل سازی متوسط آن یعنی ۴۰ واحد در میلی‌گرم (۴۰۰۰ واحد در ۱۰۰ میلی‌گرم) منظور شده است. صحت‌سنجی مدل نیز براساس تغییرات آلودگی در دو بازه انتهایی صورت می‌گیرد و نتیجه مطلوب زمانی حاصل می‌شود که خطای این تغییرات به حداقل برسد. جدول (۵) نشان‌دهنده نتایج مدل سازی براساس ضریب زوال 0.08 و مقادیر مختلف فاکتور پخش و توان ضریب پخش به عنوان نمونه‌ای از جایگشت‌های ممکن با بهترین نتایج و کمترین درصد خطا می‌باشد. خطای حاصله در این حالت از حداقل $19/3$ تا حداکثر $130/9$ متغیر است که خود بیانگر نا مناسب بودن این ضریب زوال می‌باشد.

جدول ۵- نتایج حاصل از مدل سازی براساس ضریب زوال 0.08 فاکتور پخش و توان ضریب پخش مختلف (قرنل سوفلو، ۱۳۹۵)

جریان v سرعت	فاکتور پخش a	توان ضریب پخش b	D ضریب پخش	decay ضریب زوال	Ecoli CH: 2490.66	Ecoli CH: 2616.94	Ecoli CH: 2743.22	Δ Ecoli 1	Δ Ecoli 2	Error%
0.4	5	0.5	3.16	0.08	4368.9	4137.7	4000	231.2	137.7	67.8
0.4	5	1	2.00	0.08	4613.2	4148.5	4000	464.7	148.5	212.9
0.4	5	2	0.80	0.08	4865.1	4153.6	4000	711.5	153.6	363.1
0.4	10	0.5	6.32	0.08	4211.3	4122.6	4000	88.7	122.6	27.7
0.4	10	1	4.00	0.08	4396.4	4143.2	4000	253.2	143.2	76.8
0.4	10	2	1.60	0.08	4770.2	4153.5	4000	616.8	153.5	301.9
0.4	20	0.5	12.65	0.08	4183.8	4092.2	4000	91.7	92.2	0.6
0.4	20	1	8.00	0.08	4220.6	4131.5	4000	89.1	131.5	32.2
0.4	20	2	3.20	0.08	4611.2	4152.8	4000	458.4	152.8	200.0

همان گونه که ملاحظه می‌شود، به ازاء ضریب زوال 0.08 و فاکتور پخش ۲۰ و توان ضریب پخش 0.5 خطای مدل سازی به 0.6 درصد می‌رسد. همان طور که مشخص است $a=20$, $b=5$ شاهد کمترین خطا در پیش‌بینی مشخصات کیفی رودخانه می‌باشیم. میزان آلودگی که با نمونه‌برداری از رودخانه بدست آمده است مطابق جدول (۴) می‌باشد. بر این اساس مقدار آلودگی (EColi) در مقطع یک ۷۰ واحد در میلی‌گرم بوده که در مدل سازی 7000 واحد در 100 میلی‌گرم منظور شده است. در مقطع پایین دست نیز مقدار آلودگی (EColi) 40 واحد در میلی‌گرم بوده که در مدل سازی 4000 واحد در 100 میلی‌گرم منظور شده است. صحت سنجی مدل نیز براساس تغییرات آلودگی در دو بازه انتهایی صورت می‌گیرد و نتیجه مطلوب زمانی حاصل می‌شود که خطای این تغییرات به حداقل برسد. جدول (۶) نشان‌دهنده نتایج حاصل از مدل سازی بر اساس ضریب زوال 0.08 می‌باشد. همان گونه که ملاحظه می‌شود به ازاء ضریب زوال 0.08 و فاکتور پخش ۵ و توان ضریب پخش ۲ خطای مدل سازی به $19/3$ درصد می‌رسد.

جدول ۶- نتایج حاصل از مدل سازی براساس ضریب زوال ۰.۲۰۷، فاکتور پخش و توان ضریب پخش مختلف (قزل سوفلو، ۱۳۹۵)

سرعت v جریان	فاکتور a پخش	توان b ضریب پخش	ضریب D پخش	ضریب decay زوال	Ecoli CH: 2490.66	Ecoli CH: 2616.94	Ecoli CH: 2743.22	ΔEcoli 1	ΔEcoli 2	Error%
0.5	5	0.5	3.54	0.207	5284.5	5170.7	4000	113.8	1170.7	90.3
0.5	5	1	2.50	0.207	5570.4	4910.8	4000	659.6	910.8	27.6
0.5	5	2	1.25	0.207	5803.1	4907.4	4000	895.6	907.4	1.3
0.5	10	0.5	7.07	0.207	5106.2	4925.0	4000	181.2	925.0	80.4
0.5	10	1	5.00	0.207	5288.0	4917.5	4000	370.6	917.5	59.6
0.5	10	2	2.50	0.207	5655.7	4911.0	4000	744.7	911.0	18.3
0.5	20	0.5	14.14	0.207	5058.1	4941.3	4000	116.8	941.3	87.6
0.5	20	1	10.00	0.207	5074.5	4929.8	4000	144.7	929.8	84.4
0.5	20	2	5.00	0.207	5394.7	4917.8	4000	476.9	917.8	48.0

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از مدل سازی عددی و تعمیم نتایج آن به کل رودخانه کارده ضریب زبری مانینگ در بازه‌ی مورد بررسی برابر با ۰/۰۵۸ مورد محاسبه قرار گرفت. با مدل سازی عددی و مقایسه نتایج عددی با مقادیر اندازه گیری مشخص شد در ماه خشک سال مقدار ضریب زوال آلودگی برابر با ۰/۰۸ و فاکتور پخش برابر با ۲۰ و توان ضریب پخش برابر با ۰/۵ می باشد. همچنین در ماه تر سال ضریب زوال برابر با ۰/۲۰۷ و فاکتور پخش برابر با ۵ و توان ضریب پخش برابر با ۲ می باشد. با افزایش دبی و تواتر آن بر میزان توان خود پالایی رودخانه افزوده می گردد. نتایج بررسی سناریوهای مختلف نشان می دهد، امکان ارائه یک رابطه بین میزان آلودگی در پایاب و شرایط هیدرولوژیکی در رودخانه فراهم خواهد آمد.

۵- منابع و مراجع

- ۱- قزل سوفلو، عباسعلی. ۱۳۹۵. بررسی پتانسیل خودپالایی رودخانه در فصل پرآبی با توجه به آلودگی خانگی و فضولات حیوانی پساب روستاهای بالادست مخزن سدهای تامین آب شرب، طرح پژوهش کاربردی، شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی، گزارش نهایی.
- ۲- قزل سوفلو، عباسعلی. ۱۳۸۴. مدل سازی عددی رفتار شاکها در جریان آبهای کم عمق با استفاده از روشهای حجم محدود پیشرفته. رساله دکتری. دانشگاه فردوسی مشهد. دانشکده مهندسی
- 3- Abbaspour. K.C., Yang, J., 2006, 'SUF2, A Calibration and Uncertainty Analysis Program for SWAT', User Manual
- 4- Baffaut.C., 2004, 'Upper Shoal Creek Watershed Water Quality Analysis,'FAPRI-UMC Report 01-04, Food & Agricultural Policy Research Institute (FAPRI),University of Missouri, P.26.
- 5- Benham, B.L., Brannan.K.M, Yagow.G, Zeckoski.R.W, Dillaha.T.A, Mostaghimi.S, Wynn.J.W. ,2005, 'Development of Bacteria and Benthic Total Maximum Daily Loads a Case Study,Linville Creek, Virginia', Journal of Environment Quality, 34,1860-1872
- 6- Gibson.C.J, May 2006, 'Bacterial Loadings Watershed Model in Copano Bay', Master of Science in Engineering Thesis, the University of Texas at Austin
- 7- Kyeongsik Rhew, 2008,'Fecal Coliform TMDL for Crane Creek', WBIDs and 3085A, Florida Department of Environmental Protection, P.14
- 8- Miller,A., 2004, 'Total Maximum Daily Load Development for Fecal Coliform Bacteria Lower Saluda River and Tributaries Stations: Lower Saluda S-149,' Twelve Mile Creek S-294, Kinley Creek S-260, South Carolina Department of Health and Environmental Control
- 9- Parajuli. P.B., 2007, 'SWAT bacteria sub-model evaluation and application, Doctorial Dissertation', Kansas State University, Department of Biological and Agricultural Engineering
- 10- Yujun Yi, Caihong Tang, Zhifeng Yang, Shanghong Zhang and Cheng Zhang, "A One-Dimensional Hydrodynamic and Water Quality Model for a Water Transfer Project with Multihydraulic Structures." Mathematical Problems in Engineering, Volume 2017, Article ID 2656191.

مکانیزم شکست سیل‌بند، تقویت سیل‌بند و تأثیرات شکست سیل‌بند بر سازه

غلامرضا شمس^{۱*}، علی رحیمیان^۲^{۱*} استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، ^۲ دانشجوی ارشد آب و سازه های هیدرولیکی دانشگاه شهرکرد^{۱*} g.shams@sku.ac.ir

چکیده

سیل‌بندها دارای مزایای بسیاری برای جوامع بشری می‌باشند اما سیلاب ناشی از شکست آن‌ها می‌تواند خسارات جانی و مالی بسیار زیادی را به بار آورد. لذا بررسی عوامل و مکانیزم‌های مختلف شکست سیل‌بند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مهم‌ترین مکانیزم‌های مختلف شکست سیل‌بند فرسایش خارجی، فرسایش داخلی، ناپایداری شیروانی و مشکلات شکست سازه‌ای می‌باشند. در این مطالعه به بررسی مکانیزم‌های با بیشترین تأثیر بر شکست سیل‌بندها پرداخته می‌شود. دو مورد از رایج‌ترین عوامل شکست سیل‌بند، پدیده نشست و لغزش شیروانی می‌باشد. پدیده نشست دارای فاکتورهای اساسی طول نشست، عمق نشست و بیشینه خروجی می‌باشد که این فاکتورها با بررسی تجربی بیش از ۱۰۰۰ سیل‌بند پیش‌بینی شده‌اند. با هدف جلوگیری از نشست، به خاک سیل‌بندها الیاف اضافه شد تا شرایط نشست در سیل‌بندها بررسی شود. بعد از شکسته شدن سیل‌بند برای بررسی تأثیر روند عبور جریان سیلاب از مناطق شهری، یک مدل ساخته شده است تا تأثیر خانه‌ها بر روند پیشروی سیلاب مشخص شود.

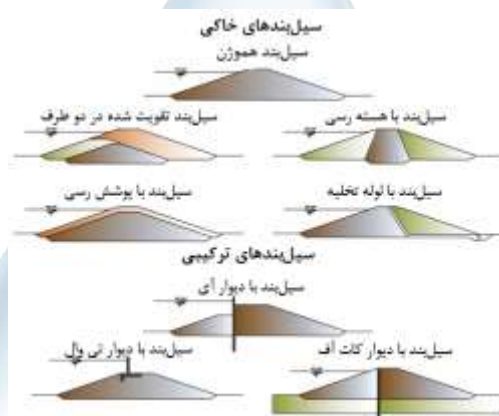
واژگان کلیدی: سیل‌بند، مکانیزم فرسایش، تقویت سیل‌بند

۱- مقدمه

با توجه به نیاز مبرم به آب، اکثر شهرها در نزدیکی منابع آب مثل دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و ... قرار گرفته‌اند. فجاج طبیعی ناشی از سیلاب اغلب تهدیدی برای افراد و تجهیزات محسوب می‌شود. از این رو، کنترل سیلاب تبدیل به موضوعی مهم در عمران و محیط زیست شده است [1]. تعداد افرادی که در سال ۲۰۱۰ در معرض سیلاب قرار دارند حدود ۲۷۱ میلیون نفر می‌باشند که تا سال ۲۰۵۰ به ۳۴۵ میلیون نفر افزایش می‌یابند؛ تا سال ۲۱۰۰ حدود ۱۰۰ میلیون نفر در سال سیلاب‌های ناشی از افزایش سطح دریا را تجربه می‌کنند. به وسیله سیل‌بندها این عدد با ضریب ۴۶۱ کاهش پیدا کرده است [2]. سیلاب در رودخانه‌ها زمانی ایجاد می‌شود که بارش‌های شدید در مدت زمان کوتاهی رخ دهند. همچنین می‌تواند در اثر بارش‌های بسیار طولانی به وقوع بپیوندد [1]. ساختن مخازن ذخیره آب تبدیل به بهترین روش برای کنترل سیلاب شده‌اند؛ علاوه بر کنترل سیلاب، این مخازن با هدف ذخیره آب برای شرب و کشاورزی، تولید برق آبی و ایجاد منطقه گردشگری ساخته می‌شوند. عوامل مختلفی باعث شکست سیل‌بند می‌شود که می‌توان به روگذری^۱، رگاب^۲، نشست داخلی^۳، لغزش، شکاف،

^۱Overtopping^۲Piping^۳Swprate

واژگونی و زلزله اشاره کرد [3]. یکی دیگر از دلایل مهم شکست سیل بند طولانی شدن مدت غوطه‌وری سیل بند در سیلاب در فصل بارش است. کل، مطالعه روی نشست سیل بندها بر دو اصل جریان یکنواخت^۱ و جریان ناپایدار^۲ استوار است. در مثال‌ها یک هد فشار بحرانی در نظر گرفته شده است که نباید از این حد تجاوز کرد تا سیل بند دچار شکست ناشی از رگاب نشود. اساکا^۳ و کادوکت^۴ (۱۹۹۲) دریافتند که هد فشار در ماسه با چگالی متوسط، تقریباً سه برابر ماسه سست است. اوجها^۵ و همکاران (۲۰۰۳) یک مدل هد بحرانی را به صورت تجربی ارائه کردند. بنمرک^۶ و همکاران (۲۰۰۵) شرایط نشست بر اساس التهاب یا سنگین شدن خاک پشت سیل بند را شناسایی کردند. فونتانا^۷ (۲۰۰۸) بر روی هد هیدرولیکی بحرانی در مواقع شکست سازه‌های آبی تحقیق کرده و ضریب ایمنی در برابر جابجایی خاک پشت سیل بند را به دست آورد. گریگورتی^۸ و همکاران (۲۰۱۰) کم‌ترین سطح جریان بالایی رودخانه برای بارگذاری مخازن که موجب لغزش جناح سیل بند می‌شود را تعریف کرد. [4]. دانکا^۹ و همکاران در سال ۲۰۱۵، چند رابطه جهت تخمین طول، عمق و اوج خروجی نشست ارائه شده است [5].



شکل ۱: طبقه بندی سیل بندها [4].

طبقه بندی سیل بندها در دو مدل اصلی سیل بندهای خاکی و ترکیبی خلاصه می‌شود که در شکل زیر نشان داده شده است. سیل بند خاکی فقط با استفاده از خاک و موادی برای نگهداری آب ساخته می‌شود. دو مدل مختلف از سیل بند خاکی وجود دارد که می‌توان به عنوان سیل بند هموزن و ناحیه‌ای از آن‌ها نام برد. سیل بندهای هموزن در مناطق دارای ذرات ریز که نفوذپذیری پایین و مقاومت بالا در برابر سایش دارند استفاده می‌شود و سیل بند ناحیه‌ای زمانی استفاده می‌شود که خاک ریز دانه وجود نداشته باشد، این مدل سیل بند سازی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. دو مدل از این سیل بندها معمول ترند، اولی مدلی که با هسته نفوذناپذیر و دور آن با مواد دیگر پر می‌شود و دومی مدلی که یک پوشش نفوذناپذیر روی کپه‌ای از خاک قرار می‌گیرد. سیل بندهای ترکیبی شامل سازه‌های تقویت کننده مانند تی وال، آی وال، ماسونری وال، کات اف وال،

^۱Steady flow
^۲Transient flow
^۳Asaoka
^۴Kodaka
^۵Ojha
^۶Benmebarek
^۷Fontana
^۸Gregorette
^۹Danka
^{۱۰}T-wall
^{۱۱}I-wall

ورودی، سرریز و لوله‌های تخلیه می‌باشد. لایه بندی معمول آن در شکل ۱ آورده شده است. تی وال یا آی وال می‌توانند تاج سیل‌بند را بالاتر ببرند و همچنین احتمال سر ریز آب را کاهش می‌دهند. با استفاده از این دیوارها می‌توان قطر سیل‌بند را کمتر از سیل‌بندهای خاکی در نظر گرفت. کاربرد ساختارهای نگهدارنده در طرفی که آب وجود دارد می‌تواند سیل‌بندها را به خوبی در مقابل فرسایش مقاوم کند. دیوار کات اف برای جلوگیری از نشت استفاده می‌شود [5].

۲- مکانیزم‌های با بیش‌ترین تأثیر

بیشترین شکست گزارش شده در چهار گروه فرسایش خارجی، فرسایش داخلی، ناپایداری شیروانی و مشکلات شکست سازه‌ای تقسیم بندی می‌شوند. مدل اول فرسایش خارجی زمانی رخ می‌دهد که تاج سیل‌بند تا ارتفاع کافی نیست و سیلاب از روی سیل‌بند سرریز می‌شود. زمانی که سیلاب از روی سیل‌بند سرریز می‌شود، مواد تشکیل دهنده سیل‌بند به آرامی از بین می‌روند. این فرآیند توسط شرایط هیدرولیکی و مواد تشکیل دهنده سیل‌بند کنترل می‌شود. ویسر^۳ (۱۹۹۸) مرحله‌های نشت را در یک سیل‌بند ماسه‌ای شناسایی و یک مدل ریاضی برای تشریح پیشرفت نشت در هنگام سر ریز شدن سیل‌بند ارائه کرد. ژو^۴ (۲۰۰۶) از تنش برشی برای شبیه سازی فرسایش سیل‌بند استفاده کرده و نشت سیل‌بند رسی را شبیه سازی کرده است (شکل ۲-الف) [5]. مدل دوم فرسایش زمانی ایجاد می‌شود که جریان با سرعت بالا یا فعالیت موج در پشت سیل‌بند وجود داشته باشد. اگر مساحت سطح مقطع کاهش یابد، ممکن است شکست برشی پدیدار شود یا اگر شیب خارجی زیاد شود، ممکن است پایداری از بین برود. فرآیند فرسایش می‌تواند با مقاومت فرسایشی مواد سازنده سیل‌بند و دینامیک موج کنترل شود؛ که با وضعیت آب و هوایی و هندسه سیل‌بند رابطه مستقیم دارد (شکل ۲-الف). سایش داخلی زمانی رخ می‌دهد که انرژی رسوخ آب از روی سیل‌بند یا زیر سیل‌بند به مقداری باشد که ذرات را از ماتریس خاک داخل سیل‌بند جدا کند؛ که باعث افزایش نفوذپذیری و زایل شدن ساختار خاک می‌شود. مکانیسم های ۴ گانه فرسایش نشت متمرکز، فرسایش برگشتی، فرسایش تماسی و اشباع شدن خاک را می‌توان در این فرسایش مشاهده کرد (شکل ۲-ب). ناپایداری شیروانی سیل‌بند نیز می‌تواند باعث نشت سیل‌بند شود. نیروهای نفوذی و کاهش در مقاومت برشی مواد تشکیل دهنده سیل‌بند باید تحت شرایط سیلاب بررسی شوند (شکل ۲-پ).



شکل ۲: مکانیزم‌های شکست سیل‌بند: الف) فرسایش خارجی ب) فرسایش داخلی پ) ناپایداری شیروانی [2].

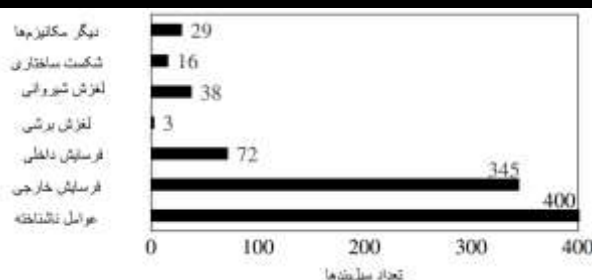
مکانیسم‌های شکست نمونه‌های بررسی شده در شکل ۳ آورده شده است. مکانیسم شکست مشاهده شده به صورت فرسایش خارجی (۰/۶۸/۶٪)، فرسایش داخلی (۰/۱۴/۳٪)، ناپایداری شیروانی (۰/۳/۲٪)، لغزش افقی (۰/۰/۶٪) و مکانیسم‌های دیگر (۵/۱/۸٪) می‌باشد [5].

^۱Masonry wall

^۲Cutoff wall

^۳Visser

^۴Zhu



شکل ۳: آمار مکانیزمهای شکست مشاهده شده [5].

۳- بحث

طول نشست سیل‌بند خاکی عموماً بلندتر از عمق آن است، طبق مطالعات آزمایشگاهی شیب این شکاف‌ها نزدیک به عمود است. بنابراین این شکاف تقریباً کانالی مستطیلی است. در اینجا پارامترهای شکاف به صورت طول شکاف، عمق شکاف و بیشترین مقدار تخلیه در نظر گرفته شده‌اند. اطلاعات مربوط به بیشترین مقدار تخلیه محدود است و فقط در چند نمونه خاص موجود است. متغیرات کنترلی با استفاده از یک مطالعه‌ی فیزیکی فرآیند ایجاد شکاف و در دسترس بودن اطلاعات انتخاب شده‌اند. از ۵ متغیر کنترلی برای تحلیل رگرسیونی استفاده شده است: ارتفاع و عرض سیل‌بند به عنوان متغیرهای کنترلی و مکانیزم شکست، نوع سیل‌بند و مواد سیل‌بند به عنوان متغیرهای شاخص در نظر گرفته شده‌اند [5]. در نهایت طول نشست، عمق نشست و اوج خروجی توسط روابط زیر تخمین زده می‌شوند.

$$L = 0.08 \frac{w^{3.06} e^m}{h^{2.11} e^t} \quad \text{رابطه ۱}$$

L طول نشست، w عرض سیل‌بند، h ارتفاع سیل‌بند، m ضریب ماده (برای خاک‌های درشت‌دانه ۰/۳۸، برای خاک‌های ریزدانه ۰/۴۲ و برای خاک‌های آلی ۰/۳۵) و t ضریب نوع سیل‌بند (برای سیل‌بند ترکیبی ۰/۹۴ و برای سیل‌بند خاکی ۰) می‌باشد.

$$D = 0.91 h^{1.02} e^f \quad \text{رابطه ۲}$$

f نشان دهنده‌ی مکانیزم شکست (برای روگذری ۰/۷۴، برای رگاب ۱/۲۱، برای لغزش شیروانی یا لغزش افقی ۰/۸۱ و برای دیگر مکانیزم‌های لغزش ۱/۱۵) می‌باشد.

$$Q_{peak} = 2.55 \frac{h^{1.14} w^{0.58} e^m}{e^t} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$Q_{peak} = 4.15 \frac{h^{1.67} e^m}{e^t} \quad \text{رابطه ۴}$$

در رابطه ۳، m ضریب مواد می‌باشد که به ترتیب برای خاک‌های درشت‌دانه، خاک‌های دانه ریز و خاک‌های آلی ۲/۸۴، ۲/۶۰ و ۱/۴۷ می‌باشد. پارامتر t نشان دهنده‌ی نوع سیل‌بند (برای سیل‌بندهای ترکیبی ۰/۹ و سیل‌بندهای خاکی ۰) می‌باشد. در رابطه ۴، m برای خاک‌های درشت‌دانه، خاک‌های ریز دانه و خاک‌های آلی به ترتیب ۳/۴۷، ۳/۲۰ و ۲/۰۱ می‌باشد. پارامتر t برای سیل‌بندهای ترکیبی ۱ و برای سیل‌بندهای خاکی ۰ می‌باشد [5].

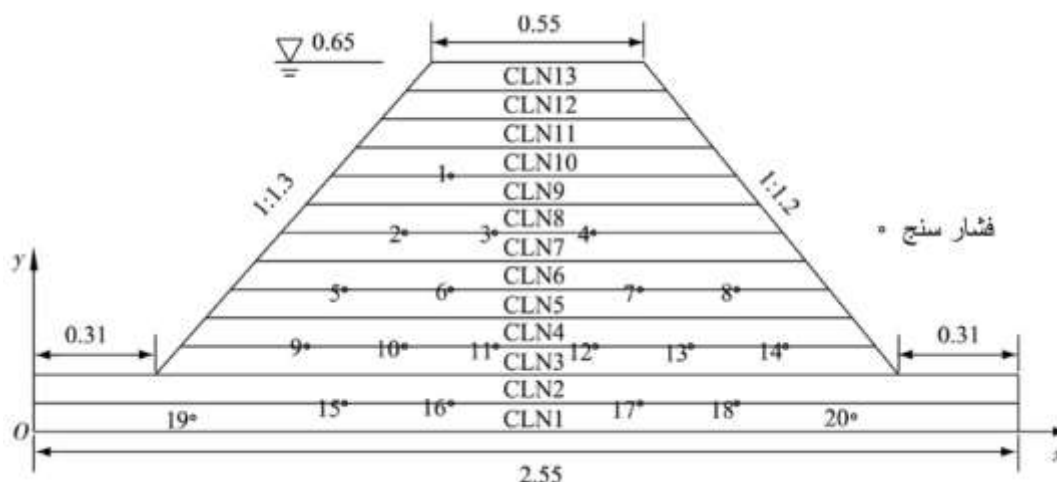
همانطور که گفته شد نشست و لغزش شیروانی از رایج‌ترین و خطرناک‌ترین مکانیزم‌های شکست سیل‌بند می‌باشند. یک روش تلفیقی که از ترکیب شاخص مشخص (ضریب ایمنی) با شاخص نامشخص (قابلیت اطمینان) ارائه شده است تا نفوذ و ضریب پایداری سیل‌بند مهندسی را ارزیابی کنند. روش تعیین دینامیکی که در آن فاکتور ایمنی و سطح خطرناک آب در مهندسی سیل‌بند توسعه داده شده است. به عنوان نمونه از اطلاعات یک سیل‌بند واقعی استفاده شده است. نشست و پایداری شیروانی آن تجزیه و تحلیل شده است. نتایج ارزیابی جامع و عینی در مورد وضعیت ایمنی سرویس و روند توسعه به دست

آمده است. تعریف آستانه سطح خطرناک آب که می‌تواند امنیت سرویس را در مهندسی سیل‌بند تامین کند؛ می‌تواند در مدیریت و مهندسی سیل‌بند مفید باشد. نتایج حاصل از این روش تلفیقی در زیر آورده شده است [6].

با تجزیه و تحلیل مقایسه ای برای نتایج ارزیابی مبتنی بر شاخص‌های مختلف بر روی ایمنی نشت و پایداری مهندسی سیل‌بند، نشان داده شده است که ضریب ایمنی متوسط نسبتا بالا است. ضریب ایمنی متوسط می‌تواند به عنوان ضریب مرجع در نظر گرفته شود؛ و تعیین زمان شکست سیل‌بند با محاسبه احتمالات نشت سیل‌بند، چه با روش تلفیقی و چه با روش‌های قدیمی مشکل است. ویژگی‌های آماری پارامترهای مواد سیل‌بند می‌تواند به صورت جامع بازتاب شود. از اینرو، ارزیابی روش دوگانه جدید قابل اطمینان‌تر است. تعیین آستانه خطرناک سطح آب نه تنها پروژه بلکه امنیت هزینه پرداخت شده را نیز فراهم می‌کند.

در روش ارزیابی تلفیقی که بر اساس معیار دینامیکی است، تنها مشخصات توزیع و تغییرات چسبندگی و زاویه داخلی بر حسب زمان در نظر گرفته شده است. در یک سیستم ایده‌آل، سیکل‌های تر و خشک شدن در یک سال نیز باید در نظر گرفته شود. قطعا نیاز به تحقیقات بیشتر در آینده احساس می‌شود تا ضریب امنیت در مهندسی سیل‌بندها به بهترین سطح خود برسد [6].

در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۵، لو و همکاران یک سیل‌بند خاکی را جهت بررسی تأثیر غوطه‌وری طولانی مدت در سیلاب بر مکانیزم شکست سیل‌بند خاکی را مدل کردند. آزمایش درون یک ناودانی شیشه‌ای به طول ۳/۷۵ متر، عرض ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۸ متر انجام شد. جریان بالایی آب از درون یک مخزن آب به همراه یک صفحه مشبک برای جلوگیری از ایجاد جریان غیریکنواخت و ایجاد یک جریان یکنواخت وارد نمونه شد. یک نمودار شماتیک از سیستم در شکل ۵ نشان داده شده است. سیل‌بند خاکی مدل شده در این آزمایش از ۱۳ لایه فشرده شده که ضخامت هر لایه ۰/۰۵ متر است تشکیل شده است. لایه اول از ماسه و لایه‌های بعدی از خاک رس تشکیل شده است؛ این دو مدل خاک برای ساخت سیل‌بند خاکی در چین استفاده می‌شود. شیب داخلی بالادست سیل‌بند و پایین دست سیل‌بند به ترتیب ۱/۳:۱ و ۱/۲:۱ است. ۲۰ نقطه برای مانیتور کردن مقدار فشار اعمالی در کل زمان آزمایش در نظر گرفته شد.



شکل ۴: شمای کلی مدل ساخته شده (واحدها به متر می‌باشند) [4]

این آزمایش اساسا شامل ۶ مرحله آماده سازی و فشرده سازی مواد، قرار دادن فشار سنج‌ها، تخلیه هوا از سوراخ‌های فشارسنج‌ها، کالیبره کردن فشارسنج‌ها و مانیتورینگ نشت از سیل‌بند خاکی، بالا رفتن سریع سطح آب در بالا دست سیل‌بند، ثابت نگه داشتن سطح آب در بالادست سیل‌بند و طولانی کردن سیلاب برای شبیه سازی فشارهای وارده بر سیل‌بند می‌باشد.

نشت سیل‌بند در این آزمایش شکست را می‌توان ناشی از فشار زیاد رو به بالا در سطح مشترک بین لایه بالایی و لایه زیرین آن، فشار زیاد وارد شده ناشی از افزایش سریع سطح آب و کاهش مقاومت برشی دانست [4].

برای جلوگیری از نشت، تمهیداتی انجام شده است که از جمله این تمهیدات، اضافه کردن الیاف به سیل‌بند می‌باشد. با هدف بررسی تأثیر این الیاف بر نشت، یک سری آزمایش بر روی خاک‌های تقویت شده با الیاف و تقویت نشده انجام شد که نتایج به صورت زیر می‌باشد [7].

حالت شکست نمونه‌های تقویت شده دارای سبک شکست همسانگرد می‌باشد. با افزایش الیاف، گرادیان هیدرولیکی بحرانی خاک افزایش و هدایت هیدرولیکی خاک، کاهش می‌یابد. نتایج آزمایشگاهی همچنین نشان داد که تلفیق الیاف باعث افزایش مقاومت در برابر رگاب و فرسایش می‌شود که دلیل آن مسدود کردن شکاف‌ها توسط الیاف است. نتایج تست از عان داشتند که خاک تقویت شده با الیاف با درصد بالا و طول کوتاه و سنگین، نقش بهتری در افزایش مقاومت در برابر نشت و کاهش سرعت نشت دارد. یک رابطه خطی منحصر به فرد بین مقاومت برشی و گرادیان هیدرولیکی بحرانی وجود دارد که نشان دهنده بهبود قدرت برشی خاک با استفاده از الیاف، و مقاومت بیشتر در برابر رگاب است [7].

در مطالعه‌ای دیگر در سال ۲۰۱۸ لیو^۱ و همکاران با هدف بررسی روند جریان آب از درون خانه‌ها یک مدل فیزیکی را ایجاد کردند تا تأثیر موج‌های حاصل از سیلاب را بر مناطق شهری بررسی کنند. در این مطالعه ابتدا یک مدل فیزیکی ساخته شد تا فرآیند جریان آب را درون و اطراف یک خانه بررسی کنند. مشخصات و جزئیات سطح آب بررسی شد و در نهایت تأثیر فشار بر اطراف خانه و درها و همچنین سرعت سیلاب اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، از این مدل برای مقایسه نیروهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی استفاده شد [8].

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت سیل‌بندها و عواقب شکسته شدن آن‌ها، نیاز است که ابتدا مکانیزم‌های مختلف شکست سیل‌بندها را بدانیم و تمهیداتی برای جلوگیری از شکست آن‌ها انجام بدهیم. نتایج حاصل از این تحقیق در زیر آورده شده است. دو مکانیزم نشت و لغزش شیروانی از رایج‌ترین مکانیزم‌های شکست سد می‌باشند. طول نشت در خاک‌های ریز دانه بیشتر از خاک‌های درشت دانه می‌باشند. استفاده از روش تلفیقی که از ترکیب شاخص مشخص (ضریب ایمنی) با شاخص نامشخص (قابلیت اطمینان) است سطح اطمینان بالایی در محاسبه نفوذ و ضریب پایداری سیل‌بند دارد. غوطه‌ور شدن سیل‌بند در سیلاب باعث کاهش مقاومت برشی سیلاب می‌شود. استفاده از الیاف در سیل‌بند باعث افزایش مقاومت آن می‌شود و همچنین نرخ نفوذ آب در سیل‌بند کاهش می‌یابد. وجود ساختمان‌ها در مسیر سیلاب باعث کاهش شدت جریان آب می‌شود؛ جهت این ساختمان‌ها نیز بر سرعت ایجاد شده حاصل از نیروی سیلاب تأثیرگذار می‌باشد. حداکثر نیرو زمانی رخ می‌دهد که زاویه بین جهت موج سیلاب و جلوی خانه طبیعی بود. با کاهش زاویه، نیرو نیز کاهش می‌یابد.

۵- منابع

- [1] K. Choudhari, B. Panigrahi, and J. C. Paul, "Simulation of rainfall-runoff process using HEC-HMS model for Balijore," vol. 5, no. 2, pp. 253–265, 2014.
- [2] R. Marijnissen, M. Kok, C. Kroeze, and J. Van Loon-steensma, "Re-evaluating safety risks of multifunctional dikes with a probabilistic risk framework," pp. 737–756, 2019.
- [3] D. De Wrachien, *Dam-break problems, solutions and case studies*. WIT press, 2009.
- [4] Y. Luo, C. Zhang, M. Nie, M. Zhan, and J. Sheng, "An experimental study on embankment failure induced by prolonged immersion in floodwater," *Water Sci. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 81–86, 2016.
- [5] J. Danka, L. M. Zhang, and F. Asce, "Dike Failure Mechanisms and Breaching Parameters Database of Past Dike Breaching Cases."
- [6] H. Su, B. Ou, Z. Fang, and J. Gao, "Dual criterion-based dynamic evaluation approach for dike safety," pp. 1–17, 2018.



- [7] K. Yang, W. M. Adilehou, S. Jian, and B. Hsiung, "Experimental Study of Fiber-Reinforced Sand Subject to Seepage," vol. 1, 2018.
- [8] L. Liu *et al.*, "Building performance in dam-break flow – an experimental study Building performance in dam-break flow – an experimental study," *Urban Water J.*, vol. 9006, pp. 1–8, 2018.



مدل سازی سرریز جانبی غیر خطی در کانال فرعی با استفاده از نرم افزار FLOW3D

غلامرضا شمس^{۱*}، علی رحیمیان^۲^۱ استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهرکرد، ^۲ دانشجوی ارشد آب و سازه های هیدرولیکی دانشگاه شهرکرد*^۱.g.shams@sku.ac.ir

چکیده

سرریز جانبی یکی از سازه های مهم هیدرولیکی می باشد که با اهداف مشخص در سیستم های آبرسانی مورد استفاده قرار می گیرد. سرریزهای جانبی غیر خطی یک نمونه از سرریزهایی می باشد که در افزایش بازدهی آبرسانی کمک می کند، اینگونه سرریزها با زوایای مختلف می باشد که این تغییر زاویه نسبت به امتداد کانال اصلی می باشد. مزیت این نوع سرریز، انتقال جریان به کانال جانبی با آشفستگی و دبی متغییر نسبت به نیاز می باشد. در این تحقیق به منظور تخمین مناسب ضریب تخلیه سرریزهای جانبی غیرخطی در کانال فرعی، الگوی هیدرولیک جریان در محل این گونه سرریزها با سرریز جانبی یکی از سازه های مهم هیدرولیکی است که با اهداف خاصی در سیستمهای انتقال آب و فاضلاب به کار گرفته میشود. در این تحقیق به منظور تخمین مناسب ضریب تخلیه سرریزهای جانبی غیر خطی، الگوی هیدرولیک جریان در محل این گونه سرریزها با استفاده از نرم افزار FLOW-3D شبیه سازی شده است. صحت سنجی مدل ریاضی، از داده های آزمایشگاهی Ahmed Y. Mohammed, 2013 استفاده شده است.

واژگان کلیدی: سازه هیدرولیکی، سرریزهای جانبی غیرخطی، کانال های روباز، شبیه سازی جریان

۱- مقدمه

در این مقاله، مفهوم جایگزین ضریب تخلیه اولیه در طول سرریز جانبی طولی با استفاده از یک سرریز مایل بررسی شده است. پنج زاویه (۹۰ و ۷۵ و ۶۰ و ۴۵ و ۳۰) درجه در جهت جریان (متمایل به سمت چپ) با توجه به دیواره کانال شاخه بررسی شدند. حل عددی دو معادله دیفرانسیل معمولی برای دبی و عمق جریان با برنامه با استفاده از روش اویلر حل شده و با مقادیر تجربی مقایسه شده است. نتایج به امکان ارتباط پروفیل سطح آب (W.S.P)، عمق آب، و دبی جریان به صورت عددی و همچنین امکان افزایش دبی جریان عبوری از طریق کانال انشعاب توسط نصب سرریزهای جانبی مایل اشاره دارد. بنابراین دبی جریان را می توان با زاویه سرریزهای جانبی افزایش داد مکانیک سیالات محاسباتی به عنوان یکی از علوم مهندسی نوین به بررسی عددی رفتار سیال می پردازد که در کنار روش های آزمایشگاهی و تجربی، یک ابزار مناسب و کارآمد جهت مطالعه و بررسی پدیده های موجود در زمینه سیالات می باشد. مدل های ریاضی شبیه سازی جریان سیال در مقایسه با روش های آزمایشگاهی دارای چند مزیت عمده هستند که از مهمترین آن ها می توان به افزایش سرعت شبیه سازی جریان برای حالت های مختلف و کاهش زمان مورد نیاز، افزایش توان مطالعه سیستم های پیچیده بامدل آزمایشگاهی غیرممکن و یا مشکل، مقرون به صرفه بودن و کاهش اساسی هزینه های ساخت مدل و دقت و جزئیات بیشتر در ارائه نتایج اشاره نمود. البته استفاده از مدل های ریاضی دارای مسائل و مشکلاتی نیز می باشد که با انتخاب معادلات حاکم و روش های شبیه سازی مناسب و صحت-

سنجی مدل، نتایج حل عددی قابل اعتماد خواهد بود. در این مقاله سعی شده تا تأثیرات تغییر زاویه جزئی در سرریزهای جانبی غیر خطی ی به کمک شبیه سازی با نرم افزار flow 3d مورد بررسی قرار گیرد.

۱- معادلات حاکم بر جریان سیال

اولین فعالیت در شبیه سازی جریان، شناسایی معادلات حاکم بر این پدیده است. اصول تمام روش های حل عددی برای مدل سازی، حل معادلات جریان شامل معادله پیوستگی و سه معادله مومنوم در جهت محورهای سه گانه مختصات که به معادلات ناویر استوکس معروفند، می باشد. در این بخش از مقاله حاضر سعی می شود این معادلات بصورت کلی بیان شود.

۱-۱ معادلات حرکت ناویر استوکس

در روش های عددی به منظور شبیه سازی کامل خواص جریان سیال سه بعدی در هر نقطه از جریان، بایستی معادلات حرکت ناویر استوکس را در هر سه راستای مختصاتی حل نمود. این معادلات بیان کننده تغییرات سرعت و فشار در داخل میدان جریان سیال می باشند.

در حالت کلی معادلات حرکت برای یک جریان غیر لزج (فاقد اصطکاک) بصورت زیر بیان می شود:

$$\rho \frac{Du_i}{Dt} = \rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + B_i \quad (1-1)$$

که در آن u_i بیانگر سرعت در جهت مختصاتی x_i ، u_j سرعت در جهت مختصاتی x_j ، p فشار سیال (که همواره به صورت عمود بر روی سطوح حجم کنترل و رو به سمت داخل آن می باشد) و B_i بیان کننده اندازه نیروهای حجمی وارد بر المان در جهت مختصاتی x_i می باشند.

اگر معادله حرکت (۱-۱) برای جریان سیالات نیوتنی لزج بیان شود به معادله (۱-۲) می رسیم که به معادله ناویر استوکس معروف است:

$$\rho \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + B_i + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\xi \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right) \quad (1-2)$$

در معادله (۱-۲) μ بیانگر ویسکوزیته سیال، δ_{ij} دلتای کرونکر و ξ نیز بیانگر ضریب دوم ویسکوزیته می باشد. مقدار ξ برای گازهای تک اتمی برابر صفر بوده و برای سایر سیالات نیز دارای مقدار کوچکی می باشد و لذا می توان در محاسبات از آن صرف نظر کرد.

بنابراین برای یک سیال تراکم ناپذیر معادله ناویر استوکس بصورت زیر خواهد بود:

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\vec{\nabla} p + \vec{B} + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (1-3)$$

به عنوان مثال مولفه مرتب با راستای x از معادله ناویر استوکس برای یک سیال تراکم ناپذیر در دستگاه مختصات کارتزین به شکل معادله (۱-۴) بیان میگردد:

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + B_x + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (1-4)$$

با وجود تلاش های فراوان برای حل معادلات ناویر استوکس، به دلیل وجود مشکلات محاسباتی متعدد در حل مستقیم این معادلات، تقریباً تمام روش های تئوریک رایج در مدل سازی جریان همواره از یکی از روش های متوسط گیری استفاده می کنند

که از آن جمله می‌توان به متوسط گیری زمانی، متوسط گیری مکانی و همچنین به روش متوسط گیری مجموعه‌ای اشاره نمود.

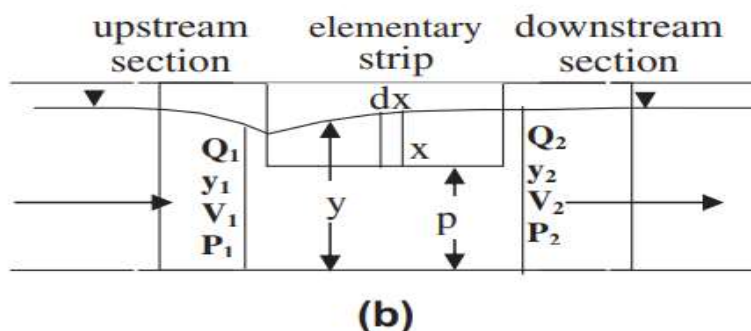
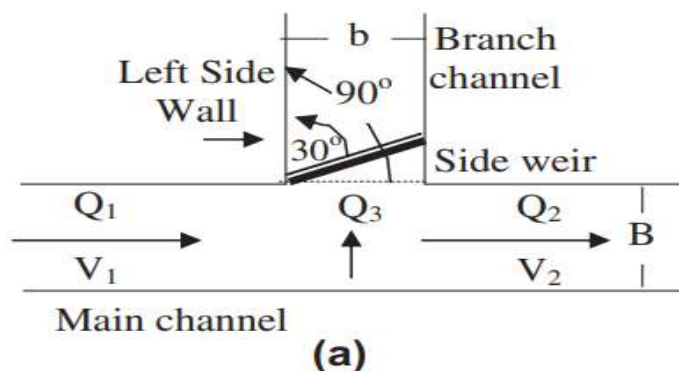
اولین شیوه‌ی متوسط گیری که در سال ۱۸۹۵ توسط رینولدز ارائه شد روش متوسط گیری زمانی است که تجربه نشان می‌دهد این روش برای مدل‌های آشفتگی ایستا (حالتی از جریان سیال که در آن خصوصیات فیزیکی جریان در حالت متوسط خود نسبت به زمان تغییر نمی‌نماید) مناسب بوده و روش متوسط گیری مکانی برای آشفتگی هموزن (جریانی که در آن در حالت متوسط در تمام جهات فضایی نوعی یکنواختی برقرار باشد) مناسب می‌باشد. در مطالعات آزمایشگاهی نیز رایج‌ترین روش متوسط گیری که دارای حداقل محدودیت هم می‌باشد متوسط گیری مجموعه‌ای است به طوری که در این روش، متوسط یک پارامتر در طی تمام آزمایش‌ها در همان نقطه‌ی مشخص و در همان زمان مشخص در نظر گرفته می‌شود [۶].

۲- مواد و روش‌ها

دینامیک سیالات محاسباتی با تبدیل معادلات دیفرانسیلی حاکم بر جریان (که در فصل سوم معرفی شدند) به معادلات جبری، امکان حل عددی آنها را فراهم می‌سازد. علی‌رغم وجود روش‌ها و الگوریتم‌های مختلف جهت حل عددی معادلات حاکم، تقریباً در تمامی روش‌ها با تقسیم ناحیه مورد نظر به المان‌های کوچکتر و اعمال شرایط مرزی برای گره‌های مرزی با در نظر گرفتن تقریب‌هایی، یک دستگاه معادلات خطی بدست می‌آید که با حل این معادلات جبری، میدان سرعت، فشار و سایر پارامترها بدست می‌آید. یکی از نرم‌افزارهای قدرتمند در زمینه مکانیک سیالات براساس روش حجم محدود نرم‌افزار Flow-3D است که تولید، توسعه و پشتیبانی آن توسط شرکت Flow Science Inc صورت گرفته است. این نرم‌افزار برای تحقیق و بررسی رفتار جریان در حالت‌های یک، دو و سه بعدی در محدوده کاربردی وسیعی طراحی شده است. نرم‌افزار Flow-3D شامل الگوی های فیزیکی مختلفی نظیر آب‌های کم عمق، لزجت، آشفتگی، کشش سطحی، کاپیتاسیون و محیط‌های متخلخل می‌باشد که از این مدل‌ها در زمینه‌هایی چون هیدرولیک، مهندسی محیط زیست، ریخته‌گری مواد، هوافضا، علوم دریایی و نفت و گاز استفاده می‌شود [۴].

۳- توصیف مدل مقایسه برای مدل سازی

سرریزهای جانبی به عنوان سازه‌های تنظیم آب، برای کنترل دبی و سطح آب در رودخانه‌ها و کانال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق مدل‌های سرریز جانبی غیر خطی در کانال فرعی مورد بررسی قرار گرفته شده است. شکل (۱-۱) شماتیکی از سرریز جانبی غیر خطی شبیه‌سازی شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱: پارامترهای سرریز جانبی غیرخطی مورد بررسی تحقیق حاضر [9]

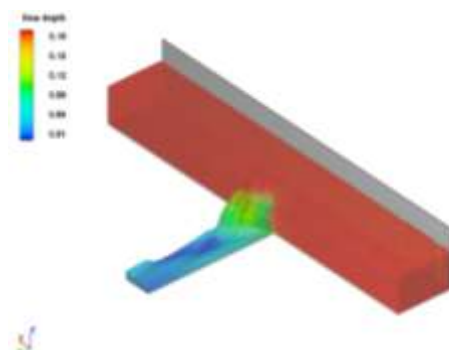
در این تحقیق سرریزهای جانبی در زاویه های مختلفی نسبت به راستای طولی کانال فرعی در آن مستقر شده و مورد بررسی قرار گرفته شده است. جدول (۱-۱) پارامترهای هیدرولیکی و هندسی سرریزهای جانبی شبیه سازی تحقیق حاضر را نشان می دهد.

جدول ۱-۱: پارامترهای هیدرولیکی و هندسی سرریزهای جانبی مورد بررسی شده در تحقیق حاضر [9]

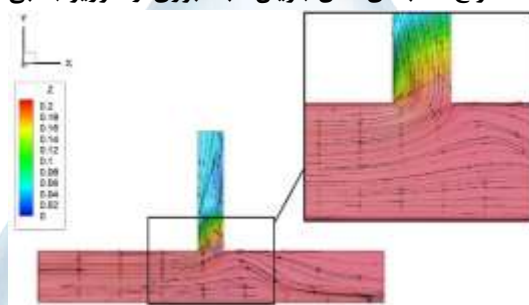
Angles with wall (θ) ^o	Crest height (P) cm	$F1$	Length of side weir (L) cm	$Q1$ (L/s)
90	12	0.110	15	7.278
90	12	0.151	15	11.676
90	12	0.183	15	15.660
75	12	0.116	15.5	7.686
75	12	0.156	15.5	12.152
75	12	0.184	15.5	15.922
60	12	0.124	17.32	8.312
60	12	0.160	17.32	12.635
60	12	0.186	17.32	16.185
45	12	0.129	21.2	8.738
45	12	0.165	21.2	13.124
45	12	0.187	21.2	16.449
30	12	0.134	30	9.171
30	12	0.169	30	13.619
30	12	0.185	30	16.449

۴- مشاهده ی نتایج

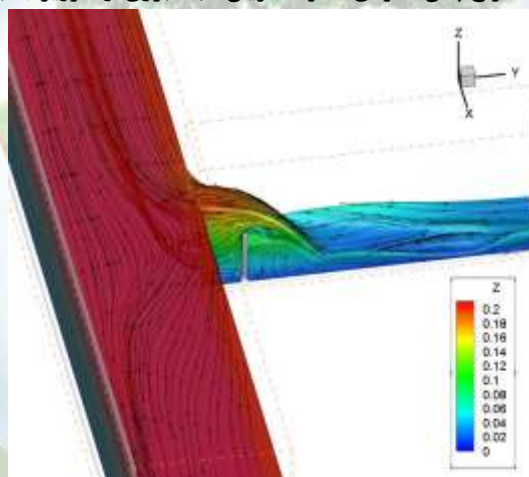
در این بخش به عنوان نمونه نحوه استخراج نتایج سه بعدی و متنی عمق جریان عبوری از مدل سرریز جانبی ۷۵ درجه برای دبی $Q=0.0121 \text{ m}^3/\text{s}$ را در تصاویر زیر نشان می‌دهد.



شکل ۱-۲: استخراج سه بعدی عمق جریان آب عبوری از سرریز جانبی ۷۵ درجه



شکل ۱-۳: استخراج پلان عمودی خطوط جریان آب عبوری از سرریز جانبی ۷۵ درجه



شکل ۱-۴: استخراج سه بعدی خطوط جریان آب از سرریز جانبی ۷۵ درجه

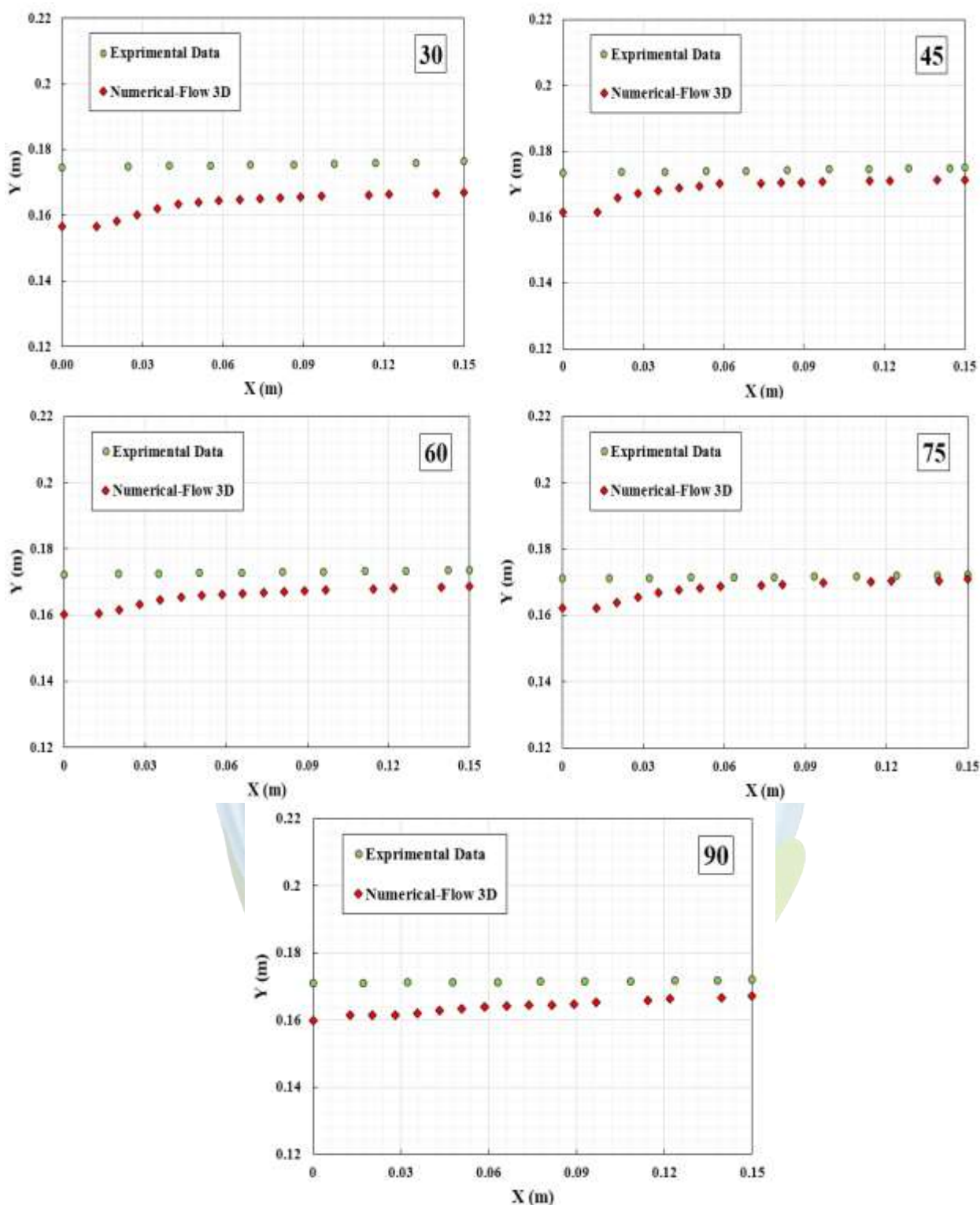
۵ - صحت سنجی نتایج عددی با نتایج آزمایشگاهی

یکی از راه‌های صحت‌سنجی و مقایسه نتایج و همچنین تعیین محدوده‌ی درصد خطا بین داده‌های حاصل از نرم‌افزار FLOW-3D با داده‌های آزمایشگاهی استفاده از رابطه‌ی (۱-۴۲) جهت تعیین خطای نسبی می‌باشد.

$$E = \frac{(Y)_{EXP} - (Y)_{NUM}}{(Y)_{EXP}} \quad (1-42)$$

در رابطه‌ی فوق E نشانگر درصد خطای نسبی، $(Y)_{EXP}$ مقدار عمق جریان اندازه‌گیری شده و $(Y)_{NUM}$ مقدار عمق جریان حاصل از حل عددی می‌باشد. در این تحقیق نتایج مربوط به پروفیل سطح جریان بدست آمده از نرم‌افزار FLOW-3D با نتایج

Mohammed, (2013) مقایسه و صحت‌سنجی شده است [۹]. شکل (۴-۱) پروفیل سطح جریان عبوری از سرریز جانبی برای تمامی زوایا بدست آمده از نتایج عددی و آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۵: مقایسه پروفیل سطح جریان عبوری از سرریز جانبی حاصل از نتایج عددی و آزمایشگاهی

همچنین درصد خطای نسبی نتایج حاصل از حل عددی و آزمایشگاهی در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

جدول ۱-۲: درصد خطای نسبی نتایج حاصل از عددی و آزمایشگاهی

θ	X (m)	Y (m) _{EXP}	Y (m) _{NUM}	E(%)
30	0.02	0.1748	0.1581	9.55
30	0.06	0.1755	0.1643	6.38
30	0.10	0.1756	0.1658	5.58
30	0.14	0.1761	0.1665	5.45
45	0.02	0.1736	0.1657	4.55
45	0.06	0.1740	0.1701	2.24
45	0.10	0.1744	0.1707	2.12
45	0.14	0.1748	0.1712	2.05
60	0.02	0.1725	0.1615	6.37
60	0.06	0.1728	0.1661	3.87
60	0.10	0.1730	0.1678	3.00
60	0.14	0.1736	0.1684	2.99
75	0.02	0.1711	0.1637	4.32
75	0.06	0.1714	0.1686	1.63
75	0.10	0.1718	0.1698	1.16
75	0.14	0.1720	0.1704	1.00
90	0.02	0.1710	0.1615	5.55
90	0.06	0.1713	0.1637	4.43
90	0.10	0.1716	0.1651	3.78
90	0.14	0.1717	0.1667	2.91

۶- نتیجه گیری

مقاله حاضر به بررسی مفهوم جایگزین ضریب تخلیه اولیه در طول سرریز جانبی در زوایای مختلف سرریز جانبی با توجه به دیواره کانال جانبی در جهت جریان (تمایل به سمت چپ) می پردازد با توجه به جدول فوق مشاهده می گردد که اختلاف بین نتایج عددی و آزمایشگاهی کمتر از ۱۰ درصد بوده و بیشتر و کمترین درصد خطای نسبی مربوط به سرریز جانبی با زاویه ۳۰ درجه و ۷۵ درجه و به ترتیب ۹/۵۵ و ۱ درصد می باشد. با این حال می توان نتیجه گرفت بین نتایج عددی و آزمایشگاهی تطابق قابل قبولی برقرار می باشد. بیشترین مقدار y در فاصله $x=0.14$ انتهای تاج سرریز در زوایای مختلف اتفاق می افتد و این نشان دهنده حجم آب خروجی با توجه به زاویه تاج سرریز می باشد و کمترین مقدار y در فاصله $x=0.02$ در ابتدای محل اتصال بدنه کانال اصلی متصل به کانال فرعی رخ می دهد. سرریزهای جانبی غیر خطی قدرت مانور زیادی در طراحی سرریز جانبی و مشخصات جریان خروجی از سرریز را به ما می دهد که به خوبی در این مقاله و به کمک نرم افزار FLOW3D مشاهده گردید.

۷- منابع

- ۱- صنیعی نژاد، م. (۱۳۸۸)، مبانی جریان های آشفته و مدل سازی آن ها. انتشارات دانش نگار، عضو انجمن فرهنگی ناشران کتاب دانشگاهی، تهران، ایران.
- ۲- قاسم زاده، ف.، کوچک زاده، ص. (۱۳۹۴)، شبیه سازی مسائل هیدرولیکی در FLOW-3D. انتشارات نشر نوآور. تهران. ایران.
- ۳- رودی، و. شاملو، ح. (۱۳۸۸)، مدل های آشفته گی و کاربرد آن در هیدرولیک. انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.
- ۴- هدایتی فر، م.، پورلک، م. (۱۳۹۳)، شبیه سازی دینامیک سیالات با FLOW-3D. انتشارات آتی نگر. تهران. ایران.
- ۵- ماروسی، م.، روشن، ر.، و سرکرده، ح. (۱۳۹۳)، تحلیل و طراحی با نرم افزار Flow-3D، انتشارات فدک ایستیس، چاپ اول، تهران، ایران.



- 6- K. Debnath, AK. Bhattacharya, B. Mahato, and A. Chakrabarti., (2008), Volume of Fluid Model For Numerical Simulation of Vegetated Flows. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 14(2), pp.72-87
- 7- V. Yakhot, SA. Orszag, S. Thangam, TB. Gatski, and CG. Speziale, (1992), Development of turbulence models for shear flows by a double expansion technique. Physics of Fluids A: Fluid Dynamics, 4(7), 1510-1520.
- 8- F.H. Harlow., and P.I. Nakayama, (1967), Turbulence Transport Equations, Phys. Fluids, 10, 2323-2423.
- 9- Mohammed, A. Y, (2015), Numerical analysis of flow over side weir. Journal of King Saud University-Engineering Sciences, 27(1), 37-42.



محصولات دارویی، نسل جدید آلاینده‌های پساب شهری (مطالعه موردی: آموکسی‌سیلین)

مأده کافی موسوی^{۱*}، روح اله میرزایی^۲

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان، آدانشیار محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان
(mkafimousavi@yahoo.com)^{۱*}

چکیده

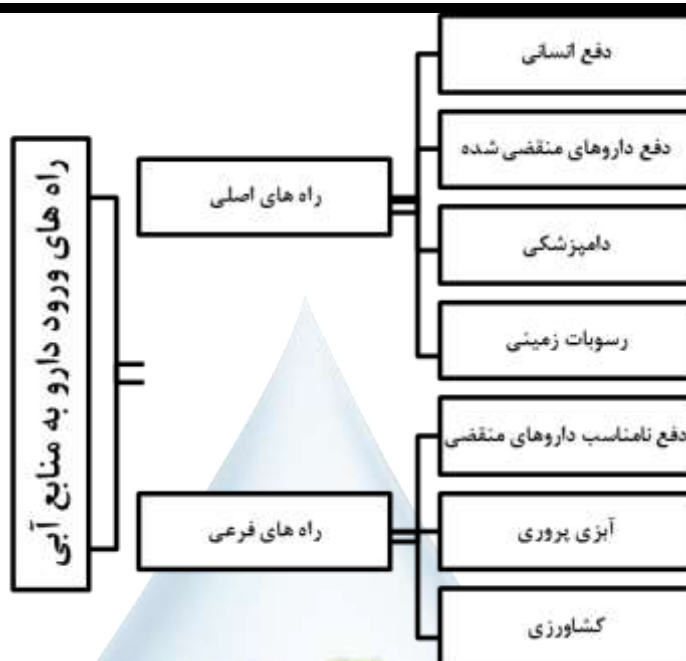
امروزه محصولات دارویی به ویژه آنتی‌بیوتیک‌ها به عنوان نسل جدیدی از آلاینده‌های فاضلاب شهری شناخته می‌شوند. این گروه از داروها، اگرچه بخش بزرگی از داروهای مصرفی بشر را برای بهبود سلامت انسان تشکیل می‌دهند ولی باقیمانده‌های آن از طرق مختلف وارد فاضلاب شهری شده و آلاینده محسوب می‌شوند. غلظت بسیار کم آنها در فاضلاب شهری، شناسایی و حذف آنها را از فاضلاب به مهم‌ترین چالش مواجهه به این آلاینده‌ها تبدیل کرده است. آموکسی‌سیلین یکی از پرمصرف‌ترین این آنتی‌بیوتیک‌ها در سراسر جهان است که به طور گسترده‌ای برای درمان عفونت باکتریایی در انسان و حیوانات استفاده می‌شود؛ از این رو، در این مقاله تلاش می‌شود تا با معرفی این دارو و ساختار شیمیایی آن، مسیرهای ورود به فاضلاب شهری، مشکلات زیست-محیطی آن، روش‌های تشخیص و نهایتاً روش‌های حذف آن از فاضلاب شهری مورد بررسی قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آموکسی‌سیلین، آلاینده، دارو، آنتی‌بیوتیک

۱- مقدمه

محصولات دارویی به طور عمده در قرن بیستم معرفی شده و میلیون‌ها تن در سال استفاده می‌شوند. افزایش دانش علمی، رشد جمعیت جهانی، افزایش امید به زندگی در کشورهای توسعه یافته و شیوه زندگی مدرن موجب افزایش مصرف داروها شده است. گروه‌های زیادی از داروها در پزشکی و دامپزشکی (برای مثال درمان حیوانات پرورشی، حیوانات خانگی و همچنین برای رشد و تکثیر) استفاده می‌شوند.

راه‌های اصلی ورود دارو به منابع آبی شامل دفع، دفع داروهای بلا استفاده یا منقضی شده از طریق تخلیه یا توالیت، استفاده در دامپزشکی، رسوبات زمینی، برای مثال، استفاده از لجن فاضلاب و یا استفاده از فاضلاب‌های تصفیه شده یا تصفیه نشده در کشاورزی، و داروهای تخلیه شده، به عنوان مثال، از طریق بیمارستان‌ها، خانوارها و صنایع دارویی می‌باشد (Rastogi, 2018). منابع اضافی آلودگی دارو شامل دفع نامناسب داروهای منقضی شده و فعالیت‌های کشاورزی و آبی-پروری، می‌باشد (de Franco, 2017). در شکل ۱ راه‌های ورود به منابع آبی نمایش داده شده است.



شکل ۱ راه های ورود دارو به منابع آبی

تسریکات دارویی با ورود به محیط زیست و منابع طبیعی، می توانند باعث ایجاد خطرات بالقوه برای ارگانیسم های آبی و خاکی شوند. حتی مقادیر جزئی آنتی بیوتیک ها ممکن است باعث ایجاد مقاومت در جمعیت های باکتری ها شده و در آینده نزدیک، آنتی بیوتیک ها را در درمان بیماری های مختلف بی اثر سازند (Homem, 2011). یکی از جنبه های مهم در ارتباط با حضور آنتی بیوتیک ها در محیط زیست، احتمال القای مقاومت در سویه های باکتریایی است (Homem, 2011). آنتی بیوتیک ها، به عنوان آلاینده های نوظهور، در مقادیر زیادی به علت سوء مصرف به محیط زیست آزاد می شوند و در آب های سطحی، آب های زیرزمینی و رسوب شناسایی شده اند. وجود باقی مانده های آنتی بیوتیک در محیط زیست باعث نگرانی شدید شده است زیرا آن ها تهدیدات بالقوه نامطلوب طولانی مدتی بر سلامت انسان و اکوسیستم طبیعی دارند. تقاضای روز افزون برای حذف آنتی بیوتیک ها از آب آلوده به منظور جلوگیری از خطر زیست محیطی وجود دارد (Zeng, 2019). به همین دلیل آنتی بیوتیک ها از اهمیت زیست محیطی بالایی برخوردارند.

۲- معرفی آنتی بیوتیک آموکسی سیلین

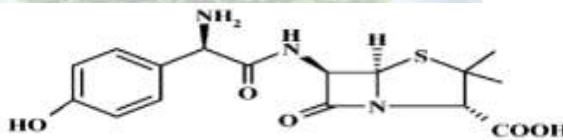
آنتی بیوتیک ها ترکیبات شیمیایی هستند که مانع رشد باکتری ها شده اکثر این مواد منشاء میکروبی دارند، اما ممکن است نیمه مصنوعی یا کاملا مصنوعی نیز باشند (Homem, 2011). آنتی بیوتیک ها براساس ساختار و مکانیزم عمل به گروه های بتالاکتام، ماکرولیدها، فلوروکینولون ها، تتراسایکلین ها و آمینوگلیکوزیدها تقسیم می شوند. بتالاکتام ها ۶۵٪ از کل بازار جهانی آنتی بیوتیک ها را به خود اختصاص داده اند (Aksu Demirezen, 2019). آنتی بیوتیک های این گروه شامل آمپی سیلین، آموکسی سیلین، مزلوسیلین، فلوکلوساسیلین و پیپراسیلین است (Githinji, 2011). در مقایسه با سایر آنتی بیوتیک ها آموکسی سیلین دارای بالاترین میزان مصرف دارو است، که به دلیل جذب دهانی آن است که برای درمان بسیاری از عفونت ها از جمله دهان و دندان، ذات الریه، پوست، گلو و عفونت های اداری کاربرد دارد. این آنتی بیوتیک در پزشکی و دامپزشکی به طور گسترده استفاده می شود (Rebitski, 2019). در بازار جهانی بیش از ۵۰ نام تجاری که از رایج ترین آن ها می توان به *Amoxil*، *Amoxipen*، *Amoxyn*، *Trimox*، *Bactox* اشاره کرد (Githinji, 2011).

۱-۲- ساختار شیمیایی آموکسی سیلین

آموکسی سیلین یک فرم شیمیایی اصلاح شده از آمپی سیلین و متعلق به گروه پنی سیلین است. آموکسی سیلین با فرمول شیمیایی $(C_{16}H_{19}N_3O_5S_3)$ دارای وزن ملکولی $365/4 \text{ gr/mol}$ و میزان حلالیت آن در آب 3430 mg/L می باشد (Hu, 2016). در جدول ۱ ویژگی های فیزیکی آن نشان داده شده است

فرمول ملکولی	$C_{16}H_{19}N_3O_5S_3$
شماره CAS	۷-۷۰-۱۳۳۶
وزن ملکولی (g/mol)	۳۶۵/۴
pK_a	۲/۴، ۷/۴، ۹/۶
چگالی (g/cm^3)	۱/۱۸۱ - ۱/۱۸۴
درصد خلوص	> ۹۸/۰
حلالیت در آب ($25^\circ C$) (gr/L)	۳

ساختار آموکسی سیلین دارای خواص آموتریک است که به دلیل سه گروه عملکردی از قبیل $COOH$ ($pK_{a1}=2/69$)، NH_2 ($pK_{a2}=7/49$)، OH ($pK_{a3}=9/63$) می باشد (Aksu Demirezen, 2019). در شکل ۲ ساختار ملکول آموکسی سیلین نشان داده شده است.



شکل ۲ ساختار آموکسی سیلین (Andreozzi, 2004)

۲-۲- اثرات زیست محیطی آموکسی سیلین بر محیط زیست

غلظت آموکسی سیلین در فاضلاب در محدوده بین ۲۸ و $82/7$ میلی گرم بر لیتر در بیمارستانی در آلمانی تشخیص داده شده است (Githinji, 2011). این ترکیب در میان مواد دارویی دارای کمترین متابولیسم است. به طوری که پس از مصرف آن حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد جذب بدن شده و ۸۰ تا ۹۰ درصد از طریق ادرار و مدفوع به صورت تغییر نیافته به محیط زیست تخلیه می شود (فضل زاده، ۱۳۹۵). این ترکیب در تصفیه خانه فاضلاب شهری در غلظت 13 mg/L در ایتالیا گزارش شده است (Trovó, 2011). در مطالعات انجام شده بر روی آموکسی سیلین غلظت های $ng L^{-1}$ تا $mg L^{-1}$ در فاضلاب های خانگی و فاضلاب های صنعتی گزارش شده است (Chaba, 2019). حدود ۳۰ تا ۹۰ درصد از دوز تجویز شده به بیمار می تواند در حالت غیر قابل تجزیه در بدن انسان یا حیوانات باقی مانده و به عنوان یک ترکیب فعال دفع شوند (یزدانبخش، ۱۳۹۴). با توجه به پایداری و ذخیره زیست محیطی در محیط، این آنتی بیوتیک ممکن است موجب اثرات سمی و تغییر تعادل طبیعی اکوسیستم ها شود (de Franco, 2017). به منظور حفاظت از محیط زیست به ویژه سلامت انسان و بهداشت آب مصرفی در برابر حضور آموکسی سیلین در آب به روش های استفاده شده به منظور حذف این آلاینده اشاره شده است.

۳-۲- روش های حذف آموکسی سیلین

روش های استفاده شده برای حذف آنتی بیوتیک ها از محیط آبی شامل روش های تصفیه برای اکسیداسیون شیمیایی، تجزیه بیولوژیکی و تصفیه فیزیکی است. روش های اکسیداسیون شیمیایی، تجزیه بیولوژیکی و تصفیه فیزیکی است. روش های

اکسیداسیون شیمیایی، فرآیندهای غشا، بیوفیلتریشن، ازن زنی و تکنیک‌های جذب عمدتاً برای حذف آنتی‌بیوتیک‌ها از پساب و محیط آبی استفاده شده است (Zhang, 2014; dai, 2016).

روش‌های بیولوژیکی دارای کارایی پایین برای حذف آنتی‌بیوتیک‌ها هستند. روش‌های اکسیداسیون شیمیایی اغلب آنتی-بیوتیک‌ها را به ملکول‌های کوچکتر می‌شکنند که باعث ایجاد مشکلات ثانویه می‌شود. روش‌های جذب، کاربردی، ساده، غیر سمی و با محصولات ثانویه ارزان ساخته می‌شوند (Jafari, 2018). چندین روش تصفیه برای حذف آنتی‌بیوتیک‌ها استفاده شده است از قبیل جذب، فرآیند اکسیداسیون پیشرفته (واکنش فنتون هتروژنوس، UV، uv/H_2O_2 ، $uv/H_2O_2/TiO_2$) (Dai, 2016)، تخریب زیستی، فیلتر غشایی و انعقاد، لختگی و رسوب استفاده شده است. مطالعات زیادی در مورد آنتی‌بیوتیک‌ها از پساب انجام شده است. که بیشترین جذب استفاده شده کربن فعال است (Kerkez, 2016).

۳- نتیجه‌گیری

آنتی‌بیوتیک‌ها به دلیل خاصیت پایداری و تجمع زیستی، برای انسان و محیط‌زیست بسیار خطرناک است. از بین آنتی-بیوتیک‌ها آموکسی‌سیلین به دلیل استفاده گسترده در پزشکی و دامپزشکی بسیار کاربردی است. غلظت این آنتی‌بیوتیک در فاضلاب‌ها بسیار کم است ولی به دلیل عدم رعایت دستورالعمل‌ها و استانداردها برای محصولات دارویی وقوع آن در زندگی آبریان پایدار است. منابع اصلی داروها عبارت‌اند از فاضلاب خانگی، فاضلاب بیمارستانی، صنعت داروسازی و پرورش حیوانات است. مسیر اصلی داروها به آب‌های سطحی، پساب‌های تصفیه شده از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب است. روش‌های حذف متفاوتی برای از بین بردن این آلاینده از محیط آبی وجود دارد که بهترین، کارآمدترین اقتصادی‌ترین روش، روش جذب است، که معمولاً با استفاده از کربن فعال صورت می‌گیرد.

۴- مراجع

۱. فضل زاده، م.، گلشن، س.، بهلول، ا.، رضایی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی کاربرد فرآیند الکتروفنتون در حذف آموکسی‌سیلین از محلول‌های آبی سلامت و بهداشت. ۷ (۳): ص ۲۷۶-۲۸۷.
۲. یزدانبخش، ا.، رفیعی، م.، دارائی، ه.، کمالی، ح. ۱۳۹۴. تخریب اکسایشی آموکسی‌سیلین با نانوذرات آهن صفر ظرفیتی سنتز شده. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد (۱۲): ص ۱۱۵۵-۱۱۶۸.
3. Aksu Demirezen, D., Yildiz, Y. Ş., and Demirezen Yilmaz, D. 2019. Amoxicillin degradation using green synthesized iron oxide nanoparticles: Kinetics and mechanism analysis. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management* . 11, 100219.
4. Andreozzi, R., Caprio, V., Ciniglia, C., de Champdoré, M., Lo Giudice, R., Marotta, R., and Zuccato, E. 2004. Antibiotics in the Environment: Occurrence in Italian STPs, Fate, and Preliminary Assessment on Algal Toxicity of Amoxicillin. *Environmental Science & Technology*. 38, 6832-6838.
5. Chaba, J. M., and Nomngongo, P. N. 2019. Effective adsorptive removal of amoxicillin from aqueous solutions and wastewater samples using zinc oxide coated carbon nanofiber composite. *Emerging Contaminants*. 5, 143-149.
6. Dai, Q., Zhou, J., Weng, M., Luo, X., Feng, D., and Chen, J. 2016. "Electrochemical oxidation metronidazole with Co modified PbO₂ electrode: Degradation and mechanism."
7. de Franco, M. A. E., de Carvalho, C. B., Bonetto, M. M., Soares, R. d. P., and Féris, L. A. 2017. Removal of amoxicillin from water by adsorption onto activated carbon in batch process and fixed bed column: Kinetics, isotherms, experimental design and breakthrough curves modelling. *Journal of Cleaner Production* .161, 947-956.
8. Githinji, L. J. M., Musey, M. K., and Ankumah, R. O. 2011. Evaluation of the Fate of Ciprofloxacin and Amoxicillin in Domestic Wastewater. *Water, Air, & Soil Pollution* 219, 191-201.
9. Homem, V., and Santos, L. 2011. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices – A review. *Journal of Environmental Management* 92, 2304-2347.
10. Hu, D., and Wang, L. 2016. Adsorption of amoxicillin onto quaternized cellulose from flax noil: Kinetic, equilibrium and thermodynamic study. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 64, 227-234.
11. Jafari, K., Heidari, M., and Rahmiani, O. 2018. Wastewater treatment for Amoxicillin removal using magnetic adsorbent synthesized by ultrasound process. *Ultrasonics Sonochemistry*. 45, 248-256.
12. Kerkez, Ö., Bayazit, Ş., and Salam, M. 2016. "Antibiotic Amoxicillin removal from aqueous solution using magnetically modified graphene nanoplatelets."

13. Rastogi, T., Mahmoud, W. M. M., and Kümmerer, K. 2018. Human and Veterinary Drugs in the Environment. In "Encyclopedia of the Anthropocene". (D. A. Dellasala and M. I. Goldstein, eds.), pp. 263-268. Elsevier, Oxford.
14. Rebitski, E. P., Souza, G. P., Santana, S. A. A., Pergher, S. B. C., and Alcântara, A. C. S. 2019. Bionanocomposites based on cationic and anionic layered clays as controlled release devices of amoxicillin. Applied Clay Science . 173, 35-45.
15. Trovó, A. G., Pupo Nogueira, R. F., Agüera, A., Fernandez-Alba, A. R., and Malato, S. (2011). Degradation of the antibiotic amoxicillin by photo-Fenton process – Chemical and toxicological assessment. Water Research. 45, 1394-1402.
16. Zeng, Z., Ye, S., Wu, H., Xiao, R., Zeng, G., Liang, J., Zhang, C., Yu, J., Fang, Y., and Song, B. 2019. Research on the sustainable efficacy of g-MoS₂ decorated biochar nanocomposites for removing tetracycline hydrochloride from. Science of the Total Environment. 206-217.
17. Zhang, D., Gersberg, R. M., Ng, W. J., and Tan, S. K. 2014. Removal of pharmaceuticals and personal care products in aquatic plant-based systems: A review. Environmental Pollution. 184, 620-639.



Pharmaceutical Products, New Generation of Urban wastewater (Case Study: Amoxicillin)

Maedeh kafimousavi^{1,*}, Rouhollah mirzaei²

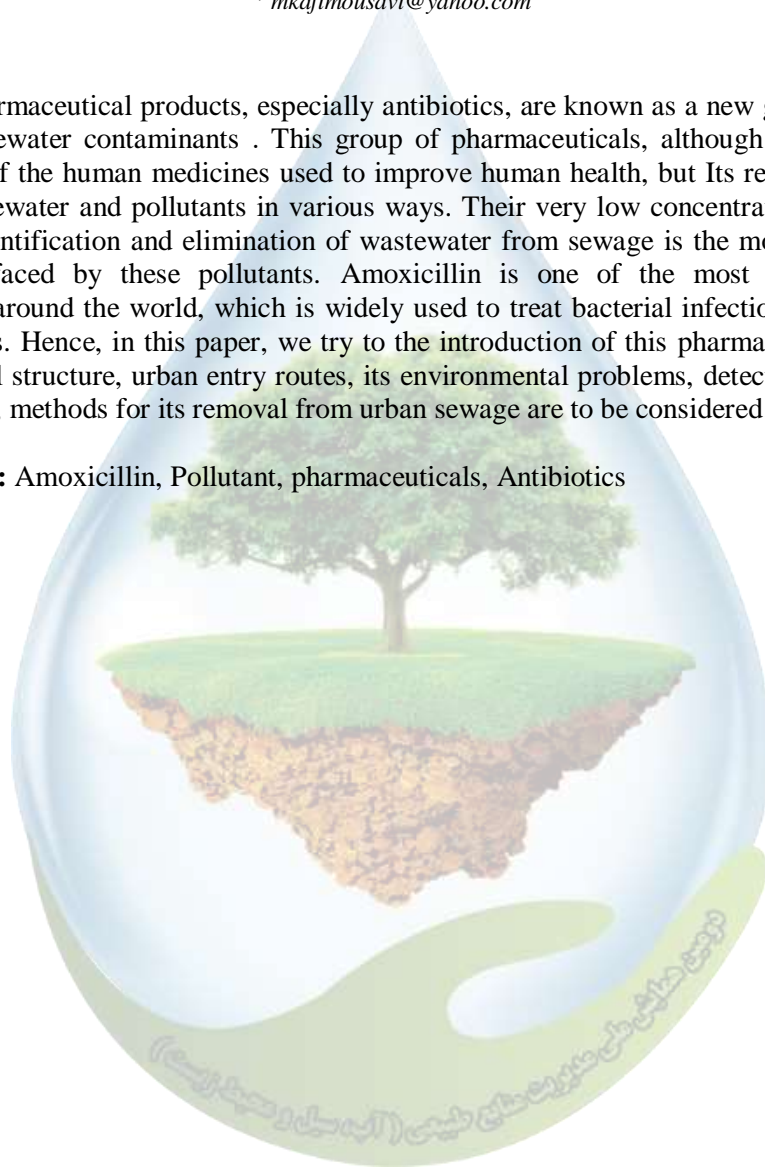
^{1*} Master's student in Science and Environmental Engineering from the Faculty of Natural Resources and Earth Sciences of Kashan University, ²Associate Professor of the Environment from the Faculty of Natural Resources and Earth Sciences of Kashan University

^{1,*} mkafimousavi@yahoo.com

Abstract

Today, Pharmaceutical products, especially antibiotics, are known as a new generation of urban wastewater contaminants. This group of pharmaceuticals, although they form a large part of the human medicines used to improve human health, but its remnants enter urban wastewater and pollutants in various ways. Their very low concentration in urban sewage, identification and elimination of wastewater from sewage is the most important challenge faced by these pollutants. Amoxicillin is one of the most widely used antibiotics around the world, which is widely used to treat bacterial infection in humans and animals. Hence, in this paper, we try to the introduction of this pharmaceuticals and its chemical structure, urban entry routes, its environmental problems, detection methods and, finally, methods for its removal from urban sewage are to be considered.

Keywords: Amoxicillin, Pollutant, pharmaceuticals, Antibiotics



مروری بر روش‌های حذف ترکیبات دارویی از پساب با تأکید بر روش جذب سطحی

مآئده کافی موسوی^{۱*}، روح اله میرزایی^۲^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه کاشان، ^۲ دانشیار محیط زیست دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین

دانشگاه کاشان

*^۱(mkafimousavi@yahoo.com)

چکیده

فاضلاب‌های دارویی حاوی ترکیباتی هستند که برای محیط‌زیست و موجودات زنده مضر است. ورود این آلاینده‌ها به آب تبدیل به یک نگرانی بزرگ برای بشر شده است. برای از بین بردن این مشکل، به تصفیه پساب با شیوه‌ای کارآمد نیاز است. تصفیه فاضلاب فرآیندی است که آلاینده‌ها را تا سطوح قابل قبول کاهش می‌دهد به طوری که برای ورود به محیط‌زیست کاملاً ایمن و بی‌خطر باشند. فرآیند حذف آلاینده‌های دارویی با توجه به کارایی ضعیف سیستم‌های معمول تصفیه در حذف این مواد، توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. با این حال، به دلیل کمبود اطلاعات در مورد روش‌های حذف این آلاینده‌ها، در این پژوهش به معرفی روش‌هایی برای حذف آلاینده‌های دارویی از پساب که بسیار کارآمد، آسان و با صرفه اقتصادی است بررسی می‌شود.

واژگان کلیدی: حذف، جذب، آلاینده، تصفیه

مقدمه

دارو ابزار مهمی برای بهبود و حفظ سلامت انسان و حیوان است. با توجه به رشد جمعیت، افزایش مصرف دارو در سراسر جهان گزارش شده است. به گفته موسسه فناوری اطلاعات سلامت، مصرف جهانی دارو در سال ۲۰۲۱ به ۱/۵ تریلیون دلار می‌رسد که نشان دهنده افزایش ۴ تا ۷ درصدی نسبت به پنج سال گذشته است. این برآورد براساس کشور متفاوت است (Reis, 2019). آلودگی دارویی در آب‌های سطحی و زیر زمینی در بسیاری از کشورها به به عنوان مشکل زیست محیطی به رسمیت شناخته شده است (Rivera-Utrilla, 2013). به طور کلی، داروها عمدتاً از طریق تخلیه از صنایع دارویی و از پساب فاضلاب شهری (Hommem, 2011) و همچنین از پساب بیمارستان وارد منابع آب می‌شوند و به عنوان مواد شیمیایی خطرناک مورد توجه قرار می‌گیرند، زیرا باعث آلودگی اکوسیستم‌های آبی یا خاکی می‌شوند (Kyzas, 2015). کرپامازپین، ایبوپروفن و سولفادiazین شایعترین داروهایی هستند که در حال حاضر در فاضلاب‌های خانگی و آب‌های سطحی و زیرزمینی وجود دارند (Dhir, 2019).

سیستم تصفیه مرسوم و معمول ظرفیت محدودی برای حذف محصولات دارویی از فاضلاب شهری دارد، زیرا اکثر ترکیبات نمی‌توانند توسط میکروارگانیسم‌ها به عنوان منبع کربن متابولیزه شوند و حتی ممکن است فعالیت میکروارگانیسم‌ها را مهار کنند یا باعث تولید زیاله در زنجیره غذایی شوند. اگر چه تحقیقات بیشتری در مورد این مسئله لازم است، ولی ثابت شده است که تاسیسات تصفیه معمولی تمام مواد دارویی را از فاضلاب حذف نمی‌کنند (Rivera-Utrilla, 2013).

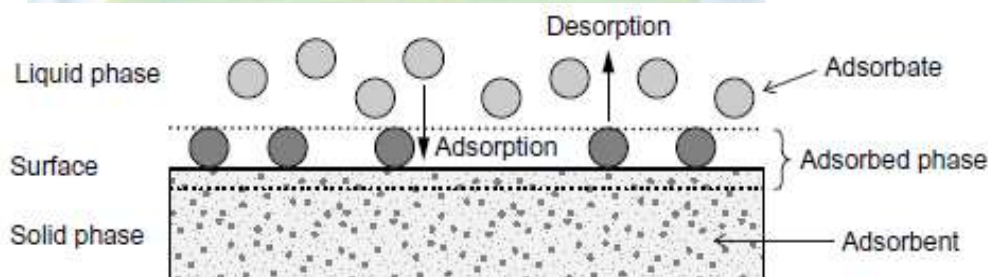
۲- حذف دارو در سیستم های تصفیه آب

۲-۱- سیستم های معمول

کلر هنوز رایجترین نوع تصفیه برای ضدعفونی کردن آب آشامیدنی است. مطالعات مختلف در مورد کلرآسیون ترکیبات آروماتیک نشان داد که میزان واکنش کلر می تواند به شدت تحت تأثیر حضور گروه های عاملی مختلف در حلقه بنزن باشد. واکنش ها معمولا در محصولات دارویی حاوی آمین ها سریع است و باعث ایجاد ترکیبات کلردار می شود (Rivera-Utrilla, 2013). برای مثال مطالعات بر روی حذف استامینوفن، ترکیب فعال پاراستامول، نشان می دهد که با کلر واکنش داده و فرآورده های فرعی را تولید می کند، که به عنوان ترکیبات سمی شناخته شده اند. برخی از روش های تصفیه بر روی پساب های حاوی دارو شامل جذب- جذب بیولوژیکی با کربن فعال، فتواکسیداسیون، رادیولیز، الکترواکسیداسیون بدون و با تولید کلر فعال، تجزیه زیستی، فوتوکاتالیز، ازن زنی و فرآیندهای فنتون مورد بررسی قرار گرفته است (Kümmerer, 2009). برای حذف دارو از پساب فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته روشی کارآمد برای تخریب داروها است، در طی فرایند اکسیداسیون ترکیبات پیچیده ای، با واسطه های مختلف تولید می شوند، که سمیت آن می تواند حتی بالاتر از آلاینده های منبع باشد. علاوه بر این، فرآیندهای اکسیداسیون برای تخریب کامل ترکیبات بازدارنده بسیار گران و عملیاتی پیچیده است (Moussavi, 2013). برای پیشرفت بیشتر در احیا مجدد فاضلاب شهری، ضروری است که یک روش مناسب برای حذف آلودگی های در حال ظهور انتخاب شود (Egea-Corbacho, 2019). در دهه های اخیر اکثر پژوهش های صورت گرفته برای حذف این آلاینده ها از طریق روش جذب بوده است.

۲-۲- جذب سطحی

جذب یک انتقال فازی یا غنی سازی ترکیبات از فاز مایع به سطح جامد است. ترکیبی که جذب می شود به عنوان ماده جذب شونده تعریف می شود و مواد مورد استفاده برای جذب به عنوان جاذب تعریف می شود. تعریف اولیه جذب در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱- نحوه فرآیند جذب

سه تعامل اصلی که در فرایندهای جذب در محلول آبی وجود دارد، تعامل جذب آب، تعامل سطحی جاذب و تعامل آب و سطح است. تعامل جذب آبی با محلول جاذب تعیین می شود، در حالی که تعامل سطحی جذب و تعامل با سطح آب مربوط به شیمی در سطح است. بسته به شدت جابجایی سطح جذب، جذب می تواند به جذب فیزیکی و شیمیایی طبقه بندی شود. نیروی اصلی که در جذب فیزیکی وجود دارد، نیروهای واندروالسی است که تعاملات نسبتا ضعیف دارند. نیروهای واندروالسی به طور مستقیم با قطب و اندازه ترکیبات ارتباط دارند. جذب شیمیایی زمانی اتفاق می افتد که جذب بین جاذب و جذب کننده پیوند شیمیایی کوانتومی یا الکترواستاتیک برقرار کند. جذب روشی است که بر تغییرات مهاجرت آنتی بیوتیک ها در محیط آبی تأثیر می گذارد، که به عنوان یک رویکرد عملی و اقتصادی برای حذف آنتی بیوتیک در نظر گرفته شده است (Zeng, 2019). این روش به عنوان مؤثرترین و اقتصادی ترین فرایند شناخته شده است. در طول سال های اخیر، تحقیقات زیادی در زمینه

استفاده از جاذب‌های مختلف برای تصفیه فاضلاب انجام شده است (Singh, 2018). در واقع، تکنولوژی جذب، به دلیل در نظر گرفتن سینتیک ایمنی حذف، سادگی، کارایی و عملکرد اقتصادی در فرآیندهای تصفیه، یک گزینه اولویت‌دار است (Zhou, 2019).

۱-۲-۲- کربن فعال

تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که فرایندهای تصفیه مانند ازن زنی، اکسیداسیون پیشرفته، جداسازی غشاء (به عنوان مثال، نانوفیلتراسیون، اسمز معکوس) و جذب بر روی کربن فعال یا فرایندهای ترکیبی باید برای تضمین موفقیت تصفیه انواع مختلف میکروآلاینده‌ها مورد توجه قرار گیرد. کربن فعال یک فرآیند رایج برای حذف طیف وسیع گونه‌های آلی و معدنی حل شده از هر دو فاز گاز و فاز مایع است. این انعطاف پذیری عالی در کاربردهای کربن فعال از طیف گسترده‌ای از خواص سطح فیزیکی نه تنها خواص شیمیایی مواد کربنی تجاری موجود و به طور خاص مواد کربن را تصفیه می‌کند. چندین محصول جانبی چوبی و کشاورزی به عنوان یک منبع فرعی ارزان و قابل تجدید برای تولید کربن فعال مطالعه شده است. این‌ها معمولاً مواد زائدی هستند که ارزش کم یا هیچ ارزش اقتصادی ندارند و اغلب مسائل مربوط به دفع را ارائه می‌دهند. علاوه بر این، تقاضا برای کربن فعال در سراسر جهان افزایش یافته است، و انتظار می‌رود در آینده نزدیک نیز افزایش یابد (Teixeira, 2019).

مزیت اصلی استفاده از کربن فعال برای حذف داروسازی این است که محصولات سمی یا دارویی را تولید نمی‌کند. کربن فعال به طور کلی ظرفیت بالایی برای جذب داروها را نشان می‌دهد. داروهایی که از فرآیندهای معمولی مقاوم می‌شوند می‌توانند با فیلتراسیون غشاء (نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس) یا جذب بر روی کربن فعال حذف شوند. با این حال، ظرفیت نگهداری هر دو روش می‌تواند از طریق انسداد جاذب در پساب کاهش یابد (Rivera-Utrilla, 2013).

۲-۲-۲- گرافن و گرافن اکسید

گرافن نوعی از مواد جدید با ساختار تک ورقه‌ای که از اتم‌های کربن تشکیل شده است. ساختار پایه گرافن با آرایش دو بعدی از اتم‌های کربن است که از طریق اربیتال‌های هیبریدی متصل شده اند تا یک ورق لانه زنبوری ایجاد کنند. اکسید گرافن پیشرونده گرافن است و همیشه از طریق اکسیداسیون از آن تهیه می‌شود. به تازگی، گرافن و گرافن اکسید توجه به دلیل خواص قابل توجهی که دارند، بیشتری به خود جلب کرده‌اند. گرافن اکسید داورهایی از قبیل کتوکونازول (پسرکلو، ۱۳۹۵)، را حذف کند. راندمان حذف گرافن و اکسید آن با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی در ارتباط است. pH و زمان تماس بر عملکرد حذف جاذب‌های کربن فعال، گرافن و اکسید گرافن تأثیر قابل توجهی دارند. گرافن و اکسید گرافن دارای سطح ویژه بالاتری نسبت به کربن فعال هستند، بنابراین منطقی است که باور کنیم که گرافن و اکسید آن می‌توانند جاذب‌های بالقوه امیدوار کننده برای حذف داروها باشند. امروزه، بیشتر مطالعات در مورد جذب داروها توسط گرافن و اکسید گرافن در سیستم ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی است. علاوه بر این، حذف داروها بیشتر به فاضلاب مصنوعی محدود شده است، که نسبت به فاضلاب واقعی کمتر پیچیده است (Wang, 2016).

۳-۲-۲- نانولوله‌های کربنی

به طور موازی با گرافن، نانولوله‌های کربنی جاذب‌های کارآمدی هستند. خواصی، که آنها را تبدیل به گزینه‌ای برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی مانند حذف آلاینده‌ها، ذخیره‌سازی انرژی و دستگاه‌های پزشکی کرده است. حذف آلاینده‌هایی از جمله یون‌ها (به عنوان مثال، Ni^{2+} ، Zn^{2+} ، Pb^{2+} ، Cd^{2+} و آنتی بیوتیک (به عنوان مثال، سایپروفلوکساسین و نورفلوکساسین) کاربرد دارد. بر خلاف بسیاری از جاذب‌ها، نانولوله‌های کربنی به علت مساحت سطح بزرگ، داشتن مزوپور و همچنین تعاملات الکترواستاتیک $\pi-\pi$ قابل توجه سودمند هستند (Zhou, 2019؛ Wang, 2016). بسیاری از مطالعات حذف داروها را با نانولوله‌های کربنی مانند کتوپروپون، کاربامازپین (Liu, 2014)، سولفامتوکسازول (Ji, 2009) و ترکلوسن (Cho, 2011)

بررسی کرده‌اند. این مطالعات نشان می‌دهد که نانولوله‌های کربنی دارای ظرفیت جذب بالا برای دارو هستند. اما ظرفیت جذب با شیمی سطح و خواص نانولوله‌های کربنی متفاوت بود. علاوه بر این، خواص فیزیکی شیمیایی داروها می‌تواند بر روند جذب نانولوله‌های کربنی تأثیر بگذارند. جذب داروها با استفاده از کربن فعال، گرافن، اکسید گرافن و نانولوله‌های کربنی به عنوان یک روش امیدوار کننده مطرح است. (Wang, 2016).

۳- نتیجه‌گیری

روش‌های معمول تصفیه، که در تصفیه خانه‌های فاضلاب استفاده می‌شود معرفی گردید. ولی از آنجایی که این نوع تصفیه قابلیت حذف تمامی آلاینده‌ها بخصوص ترکیبات دارویی را از محیط آبی ندارد. در این بین جذب، رویکردی اصلی است که به عنوان یک ابزار اقتصادی مطلوب و مؤثر معرفی گردید. از یک سو، توسعه جاذب‌های کم هزینه، کارآمد و قابل استفاده مجدد مسیر مهمی برای حذف مؤثر ترکیبات دارویی در مدیریت سیستم‌های پساب است. کربن فعال، نانولوله‌های کربنی و گرافن و گرافن اکسید جاذب‌هایی هستند که به دلیل کارایی بالا در حذف داروها توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند.

۴- مراجع

- ۱- پسرکلو، ح.، شکرچی، م.، و رضایت، م. ۱۳۹۵. سنتز نانو صفحه‌های مغناطیسی اکسید گرافن جهت حذف داروی کتوکونازول از آب. نشریه نانومقیاس ۱۵.





A review of methods for removing Pharmaceutical compounds from wastewater with an emphasis on adsorption

^{۱*}Maedeh kafimousavi ، ^۲Rouhollah mirzaei

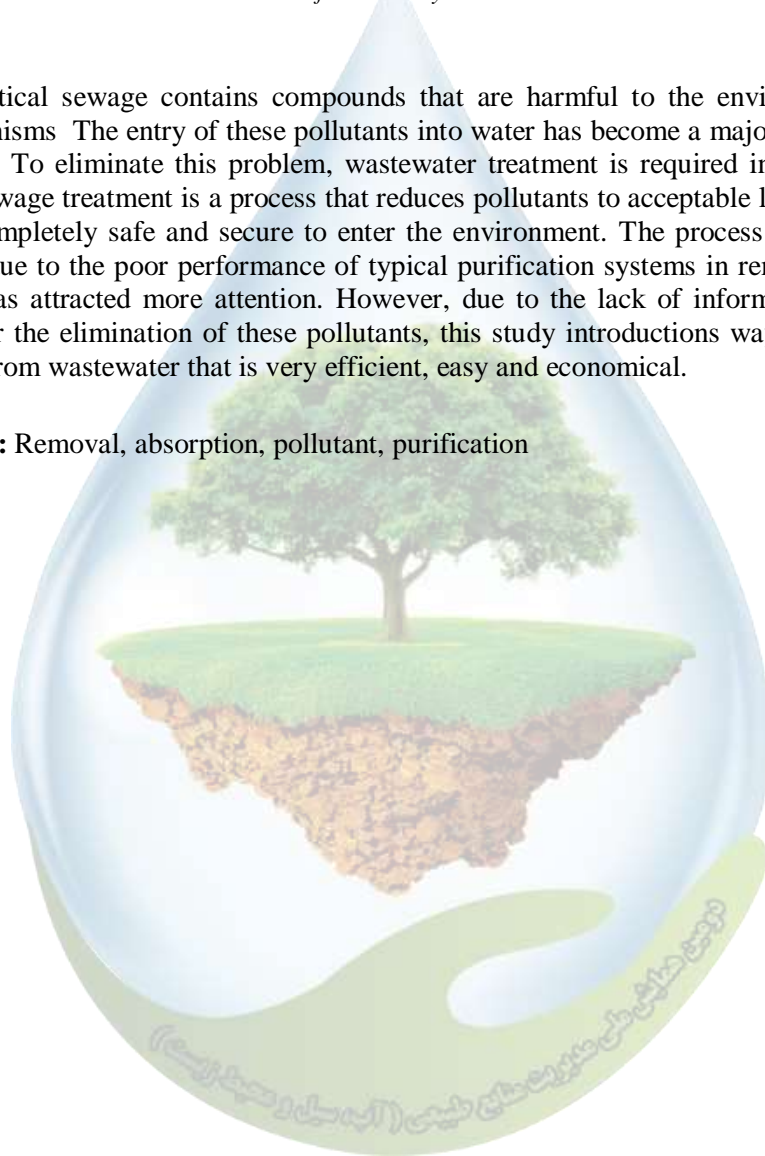
^۱Master's student in Science and Environmental Engineering from the Faculty of Natural Resources and Earth Sciences of Kashan University ^۲ Associate Professor of the Environment from the Faculty of Natural Resources and Earth Sciences of Kashan University

^{۱*}mkafimousavi@yahoo.com

Abstract

Pharmaceutical sewage contains compounds that are harmful to the environment and living organisms. The entry of these pollutants into water has become a major concern for humankind. To eliminate this problem, wastewater treatment is required in an efficient manner. Sewage treatment is a process that reduces pollutants to acceptable levels, so that they are completely safe and secure to enter the environment. The process of removing pollutants due to the poor performance of typical purification systems in removing these materials has attracted more attention. However, due to the lack of information on the methods for the elimination of these pollutants, this study introduces ways to remove pollutants from wastewater that is very efficient, easy and economical.

Keywords: Removal, absorption, pollutant, purification



بررسی پتانسیل استوانه‌های مضاعف در برآورد میزان نفوذ در شرایط بارش

سعید رضا مؤذنی نقندر^۱، علی گلکاریان^{۲*}، محمود آذری^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،^۲ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،^۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد،
(golkarian@um.ac.ir)^{*،۲}

چکیده

هدف از این تحقیق، ابتدا بررسی عوامل مؤثر در نفوذپذیری خاک با تأکید بر دو عامل نوع تشکیلات زمین‌شناسی و ویژگی‌های توپوگرافی می‌باشد و در ادامه به مقایسه نفوذپذیری در شرایط کاملاً خشک و در شرایط با رطوبت پیشین پرداخته شده است. به این منظور در حوضه زوجی شهید نوری کاخک دو جنس سنگ شیل و ماسه سنگ و سه شاخص رطوبت توپوگرافی انتخاب شد و اثر آن‌ها بر نفوذپذیری خاک با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین نفوذ در شرایط واقعی بارش از اطلاعات مربوط به هیئت‌گراف بارش از ایستگاه باران‌سنجی و ارتفاع روان‌آب ناشی از آن از پلات‌های فرسایشی مربوط به هر جنس سنگ تهیه شد و همبستگی آن با نفوذ به وسیله استوانه‌های مضاعف بدست آمد. نتایج حاکی از آن بود که جنس سنگ و شاخص رطوبت توپوگرافی تأثیر معنی‌داری بر نفوذپذیری داشت و در شرایطی که خاک کاملاً خشک بود از نفوذپذیری پایین‌تری برخوردار بود. هم‌چنین بین مقادیر نفوذ در شرایط واقعی و نفوذ با استوانه‌های مضاعف ارتباط معنی‌داری برقرار شد.

واژگان کلیدی: نفوذپذیری، استوانه‌های مضاعف، رطوبت پیشین خاک، شاخص رطوبت توپوگرافی

۱- مقدمه

نفوذ به‌عنوان یک فرآیند مهم، شامل ورود آب از سطح مشترک خاک و اتمسفر به داخل خاک است؛ که نقش بسیار مؤثری در چرخه هیدرولوژی، نوع پوشش گیاهی، اکولوژی منطقه، میزان روان‌آب و فرسایش و تخریب خاک دارد (۶). نفوذپذیری خاک در شرایط اقلیمی خشک و به‌ویژه نیمه‌خشک از اهمیت بیشتری برخوردار است؛ زیرا که شرایط آب و هوایی در این مناطق شرایط مساعدی برای ایجاد خاکی با بافت و ساختار مناسب جهت نفوذ فراهم نمی‌نماید و از طرف دیگر در مناطق گرم و خشک، باران‌ها حالت رگباری داشته و منطقه نیز از پوشش گیاهی مناسبی برخوردار نیست که این عوامل به باران‌های شدید و رگباری اجازه شست‌وشو، فرسایش و درنهایت ایجاد پدیده سیل را به‌راحتی می‌دهد (۱). با ملاحظه رابطه بین نفوذ و آب موجود در خاک، در مناطقی مانند عرصه‌های طبیعی که بارندگی تنها منبع آب موجود در خاک می‌باشد، اهمیت درک فرآیندها و الگوهای نفوذ اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۷). حسن‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، رابطه بین مقدار روان‌آب و نفوذپذیری در خاک‌های با بافت مختلف را در استان زنجان بررسی نمودند. نتایج ایشان نشان داد که ویژگی‌هایی از خاک شامل سیلت، رس، رطوبت اولیه و درصد سدیم تبدلی موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و در نتیجه افزایش روان‌آب شدند. لیو و همکاران^۱ (۲۰۱۱)، اثرات سه شدت بارندگی و سه مقدار رطوبت پیشین را بر نفوذپذیری و تشکیل سله

^۱ Liu et al

خاک تحت باران شبیه‌سازی بررسی کردند و نشان دادند که با افزایش رطوبت و شدت بارندگی به ترتیب نفوذپذیری کاهش و فرسایش افزایش می‌یابد.

منحنی‌های نفوذ در خاک‌های مختلف از روند مشابهی برخوردار هستند که این نشان دهنده این است که نفوذپذیری خاک در مرحله اولیه نسبتاً بالا است و به سرعت با زمان کاهش می‌یابد و به تدریج به سرعت نفوذ پایدار می‌رسد (۸). ترابی (۱۳۸۴)، پنج روش چاهک، استوانه‌های مضاعف^۱، گلف^۲، ساکستون^۳ و جابرو^۴ را باهم مقایسه کرد و نشان داد که بالاترین ضریب تغییرات هدایت هیدرولیکی در روش استوانه‌های مضاعف است و روش‌های مختلف با یکدیگر در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند. استوانه‌های مضاعف وسیله‌ای ساده، سریع و مناسب برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک براساس اندازه‌گیری‌های نفوذ می‌باشد. از جمله دلایل مناسب بودن استوانه‌های مضاعف تولید آن‌ها به صورت تجاری است که می‌تواند در زمین‌های شیب‌دار مورد استفاده قرار گیرد (۴).

هدف از این تحقیق، ابتدا بررسی عوامل مؤثر در نفوذپذیری خاک با تأکید بر دو عامل نوع تشکیلات زمین‌شناسی و ویژگی‌های توپوگرافی می‌باشد و در ادامه به مقایسه نفوذپذیری با استفاده از استوانه‌های مضاعف و نفوذپذیری در شرایط واقعی پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه زوجی شهید مهدی نوری کاخک در فاصله ۳۵ کیلومتری جنوب شهر گناباد در استان خراسان رضوی قرار دارد. حوضه فوق دارای مساحت ۱۱۲ هکتار، ارتفاع متوسط ۲۲۴۳ متر و متوسط بارندگی ۲۷۴ میلیمتر در سال است. موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. حوضه زوجی کاخک از نظر زمین‌شناسی تماماً بر روی تشکیلات شمشک قرار گرفته است. سازند شمشک خود از شیل‌های سیلتی تا ماسه‌ای خاکستری رنگ همراه با ماسه سنگ و برش‌های آتشفشانی و گابرو تشکیل شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، استان خراسان رضوی، شهرستان گناباد

¹ Double-ring

² Guelph

³ Saxton

⁴ Jabro

۲-۲- شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)

شاخص رطوبت توپوگرافی که از ترکیب مساحت حوزه بالادست و شیب بدست می‌آید، معمولاً برای کمی کردن اثر توپوگرافی بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی می‌باشد. این شاخص تعیین‌کننده تأثیر توپوگرافی بر روی میزان سطوح اشباع جهت تولید رواناب است که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (۵).

$$TWI = \ln(A_s / \tan\beta) \quad (1)$$

TWI: شاخص رطوبت توپوگرافی، A_s : مساحت ویژه حوضه (متر)، β : درجه شیب
در این پژوهش TWI در سه کلاس T1 (شاخص $TWI > 3$)، T2 ($0 < TWI < 3$) و T3 ($TWI < 0$) کلاس‌بندی شد و با در نظر گرفتن دو نوع جنس سنگ شیل (S1) و ماسه‌سنگ (S2)، شش واحد کاری مختلف تعیین و با احتساب سه بار تکرار در مجموع ۱۸ نقطه برای نمونه‌برداری انتخاب شد.

۲-۳- تهیه منحنی نفوذپذیری خاک در حالت کاملاً خشک

جهت تهیه منحنی پتانسیل نفوذپذیری خاک از روش استوانه مضاعف استفاده گردید. برای این منظور در زمان مناسبی پس از یک بارندگی و اطمینان از خشک بودن خاک و عدم تأثیر رطوبت پیشین در نفوذپذیری، با مراجعه به منطقه نفوذپذیری خاک اندازه‌گیری شد. جهت تعیین تغییرات نفوذپذیری با گذشت زمان، در هنگام اندازه‌گیری حجم ثابتی از آب به استوانه مرکزی اضافه و زمان مورد نیاز برای نفوذ آن اندازه‌گیری شد. بدیهی است با ادامه آزمایش زمان مورد نیاز برای نفوذ این حجم ثابت از آب افزایش می‌یابد. با ثابت شدن روند نفوذ، آزمایش متوقف گردید.

۲-۴- تهیه منحنی نفوذپذیری خاک بعد از بارندگی منجر به روان آب

پس از به وقوع پیوستن یک بارندگی منجر به روان آب در منطقه مورد مطالعه، در هر نقطه، مطابق با جدول ۱ مقدار نفوذ نیز با قرائت مدت زمان لازم برای نفوذ حجم ثابتی از آب اندازه‌گیری شد و منحنی وضعیت نفوذپذیری خاک پس از اتمام بارندگی منجر به روان آب تعیین شد. این نمونه‌برداری برای سه بارندگی منجر به روان آب تکرار شد.

جدول ۱- زمان بندی تعیین نفوذپذیری خاک بعد از بارندگی منجر به روان آب

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
فاصله زمانی پس از اتمام بارندگی (ساعت)	۴	۸	۱۶	۲۴	۳۶	۴۸	۷۲	۹۶	۱۴۴	۱۹۲	۲۶۴

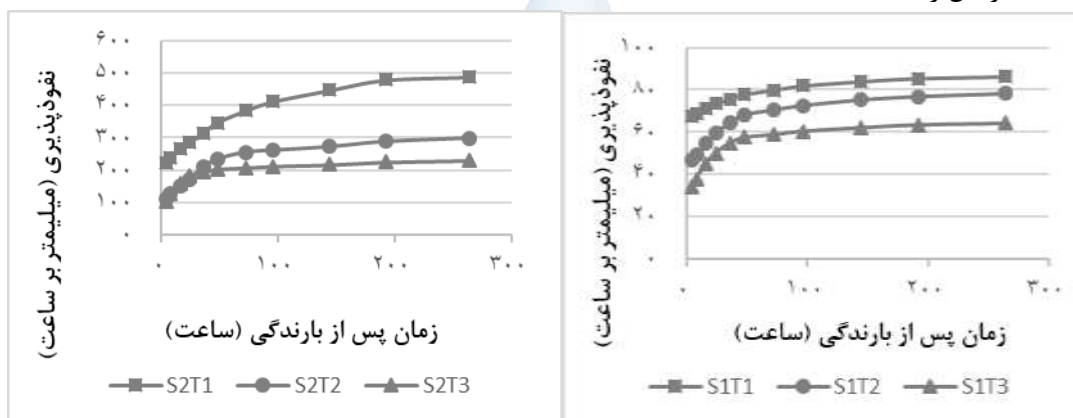
۲-۵- برآورد نفوذپذیری در شرایط واقعی

به منظور برآورد نفوذپذیری در شرایط واقعی بارش، اطلاعات مربوط به هیتوگراف بارش و ارتفاع روان آب ناشی از آن در پلات‌های فرسایشی مربوط به هر جنس سنگ در حوضه مورد مطالعه تهیه شد. سپس با کسر ارتفاع روان آب از ارتفاع بارش، ارتفاع مربوط به تلفات و نفوذ به دست آمد که با کسر ارتفاع تلفات متوسط از آن، ارتفاع نفوذ در زمان مربوط به بارش محاسبه شد. بر اساس داده‌های موجود، تفاوت بین نفوذپذیری در حالت خشک و نفوذپذیری بعد از بارندگی در دو جنس سنگ مختلف با استفاده از نرم افزار SPSS22 محاسبه شده و مقایسه میانگین این عامل‌ها نیز به روش دانکن انجام گرفت. سپس محور زمان در منحنی نفوذ اندازه‌گیری شده با استوانه‌های مضاعف، به اندازه زمان بارندگی‌هایی که نفوذ واقعی آنها محاسبه شده بود ادامه پیدا کرد و بر اساس سطح زیر منحنی، ارتفاع نفوذ آن برای مدت‌های مختلف بدست آمد. در ادامه رابطه همبستگی بین نفوذ واقعی و نفوذ در حالت خشک در دو جنس سنگ شیل و ماسه سنگ بدست شد.

۳- نتایج و بحث

¹ Topographic Wetness Index

نتایج نشان داد که اثر TWI و جنس سنگ دارای تأثیر معنی داری در نفوذپذیری خاک است. به طوری که سرعت نفوذ در T1 بیشتر از T2 و T3 بوده و در ماسه سنگ بیشتر از شیل است و با یکدیگر تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد دارند ($P=0$). در شکل (1) روند تغییر میزان نفوذپذیری بعد از بارندگی منجر به روان آب در جنس سنگ و شاخص TWI مختلف نشان داده شده است. که در آن با افزایش زمان پس از پایان بارندگی میزان نفوذپذیری افزایش یافت و پس از مدت معینی به مقدار ثابت نفوذ رسید. این روند نشان داد که شاخص T3 در مدت زمان کوتاه تری نسبت به T2 و سپس T1 به مقدار ثابت نفوذ رسید و همچنین در جنس سنگ شیل این روند دارای افزایش تدریجی است و مدت زمان بیشتری نسبت به ماسه سنگ طول می کشد تا به نفوذپذیری ثابت برسد یا به عبارتی در ماسه سنگ رطوبت پیشین با سرعت بیشتری کاهش پیدا کرد و اثر آن در نفوذپذیری خاک از بین رفت.



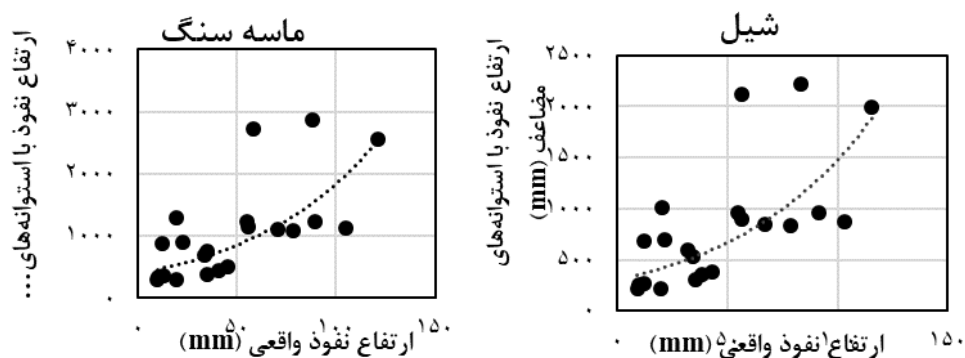
شکل ۲- روند تغییر میزان نفوذپذیری بعد از بارندگی منجر به رواناب در جنس سنگ و شاخص TWI مختلف

مقایسه مقادیر نفوذ در حالت کاملاً خشک و نفوذپذیری بعد از بارندگی، حاکی از آن بود که نفوذپذیری در حالت خشک به طور معنی داری در سطح ۵ درصد کمتر از نفوذپذیری بعد از گذشت مدت مشخصی از پایان بارندگی بود. بر این اساس زمانی که خاک در شرایط کاملاً خشک قرار داشته باشد، توانایی جذب رطوبت پایین تری دارد در نتیجه در این وضعیت امکان وقوع سیلاب بیشتر خواهد شد.

شکل (۳) رابطه همبستگی نمایی بین نفوذ واقعی و نفوذ با استوانه های مضاعف را در جنس سنگ شیل نشان می دهد که دارای رابطه رگرسیونی (۲) با ضریب همبستگی ($R=0/709$) است.

$$Y=304.91e^{0.0158x}$$

(۲)



شکل ۳- ارتباط بین نفوذ واقعی و نفوذ با استوانه های مضاعف در زمان ثابت

همچنین شکل (۴) نشان دهنده رابطه همبستگی نمایی بین نفوذ واقعی و نفوذ با استوانه‌های مضاعف در ماسه سنگ است که رابطه رگرسیونی (۳) با ضریب همبستگی ($R=0/713$) بین آنها برقرار می‌باشد.

$$Y=396.04e^{0.0153x}$$

(۳)

۴- نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تشکیلات زمین‌شناسی بر میزان نفوذپذیری خاک تأثیر معنی‌داری دارد. به طوری که جنس سنگ شیل که دارای بافت ریز دانه‌تری نسبت به ماسه سنگ است دارای نفوذپذیری پایین‌تر بود و روند تغییرات نفوذپذیری در طی زمان با سرعت کم‌تری اتفاق افتاد. همچنین اثر شاخص رطوبت توپوگرافی بر منحنی‌های نفوذ معنی‌دار بود به طوری که در TWI بالاتر سرعت نفوذ نیز بیشتر می‌باشد. علاوه بر این بین مقادیر نفوذ در شرایط واقعی و نفوذ با استوانه‌های مضاعف رابطه رگرسیونی برقرار شد و روابط آنها در دو جنس سنگ شیل و ماسه سنگ از همبستگی بالایی برخوردار بود. همچنین مقایسه مقادیر نفوذ در حالت کاملاً خشک و نفوذپذیری بعد از بارندگی نشان داد در زمانی که خاک در شرایط کاملاً خشک قرار دارد از شرایط جذب رطوبت پایین‌تری قرار دارد و در نتیجه در این وضعیت امکان وقوع سیلاب بیشتر خواهد شد که باید در برنامه‌های حفاظت آب و خاک بیشتر مورد توجه قرار بگیرد.

۵- منابع و مراجع

- (۱) آب‌خراشات، ش. ۱۳۸۹. رطوبت اولیه و فرآیند نفوذ آب در خاک، سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب. ۱۰ الی ۱۲ اسفند ۱۳۸۹.
- (۲) ترابی، م. ۱۳۸۴. بررسی پنج روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع در یک خاک شور. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت، شیراز.
- (۳) حسن‌زاده، ح. واعظی، ع. محمدی، م. ۱۳۹۲. رابطه بین روان‌آب و نفوذپذیری در بافت‌های مختلف خاک تحت تأثیر باران، دومین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا، اردیبهشت ماه ۱۳۹۲، کرمان.

- 4) Bodhinayake WL, Si BC and Xiao C, 2004. New method for determining water-conducting macroand mesoporosity from tension infiltrometer. Soil Sci Soc Am. J 68: 760-769.
- 5) Liu, H. Lei, T.W. Zhao, J. Yuan, C.P. Fan, Y.T. Qu, L.Q. 2011. Effects of rainfall intensity and antecedent soil water content on soil on soil infiltrability under rainfall conditions using the run off-on-out method. J. Hydrol. 396: 1. 24-32.
- 6) Van, G.V. Toit, L. Snyman, HA. Malan, PJ. (2009). Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub grass rangeland of South Africa. Journal of Arid Environments 73: 804-810.
- 7) Wang X. P., Cui Y., Pan Y. X., Li X. R., Yu Z., Young M.H., 2008. Effects of rainfall characteristics on infiltration and redistribution patterns in revegetation-stabilized desert ecosystems. Journal of Hydrology, vol. 358, 134- 143.
- 8) Zhang, J. Lei, T. Yin, Z. Hu, Y. Yang. X. 2017. Effects of time step length and positioning location on ring-measured infiltration rate. Catena 157 (2017) 344-356.

Investigate the potential of double ring in the estimated infiltration rate in real rainfall condition

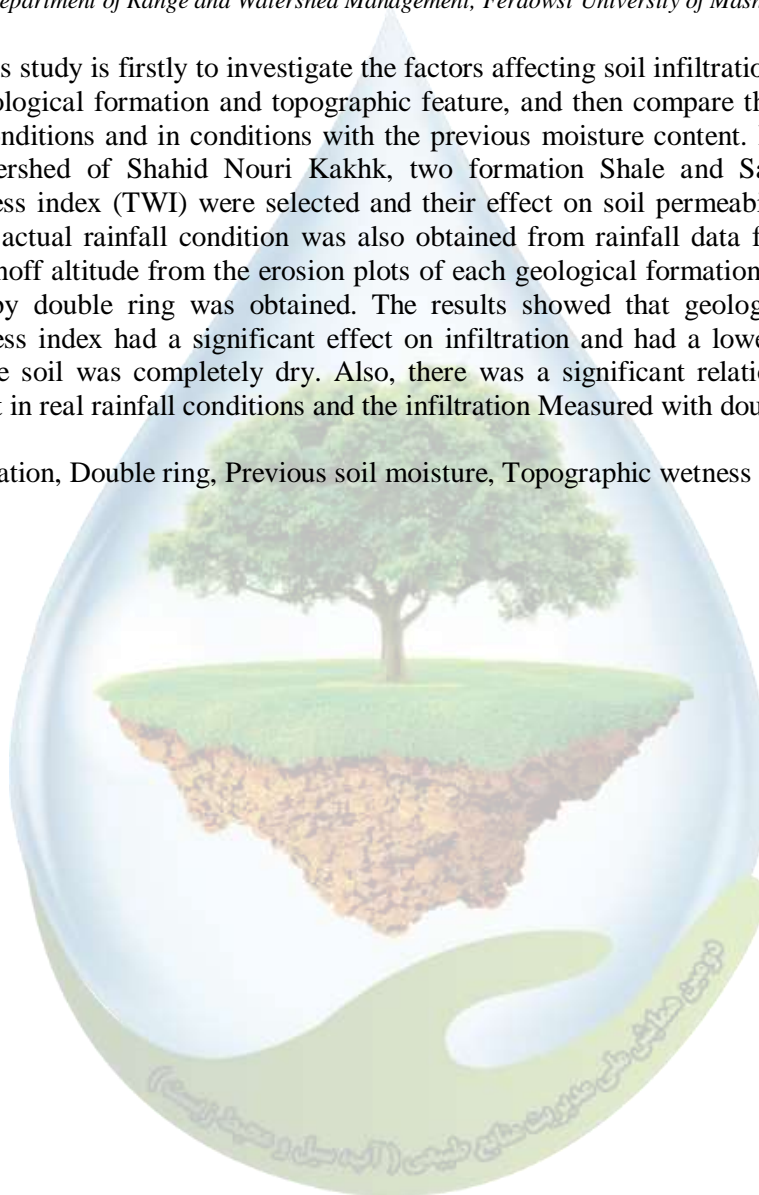
Saeedreza Moazeni Noghondar, Ali Golkarian*, Mahmoud Azari

- 1- MSc Student of watershed management, Department of Range and Watershed Management, Ferdowsi University of Mashhad
- 2- Corresponding author*: Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Ferdowsi University of Mashhad
- 3- Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

The purpose of this study is firstly to investigate the factors affecting soil infiltration with emphasis on two factors of geological formation and topographic feature, and then compare the infiltration under completely dry conditions and in conditions with the previous moisture content. For this purpose, in experimental watershed of Shahid Nouri Kakhk, two formation Shale and Sandstone and three topographic wetness index (TWI) were selected and their effect on soil permeability was compared. Infiltration in the actual rainfall condition was also obtained from rainfall data from the rain gauge stations and its runoff altitude from the erosion plots of each geological formation, and its correlation with infiltration by double ring was obtained. The results showed that geological formation and topographic wetness index had a significant effect on infiltration and had a lower infiltration under conditions that the soil was completely dry. Also, there was a significant relationship between the infiltration content in real rainfall conditions and the infiltration Measured with double ring.

Keywords: Infiltration, Double ring, Previous soil moisture, Topographic wetness index



اثر سامانه‌های نوین آبیاری بر بهره‌وری آب و عملکرد برنج در کشت مستقیم

مریم کریمی فرد^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۲، علیرضا کیانی^۳، محمدتقی فیض بخش^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استاد موسسه فنی مهندسی کشاورزی استان گلستان، ^۴ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان

*رایانامه (Email): نویسنده مسئول: (karimifard2525@yahoo.com)

چکیده

در حال حاضر آبیاری برنج بیشتر به روش غرقابی انجام می‌شود که موجب مصرف زیاد آب و پایین آمدن بهره‌وری آبیاری می‌گردد. این تحقیق به منظور بررسی میزان عملکرد و بهره‌وری آب در گیاه برنج در کشت مستقیم انجام شد. این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی علوم کشاورزی گرگان در سال ۱۳۹۷ به اجرا درآمد. تیمارها شامل روش‌های مختلف آبیاری شامل آبیاری بارانی، نواری قطره‌ای و آبیاری سنتی بود. دور آبیاری براساس تبخیر و تعرق روزانه با تشت تبخیر محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد زیست توده و شلتوک در کشت مستقیم تحت آبیاری سنتی (به ترتیب ۱۵۹۱۵ و ۷۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با مقادیر با عملکرد زیست توده و شلتوک به دست آمده در آبیاری قطره‌ای (به ترتیب ۱۴۳۴۹ و ۶۸۳۶ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی دار نداشته است. نتایج این آزمایش نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای ضمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج در کشت مستقیم داشته است. در این آزمایش آبیاری بارانی کارایی مطلوبی از نظر عملکرد شلتوک (۴۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) و زیست توده (۱۲۵۱۱ کیلوگرم در هکتار) نداشت.

واژگان کلیدی: آبیاری، برنج، بهره‌وری، کشت مستقیم.

۱- مقدمه

برنج نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان دارد که بیشتر آن‌ها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند (اسدی و همکاران، ۱۳۸۳). براساس آمار سازمان خواربار جهانی (FAO) ایران در سال ۲۰۱۶ دارای ۵۵۷ هزار هکتار سطح زیر کشت و ۲/۳ میلیون تن تولید شلتوک برنج بوده است. واردات برنج در ایران در سال ۲۰۱۶ حدود ۱/۱ میلیون تن بود؛ بنابراین راهکارهای افزایش میزان عملکرد برنج در کشور باید مورد بررسی قرار گیرد. عرب زاده (۱۳۸۴) گزارش کرد که یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات در روند آبیاری بخش کشاورزی ایران، پایین بودن بازده آبیاری است. بهره‌وری آب برای گیاهان برابر میزان دانه تولید شده به ازای هر واحد مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود (مولدن و همکاران، ۲۰۰۱). از دیگر عواملی که موجب پایین بودن بازده آبیاری بوده و هدرروی بالای آب را در پی دارد، سنتی بودن روش‌های آبیاری و توزیع نامناسب آب می‌باشد. در مطالعه رضائی و گیلانی (۱۳۷۹) عملکرد و اجزای عملکرد و میزان مصرف آب در دو حالت غرقابی و بارانی مقایسه شد. در این آزمایش تفاوتی بین آبیاری بارانی و غرقابی از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد اما مقدار مصرف آب در حالت بارانی یک سوم آبیاری غرقابی بود. برای غلبه بر مشکلات مرتبط با کشت سنتی برنج، کشت مستقیم برنج می‌تواند تنها جایگزین

مناسب برای نجات کشاورزان باشد (فاروق و همکاران ۲۰۱۱). این روش به عنوان روشی مطلوب در کشت برنج در مناطقی وسیع از کشورهای آسیایی در حال گسترش است. کشت مستقیم برنج به رفع چالش‌های کمبود آب و نیروی کار، زمان و مشکلات خاک و پایداری سیستم تولید کمک می‌کند (کومار و همکاران ۲۰۰۸). بومن و همکاران (۲۰۰۵) در سیستم کشت مستقیم، حفظ آب (۵۱ درصد) و بهره‌وری بالاتر آب (۳۲-۸۸ درصد) را در مقایسه با برنج غرقاب را گزارش کردند. در این مطالعه میانگین آب مصرفی دو سال آزمایش، در روش آبیاری سطحی ۱۲۴۴۰۱ و در روش آبیاری بارانی ۳۳۸۵۴ مترمکعب در هکتار بود. هدف از این تحقیق بررسی سامانه‌های مختلف آبیاری در کشت نشایی و افزایش بهره‌وری آب در تولید و عملکرد و کاهش آب مصرفی برنج می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات گرگان به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل روش‌های سنتی یا غرقاب دائم، بارانی و نواری قطره‌ای در کشت مستقیم بودند. ابعاد هر کرت ۱۲×۶ متر و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتیمتر بود. بعد از انجام عملیات شخم اولیه و ثانویه بذرهایی که از قبل خیسانده شده بود به مزرعه منتقل و کشت انجام شد. رقم مورد انتخابی در این آزمایش رقم پر محصول فجر (با توجه به غالب بودن کشت این رقم در منطقه) بود. کوددهی براساس آزمون خاک در چند مرحله انجام شد. آبیاری براساس تبخیر روزانه به وسیله تشت تبخیر اندازه‌گیری شد. پس از رسیدن محصول، برداشت در اوایل مهرماه انجام شد. بهره‌وری آب براساس رابطه (۱) محاسبه گردید (سینگ و همکاران):

(۱) آبیاری/عملکرد شلتوک=بهره‌وری آبیاری مبتنی بر عملکرد شلتوک (کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار)
برای اندازه‌گیری‌های موردنظر پنج کپه از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب شد. بعد از اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، تجزیه و تحلیل داده‌های این آزمایش با نرم‌افزار SAS انجام شد.

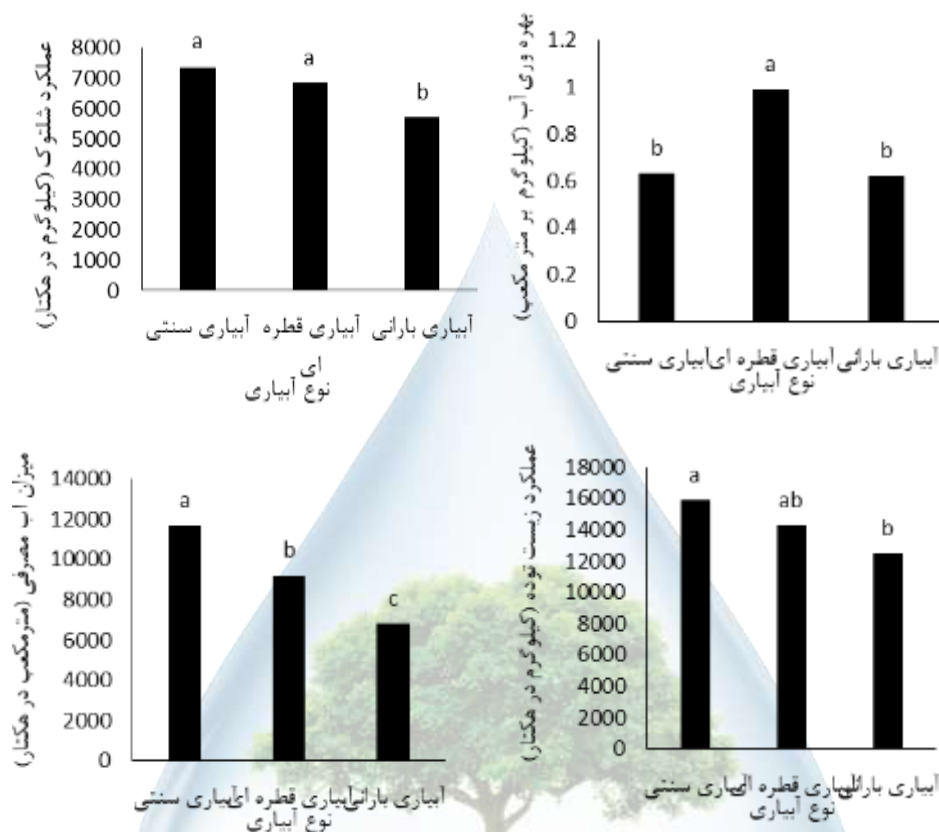
۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد شلتوک، زیست‌توده و بهره‌وری آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد زیست‌توده و شلتوک در آبیاری سنتی (به ترتیب ۱۵۹۱۵ و ۷۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با مقادیر عملکرد شلتوک و زیست‌توده به دست آمده در آبیاری قطره‌ای (با عملکرد زیست‌توده و شلتوک به ترتیب ۱۴۲۴۹ و ۶۸۳۶ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار نداشته است (شکل ۱)؛ در حالی نسبت به تیمار آبیاری بارانی ۲۱ و ۲۲ افزایش عملکرد زیست‌توده و شلتوک داشته است (شکل ۱). نتایج نشان داد در آبیاری بارانی انتقال نامطلوب آب در منطقه رشد ریشه روی تولید زیست‌توده و شلتوک برنج اثر منفی گذاشته است (شکل ۱). نتایج نشان داد آبیاری قطره‌ای در کشت مستقیم نقش مؤثری جهت حفظ عملکرد برنج نسبت به آبیاری سنتی داشت (شکل ۱). با توجه به نقش عمده‌ای که آب در تشکیل بافت گیاهی، تبادل مواد در داخل گیاه، تعرق، فتوسنتز و خنک کردن گیاه دارد، طبیعتاً کمبود آب تولید ماده خشک و دانه را با مشکل مواجه می‌کند (تایز و زایگر، ۲۰۰۶). گیاه برنج تحت تأثیر خشکی واکنش‌هایی مثل لوله‌ای شدن برگ، عقیم‌شدن گل، کاهش توسعه برگ، تغییر اختصاص ماده خشک، افزایش عمق ریشه‌دهی، تأخیر در دوره توسعه رشد رویشی، افزایش پیری برگ و کاهش میزان فتوسنتز را نشان می‌دهد (ووپاریس و همکاران، ۱۹۹۶). هی و همکاران (۲۰۱۴) در مقایسه اثر آبیاری قطره‌ای و نواری بر عملکرد برنج کاهش ۳ تا ۶ تن عملکرد شلتوک را در آبیاری نواری گزارش نمودند. بررسی نتایج بهره‌وری آبیاری داد که بالاترین بهره‌وری آبیاری در کشت مستقیم در آبیاری قطره‌ای (۰/۹۹ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار) به دست آمد (شکل ۱). طبق نتایج، آبیاری قطره‌ای سبب افزایش بهره‌وری آب به میزان ۳۷ درصد نسبت به آبیاری بارانی و سنتی در کشت مستقیم برنج گردید (شکل ۱). نتایج نشان داد در کشت مستقیم آبیاری قطره‌ای نتایج مطلوبی از نظر بهره‌وری آب و عملکرد داشته است (شکل ۱). آبیاری قطره‌ای

نواری این قابلیت را دارد که آب موردنیاز گیاه را با دور کوتاه و با راندمان بالا در اختیار گیاه قرار دهد. در این روش بدون ایجاد رواناب و کاهش نفوذ عمقی، گیاه حداکثر استفاده را از آب آبیاری را می‌برد. نتایج تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد این روش آبیاری می‌تواند در تولید برنج نقش مؤثری ایفا نموده و در کاهش آب مصرفی مؤثر باشد. هی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی عملکرد برنج تیمار آبیاری قطره‌ای برنج مشاهده نمودند که آبیاری قطره‌ای سبب تشکیل ریشه‌های سطحی برنج می‌شود که سبب جذب مؤثر آب گردید و خلاء اقتصادی کم‌تری نسبت به آبیاری غرقاب سنتی داشته است. نتایج نشان داد که اثر روش آبیاری بر میزان آب مصرفی معنی‌دار بوده است (جدول ۱). بیش‌ترین میزان آب مصرفی در آبیاری سنتی (۱۱۶۹۳ مترمکعب در هکتار) به دست آمد که با آب مصرفی روش قطره‌ای و بارانی (به ترتیب ۹۲۰۰ و ۶۸۴۰ مترمکعب در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشته است. دسترسی مؤثر گیاه برنج به آب سبب افزایش بهره‌وری آب در تولید دانه می‌شود. از این‌رو باید از روش‌های دقیق‌تر آبیاری جهت به حداقل رساندن هدرروی آب استفاده نمود (راجواده و همکاران، ۲۰۱۸). تنظیم مصرف آب از هر دو طریق مصرف کم‌تر آب و کاهش هدرروی آب می‌تواند سبب سوق دادن نظام‌های تولید برنج به بهره‌وری بیشتر آب برای ایجاد نظام-های تولید پایدار برنج شود. نتایج این آزمایش نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای ضمن کاهش مصرف آب، توانایی افزایش بهره‌وری آب و حفظ میزان عملکرد برنج در کشت مستقیم را داشته است. طبق آمار بیان شده سازمان جهاد در استان گلستان سالانه ۷۵ تا ۸۰ هزار هکتار کشت برنج صورت می‌گیرد و کشت مستقیم برنج می‌تواند به ازای هر هکتار هفت میلیون تومان صرفه‌جویی در هزینه داشته باشد؛ بنابراین با توجه به گرایش موجود به کشت مستقیم در استان گلستان، استفاده از روش آبیاری قطره‌ای با برنامه‌ریزی مدون می‌تواند در تولید به ازای مصرف آب کم‌تر در کشت مستقیم برنج مؤثر باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر روش آبیاری بر عملکرد زیست‌توده و شلتوک و بهره‌وری آب برنج

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد شلتوک	عملکرد زیست‌توده	بهره‌وری آبیاری	مقدار آب مصرفی
بلوک	۲	۴۴۳۸۰ns	۱۲۵۰۳۳ns	۰/۰۰۰۸۰ns	۱۹۳۴۳ns
آبیاری	۲	۲۱۵۷۷۸۳*	۸۷۰۷۱۳۸*	۰/۱۳۸**	۱۷۶۷۳۰۲۶**
خطا	۴	۱۹۴۳۳۲	۱۰۳۵۱۱۷	۰/۰۰۱۸	۶۶۴۶۳
ضریب تغییرات (%)	-	۷	۷	۵	۳



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

منابع و مراجع

- ۱- اسدی، ر. رضایی، م. م. معتقد، ک. ۱۳۸۳. راه حل ساده برای مقابله با خشک سالی ها در شالیزارهای مازندران. فصلنامه علمی ترویجی خشکی و خشک سالی کشاورزی، شماره ۱۴: ۸۷-۹۰.
- ۲- عرب زاده، ب. ۱۳۸۴. بررسی کم آبیاری تنظیم شده در کشت نشایی برنج رقم فجر. انتشارات معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور. ۲۴ صفحه.
- ۳- گیلانی، ع و م، رضایی. ۱۳۷۹. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. مقایسه کاربرد دو روش آبیاری بارانی و استغرافی جهت کشت مستقیم برنج در خوزستان. مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.
- 4- Bouman, B. A. M., Peng, S., Castaneda, A. R., Visperas, R. M., (2005), "Yield and water use of irrigated tropical aerobic rice systems", *Agricultural Water Management*, 74: 87-105.
- 5- Bellinder, R. R., Gupta, R. K., Malik, R. K., Brainard, D. C., (2008), "Role of herbicide-resistant rice in promoting resource conservation technologies in rice-wheat cropping systems of India: a review", *Crop Protection*, 27: 290-301.
- 6- Farooq, M., Siddique K. H. M., Rehman H, Aziz T, Lee D. J. and Wahid, a., (2011), "Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities", *Soil and Tillage Research*, 111(2): 87-9.
- 7- FAO. (2016). Food and Agricultural Organization of the United Nations (sited in: http://www.fao.org/index_en.htm/, 11/4/2018).
- 8-He, H. B., Yang, R., Chen, L., Fan, H., Wang, X., Wang, S. Y., Cheng, H. W., Ma, F. Y., "Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation (PMDI) ", *The Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 24, No.1, 2014.



- 9- He, H., Ma, F., Yang, R., Chen, L., Jia, B., Cui, J., ... & Li, L. (2013). Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation. PLoS one, 8(12), e83103.
- 10- Molden, D., Murry-Rust, H., Sakhivandival, R. and Makin, I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity. Wadduwe, Sri Lanka, 12 -13 November.8- Kumar, V.,
- 11- Singh, R, Van Dam, J.C, and feddes, R.A 2006. Water productivity analysis irrigated crops in Sirsa district, India. Agri Water Manage. 82: 253-278
- 12- Rajwade, Y. A., Swain, D. K., Tiwari, K. N., and Singh Bhadoria, P. B. (2018). Grain Yield, Water Productivity, and Soil Nitrogen Dynamics in Drip Irrigated Rice under Varying Nitrogen Rates. Agron. J. 110(3). 868-878.
- 13- Wopereis .M. C. S. Bouman .B. A. M., Tuong, T. P., ten Berge, H. F. M. and Kropff, M. J. (1996). ORYZA W: rice growth model for irrigated and rain fed environments.SARP Research proceeding. Wageningen. The Netherlands.



تأثیر سامانه‌های نوین آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در کشت نشائی

مریم کریمی فرد^{۱*}، مهدی ذاکری نیا^۲، علیرضا کیانی^۳، محمدتقی فیض بخش^۴

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استاد موسسه فنی مهندسی کشاورزی استان گلستان، ^۴ استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان

*karimifard2525@yahoo.com

چکیده

آب یکی از منابعی است که در تولیدات محصولات کشاورزی نقش مهمی را ایفا می‌کند و چنانچه به صورت صحیح مدیریت نشود محدودیت زیادی را در مصرف آب شرب و کشاورزی به وجود می‌آورد به همین منظور آزمایشی به منظور بررسی میزان عملکرد و بهره‌وری آب در گیاه برنج در کشت نشائی انجام شد. این آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی علوم کشاورزی گرگان در سال ۱۳۹۷ به اجرا در آمد. تیمارها شامل روش‌های مختلف آبیاری شامل آبیاری بارانی، نواری قطره‌ای و آبیاری سنتی بود. دور آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق روزانه با تشت تبخیر محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد زیست‌توده و شلتوک در کشت نشائی تحت آبیاری سنتی (به ترتیب ۱۷۰۴۵ و ۸۱۷۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با مقادیر عملکرد شلتوک و زیست‌توده به دست آمده در آبیاری قطره‌ای (به ترتیب ۱۰۸۹۵ و ۴۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) و بارانی (به ترتیب ۹۳۷۳ و ۴۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشته است. نتایج این آزمایش نشان داد که روش آبیاری قطره‌ای و بارانی در کاشت نشائی اثر مثبتی روی عملکرد برنج نداشته است و باید از تدابیر دیگری جهت کاهش مصرف آب نسبت به آبیاری غرقاب استفاده نمود. دلایل عدم موفقیت آبیاری قطره‌ای و بارانی می‌تواند شیوع بیماری‌ها یا کارایی کم روش‌های آبیاری و ایرادات فنی سیستم باشد.

واژگان کلیدی: آبیاری، برنج، عملکرد، کشت نشائی.

۱- مقدمه

کمبود آب یک محدودیت اساسی در توسعه زراعت برنج در برخی از مناطق دنیا محسوب می‌شود (رزگران و همکاران، ۲۰۰۲). تأمین مقدار کافی آن یک امر ضروری برای افزایش تولید می‌باشد. به طوری که تولید برنج تحت آبیاری به دلیل توسعه عوامل صنعتی و مناطق روستایی و محدودیت منابع آب و زمین، به سرعت در حال کاهش است و هزینه مربوط به توسعه ساخت‌های آبیاری مانع عمده‌ای برای افزایش تولید برنج از طریق آبیاری می‌باشد. لذا مدیریت آبیاری نامناسب نه تنها به عدم امنیت غذایی بلکه به مسائل و مشکلات محیطی مانند هدررفت بیش از حد آب، کاهش کیفیت آب، افزایش شوری و مانداب شدن منتهی می‌شود (رزگران و همکاران، ۲۰۰۲). مقدار آب مصرفی مزرعه و طی دوره رشد برنج، اغلب بیش از مقدار نیاز واقعی می‌باشد و استفاده بی‌رویه از آب اغلب منجر به افزایش رواناب سطحی، نفوذ افقی و عمودی در خاک می‌گردد که میزان آن معادل ۵۰ تا ۸۰ درصد کل آب مصرفی می‌باشد (گیورا، ۱۹۹۸). تغییر در الگوی آبیاری مزارع برنج و استفاده از فن‌آوری‌های جدید مانند سیستم آبیاری تحت فشار جهت دستیابی به امنیت غذایی و تولید مناسب و پایدار و به حداقل

رساندن بحران کمبود آب در آینده، یکی از روش‌های مدیریت آبیاری برنج در محیط‌های کم آب دنیا است (گیلانی و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از معضلات اصلی استفاده از روش‌های آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای افزایش عملکرد دانه به‌رغم کاهش مصرف آب است (شاردا و همکاران، ۲۰۱۶). تحقیقات نتایج مختلفی در مورد اثر روش‌های جدید آبیاری بر میزان عملکرد برنج را گزارش نمودند. شاردا و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی آبیاری قطره‌ای در کشت مستقیم برنج افزایش عملکرد دانه نسبت به آبیاری غرقاب از ۷/۱۱ تن به ۷/۶ تن در هکتار را گزارش نمودند. وسکات و وینز (۱۹۸۶) طی یک آزمایش دوساله در شمال لوئیزیانای آمریکا عملکرد برنج را در دو حالت آبیاری بارانی و غرقابی مقایسه نمودند. در این آزمایش عملکرد دانه در آبیاری بارانی به ترتیب ۶۲ و ۷۵ درصد غرقابی در سال‌های ۱۹۸۳ و ۱۹۸۴ بود. همچنین مصرف آب در بارانی به میزان یک‌سوم تا یک‌دوم غرقابی کاهش یافت. با توجه به ضرورت صرفه‌جویی میزان آب در کشت برنج، روش‌های آبیاری مختلف در کشت برنج مورد بررسی قرار گرفتند.

۲- مواد و روش‌ها:

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی گرگان در تابستان سال ۱۳۹۷ صورت گرفت. منطقه با ۵/۵ متر ارتفاع از سطح دریا و موقعیت عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی اجرا شد. طرح به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری شامل روش‌های سنتی یا غرقاب دائم، بارانی و نواری قطره‌ای به‌عنوان عامل اصلی و روش کاشت نشایی به‌عنوان عامل فرعی بودند. ابعاد هر کرت ۱۲×۶ متر و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتیمتر بود. بعد از انجام عملیات شخم نشاها که از قبل در خزانه آماده شده بود در مرحله سه تا چهار برگی به مزرعه اصلی منتقل و کشت شدند. رقم مورد انتخابی در این آزمایش رقم پر محصول فجر (با توجه به غالب بودن کشت این رقم در منطقه) بود. کوددهی بر اساس آزمون خاک در چند مرحله انجام شد. آبیاری بر اساس تبخیر و تعرق روزانه اندازه‌گیری شده به وسیله تشت تبخیر صورت گرفت. پس از رسیدن محصول، برداشت در اوایل مهرماه انجام شد. برای اندازه‌گیری‌های موردنظر پنج کپه از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب شد. اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه بر اساس استانداردهای زراعی کشور صورت گرفت. بعد از اندازه‌گیری صفات، تجزیه و تحلیل داده‌های این آزمایش با نرم‌افزار SAS انجام شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد شلتوک، تعداد پنجه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. بالاترین وزن هزار دانه (۲۳/۰۸ گرم) و تعداد دانه پر در خوشه (۱۲۲ عدد) در تیمار آبیاری سنتی به دست آمد که با سایر روش‌های آبیاری تفاوت معنی‌دار داشته است (شکل ۱). در اثر رژیم کم آبیاری، شاخص سطح برگ کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون‌بوته‌ای، تعداد پنجه بارور و تعداد دانه پر کم‌تری تولید می‌شود (شکل ۱) که با نتایج ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۷) در زمینه تأثیر کم آبیاری بر رشد برنج مطابقت دارد. بالاترین تعداد پنجه در تیمار آبیاری سنتی (۳۳/۴۶) به دست آمد که با تیمار آبیاری قطره‌ای تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۱)؛ در حالی که کاهش معنی‌داری در تعداد پنجه تحت آبیاری بارانی مشاهده شد.

نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد زیست‌توده در آبیاری سنتی (۱۷۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که مقدار به دست آمده در تیمار آبیاری قطره‌ای و بارانی (به ترتیب ۱۰۸۹۵ و ۹۳۷۳ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشت و نسبت به آبیاری بارانی ۴۵ درصد افزایش تولید زیست‌توده داشته است (شکل ۱). به نظر می‌رسد در آبیاری بارانی و قطره‌ای کاهش رطوبت در منطقه رشد ریشه روی تولید زیست‌توده گیاه اثر منفی گذاشته است (شکل ۱). میر ابوالقاسمی و همکاران (۱۳۹۶) بیان نمودند که برنج برای توسعه ریشه خود نیاز به شرایط اشباع دارد و کاهش رطوبت خاک از حد اشباع، باعث کاهش میزان عملکرد ماده خشک شده است. گیاهان سه کربنی مانند برنج در شرایط کاهش آبیاری به سرد کردن برگ‌های خود از طریق

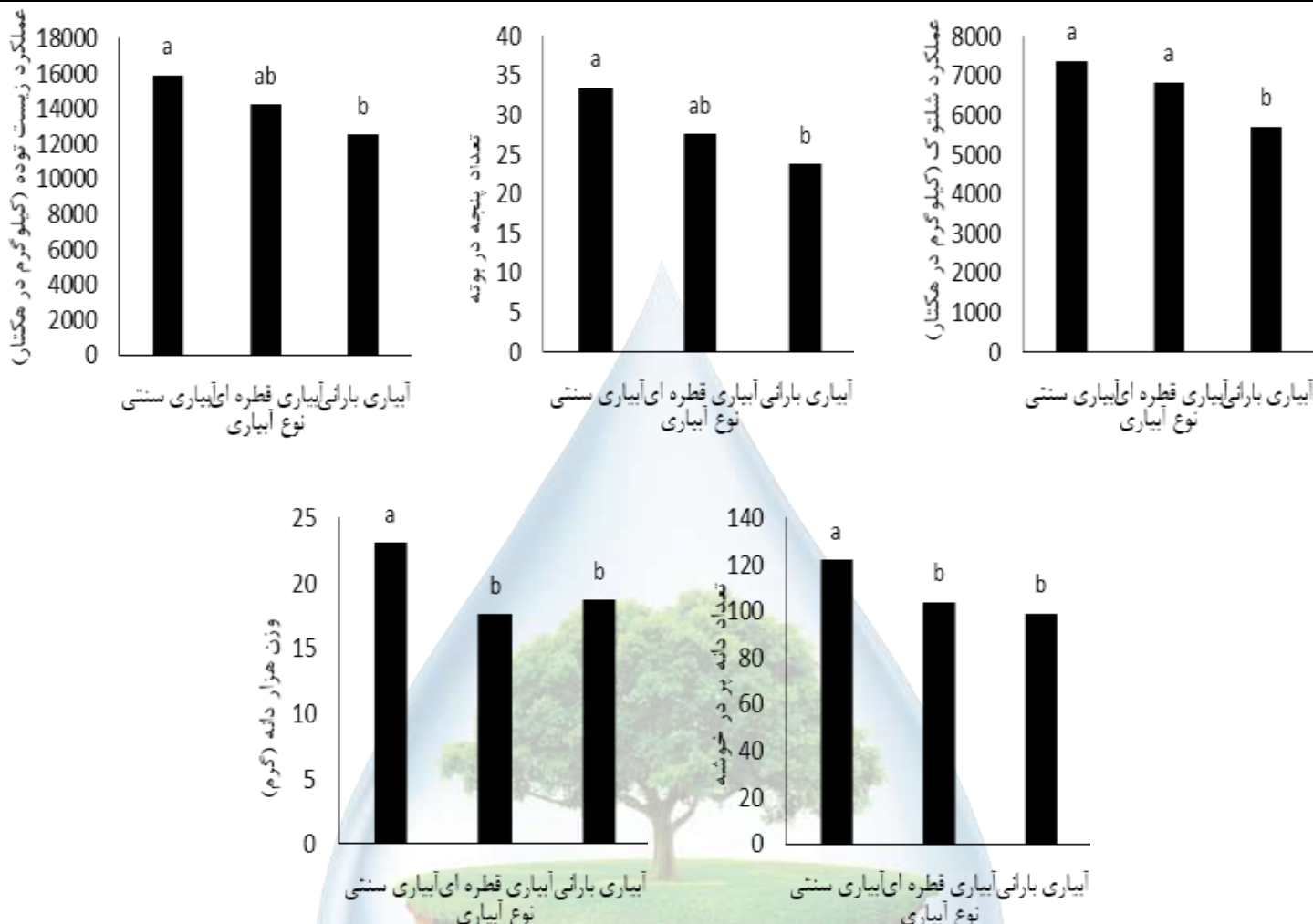
تعرق وابسته می‌باشند. در چنین شرایطی، خشکی خاک سبب می‌شود گیاه علاوه بر دمای محیط به دلیل عدم توانایی تعرق، تنش گرمایی مضاعفی را تحمل کند که سبب آسیب به گیاه می‌شود (تایز و زایگر، ۲۰۰۶).

مقایسه میانگین روش‌های آبیاری نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد شلتوک در آبیاری سنتی (۸۱۷۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با مقدار عملکرد شلتوک به دست آمده در آبیاری قطره‌ای و بارانی (به ترتیب با عملکرد شلتوک ۴۸۶۵ و ۴۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار داشته است (شکل ۱). نتایج نشان داد در آبیاری بارانی و قطره‌ای انتقال نامطلوب آب در منطقه رشد ریشه روی تولید شلتوک برنج اثر منفی گذاشته است (شکل ۱). پراساد و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که برای اکثر گیاهان زراعی به‌خصوص آن‌هایی که مانند برنج (دارای پریکارپ ثابت) محدودیت فیزیکی برای رشد دانه دارند، ظرفیت عملکرد عمدتاً توسط تعداد دانه در واحد سطح و طول دوره پر شدن دانه تعیین می‌شود و تنش گرمایی و کمبود آب طول دوره پر شدن دانه و اندازه بذر را کاهش می‌دهد. هی و همکاران (۲۰۱۴) در مقایسه اثر آبیاری قطره‌ای و نواری بر عملکرد برنج کاهش سه تا شش تن عملکرد شلتوک را در آبیاری نواری گزارش نمودند. عوامل مانند تبخیر بالای آب، انتقال نامناسب آب در منطقه موردنیاز گیاه در شرایط اقلیمی خاص از جمله باد شدید می‌تواند از جمله عوامل کاهش کارایی آبیاری بارانی در کشت باشد (پیرایش، ۱۳۹۳). وسکات و وینز (۱۹۸۶) گزارش نمودند که تعداد گلچه کم‌تر در خوشه، عامل اصلی کاهش عملکرد در آبیاری بارانی می‌باشد.

نتایج نشان داد روش‌های قطره‌ای و بارانی با توجه به شرایط موردنیاز در کشت نشایی، کارایی مناسبی در افزایش عملکرد برنج نداشته‌اند (شکل ۱). طبق آمار بیان شده سازمان جهاد در استان گلستان سالانه ۷۵ تا ۸۰ هزار هکتار کشت برنج صورت می‌گیرد. بنابراین اتخاذ روش‌های آبیاری که سبب کاهش مصرف آب گردد، در این منطقه بسیار حائز اهمیت می‌باشد. با توجه به این که آبیاری قطره‌ای و بارانی نتایج مطلوبی از نظر عملکرد شلتوک برنج نداشته‌اند، می‌توان از تدابیر دیگری جهت افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب بهره برد. برای بهینه‌سازی مصرف آب روش‌هایی نظیر آبیاری کم‌عمق، تر و خشک کردن متناوب، کاشت در خاک اشباع، سامانه‌های پوششی زمین، سیستم متراکم برنج، برنج هوازی، کشت مستقیم در جوی و پشته، کاشت بذر در بستر مرطوب، کاشت بذر در بستر خشک و کم آبیاری تنظیم شده در کشورهای برنج‌خیز دنیا بررسی شده است (بومن و تونگ، ۲۰۰۱؛ لال و همکاران، ۲۰۱۳؛ نارش و همکاران، ۲۰۱۲؛ ساندو و همکاران، ۲۰۱۲). یکی از راه‌های افزایش بهره‌وری آب در مزرعه، کاهش مصارف تبخیر، نفوذ و نشت است (تانگ و بویان، ۱۹۹۹)؛ بنابراین در صورت اتخاذ آبیاری سنتی در کشت، می‌توان با کاهش تلفات آب به تولید با مصرف آب کم‌تر دست یافت. دلایل عدم موفقیت آبیاری قطره‌ای و بارانی می‌تواند شیوع بیماری‌ها یا کارایی کم روش‌های آبیاری و ایرادات فنی سیستم باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر روش آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد زیستی	تعداد پنجه	وزن هزار دانه	تعداد دانه پر	عملکرد شلتوک
بلوک	۲	۶۹۹۵۰ns	۲/۵۷ns	۰/۳۱ns	۱۳/۴۱ns	۹۷۳۶۸ns
آبیاری	۲	۴۹۵۰۳۴۲۳***	۷۱/۶۰ns	۲۵/۰۹***	۴۴۶/۲۰***	۱۳۶۷۰۲۷۱**
خطا	۴	۲۰۰۳۷۱	۱۰/۷۶	۰/۳۶	۹/۶۷	۳۳۰۱۰
ضریب تغییرات (%)	-	۴	۱۲	۳	۳	۳



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد برنج کشت نشایی تحت تأثیر تیمارهای آبیاری

منابع و مراجع

- ۱- ابراهیمی راد، ح.، بابازاده، ح.، امیری، ا. و صدقی، ح. ۱۳۹۷. اثر تراکم کاشت و مدیریت آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در منطقه کوشال لاهیجان، استان گیلان. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۹(۲): ۳۷۷-۳۸۳.
- ۲- پیرایش، ا. ط. ۱۳۹۳. بررسی دیدگاه کشاورزان پذیرنده سیستم‌های آبیاری بارانی در گسترش و عدم گسترش این سیستم‌ها (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). ۱۳۹۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد توسعه روستایی. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۰ صفحه.
- ۳- میر ابوالقاسمی، س. م.، قبادی نیا، م.، قاسمی، ا. ر. و نوری امامزاده‌ای، م. ر. ۱۳۹۵. تأثیر آبیاری زیرزمینی و مدیریت آبیاری بر مشخصه‌های رشد و اجزای عملکرد برنج در منطقه خشک و نیمه‌خشک. آب و خاک ۳۱(۲): ۴۱۱-۴۲۱.
- ۴- گیلانی، ع. ع.، آسلان، ش.، جلالی، س. و بهبهانی، ل. ۱۳۹۸. اثر آبیاری بارانی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و راندمان مصرف آب ارقام برنج در کشت مستقیم خشکه‌کاری در خوزستان. ۴۲(۱): ۷۳-۶۳.
- 5- Bouman B.A.M., Kropff M.J., Tuong T.P., Wopereis M.C.S., Ten Berge H.F.M. and Van Laar H.H. 2001. ORYZA2000: modeling lowland rice. International Rice Research Institute, Los Banos.
- 6- Guerra, L. C. 1998. Producing more rice with less water from irrigated systems.(vol. 5). IWMI.
- 7- He, H. B., Yang, R., Chen, L., Fan, H., Wang, X., Wang, S. Y., Cheng, H. W., Ma, F. Y., "Rice root system spatial distribution characteristics at flowering stage and grain yield under plastic mulching drip irrigation (PMDI)", The Journal of Animal & Plant Sciences, Vol. 24, No.1, 2014.
- 8- Lal B. Priyanka G. and Ekta, J. (2013). Differentrice establishment methods for producing morerice per drop of water: A review. InternationalResearch in BioSciences, 2(2): 1-12.
- 9- Naresh R.K. Singh B. Singh S.P. Singh P.K. Kumar A. and Kumar A. (2012) Furrow irrigated raised bed (FIRB).

planting technique for diversification of rice-wheat system for Western IGP region. International Life Science Biotechnology and Parma Researc, 1(3): 134-141.

10- Prasad, P. V. V., Staggenborg, S. A., and Ristic, Z. 2008. Impacts of drought and/or heat stress on physiological, developmental, growth, and yield processes of crop plants. Response of crops to limited water: Understanding and modeling water stress effects on plant growth processes, (responseofcrops), 301-355.

11- Rosegrant, M. W., Cai, X., & Cline, S. A. (2002). World water and food to 2025: dealing with scarcity. Intl Food Policy Res Inst.

12- Sandhu S.S. Mahal S.S. Vashist K.K. Buttar G.S. Brar A.S. and Singh M. (2012) Crop and water productivity of bed transplanted rice as influenced by various levels of nitrogen and irrigation in northwest India. Agricultural Water Management, 104: 32-39 .

13- Sharda, R., Mahajan, G., Siag, M., Singh, A., and Chauhan, B. S. 2017. Performance of drip-irrigated dry-seeded rice (*Oryza sativa* L.) in South Asia. Paddy and water environment. 15(1), 93-100.

14-Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant physiology. Sinauer Associates. Sunderland MA. US. 2010. 782 p.

15- Tuong T.P. and Bhuiyan S.I. (1999). Increasing water-use efficiency in rice production: farmlevel perspectives. Agricultural Water Management, 40(1): 117-122.

16- Westcott, M. P., & Vines, K. W. (1986). A Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation for Rice 1. Agronomy Journal, 78(4), 637-640.

17- Westcott, M. P., & Vines, K. W. (1986). A Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation for Rice 1. Agronomy Journal, 78(4), 637-640.

18-Westcott, M. P., & Vines, K. W. (1986). A Comparison of Sprinkler and Flood Irrigation for Rice 1. Agronomy Journal, 78(4), 637-640.



Effect of new irrigation systems on yield and yield components of rice

Maryam karimi fard, Mehdi zakernia, Ali Reza Kiani, Mohammad Taghi Feizbakhsh

¹ M.Sc.student, Dept. of Irrigation and Drainage, Gorgan University of Agricultural science and natural resources, ²Associate Prof.water engineering dep, Gorgan University of Agricultural science and natural resources, ³ Prof., Dept. of Agriculture Engineering, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center, ⁴Assistant prof., Dept. of Agriculture Engineering, Golestan Agricultural and Natural Resources Research Center.

¹*(Krimifard2525@yahoo.com)

Abstract:

At present, the irrigation of rice is mostly done by full flooding which results in high consumption of water and lower irrigation productivity. This research was conducted to evaluate the yield and yield component of rice plant. This experiment was carried out in a completely randomized block design with three replications at Gorgan Agriculture Sciences Research Farm in 2018. In this study, Treatments included irrigation methods including sprinkler irrigation, trickle irrigation, and traditional irrigation. Irrigation intervals were calculated based on evapotranspiration daily with evaporation pan. The results showed that the highest amount of biomass and paddy yield of rice in transplanted cultivation under traditional irrigation (17045 and 8177 kg/ha respectively) was significantly different with the biomass and paddy yield of rice in trickle (10895 and 4865 kg/ha respectively) and sprinkler (9373 and 4189 kg/ha respectively) irrigations. The results of this experiment showed that the sprinkler and trickle irrigations had no positive effect on and yield of rice in transplanting method and we need to take other plans to reduce consumption of water in flood irrigation. The reasons for the failure of trickle and sprinkler irrigations can be the outbreak of diseases or the low efficiency of irrigation procedures and system technical defects.

Keywords: Irrigation, transplanting method, Rice, Yield.

تحلیل تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش بلانی کریدل در ایستگاه سینوپتیک زابل

عباس خاک سفیدی^{*۱}

^{*۱} مربی، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه زابل

^{*۱}A.Khaksafidi@uoz.ac.ir

چکیده

برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل در مواردی مانند برنامه‌ریزی آبیاری، توازن هیدرولوژیکی، طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری و پیش‌بینی میزان عملکرد محصول ضروری است تعداد زیاد پارامترهای مؤثر در برآورد تبخیر - تعرق پتانسیل و از طرفی اندازه‌گیری برخی از این پارامترها در بعضی ایستگاه‌ها، سبب گردیده تا امکان برآورد دقیق آن میسر نباشد. در این پژوهش از روش بلانی- کریدل که از دقت بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است به منظور محاسبه تحلیل تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق پتانسیل در شهرستان زابل استفاده شده است برای این کار از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زابل طی یک دوره آماری ۲۰ ساله استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ETP در تیر ماه (۴۹۳/۹ میلی‌متر) بوده که سزعت باد بیشترین تأثیر را دارد و در مناطق خشک به علت دوری از منابع رطوبت و دریافت تابش بیشتر، میزان تبخیر و تعرق بیشتر از بارندگی سالانه بوده است.

واژگان کلیدی: تبخیر و تعرق پتانسیل، روش بلانی کریدل، سیستان

۱- مقدمه

یکی از پیش نیازهای مدیریت بهینه آب در حوزه آبخیز تخمین دقیق مولفه‌های بیلان آب می‌باشد و تبخیر- تعرق پتانسیل یکی از عوامل تأثیرگذار بر بیلان آب محسوب می‌گردد. برآوردهای دقیق تبخیر- تعرق در مطالعاتی از قبیل تغییر اقلیم جهانی، تکامل محیطی و کنترل منابع آب نقش مهمی بازی می‌کند (Liu et al., 2010). پدیده تبخیر- تعرق باعث تلفات آب و رطوبت از سطوح آبی، خاک و پوشش گیاهی شده و محاسبه آن از طریق روشی مناسب با توجه به میزان اندک نزولات جوی و محدودیت منابع آب در ایران از اهمیت زیادی برخوردار است. روش‌های محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل در دو گروه تجربی و ترکیبی قرار می‌گیرند. در روش‌های تجربی اساس کار بر روی پارامتر دما قرار دارد و با استفاده از دمای محیط، تبخیر- تعرق پتانسیل محاسبه می‌گردد. در روش‌های ترکیبی برای محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل از دو فرایند توازن انرژی و آیرودینامیک استفاده می‌شود. رابطه‌های تجربی بسیاری از جمله هارگریوز و بلانی کریدل برای برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل پیشنهاد شده‌اند که نیاز به پارامترهای ورودی کمی دارند اما این رابطه‌ها در همه نواحی اقلیمی دقت خوبی ندارند، بنابراین استفاده از آن‌ها با خطای زیادی همراه است (Jensen et al., 1997).

دقت برآورد مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل در استان خراسان با روش‌های هارگریوز- سامانی و تشتک تبخیر محاسبه نتیجه نشان داد که روش تشتک تبخیر علی‌رغم اینکه تابع داده‌های متعدد هواشناسی است، نتایج قابل قبولی در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل ندارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۰).

فرهودی و شمسی‌پور در سال ۱۳۷۹، از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های منطقه‌ی بلوچستان جنوبی با طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۵-۱۳۷۶ استفاده کرده و برای تعیین مناسبترین روش تعیین تبخیر و تعرق در سطح منطقه به تحلیل نمودارهای مقایسه‌های بین روش‌های تورنت وایت و بلانی کریدل و روش اندازه‌گیری مستقیم پرداخته‌اند و در آخر به این نتیجه رسیده‌اند که روش تورنت وایت، نتایج صحیحی برای فصول مختلف ارائه می‌دهد ولی روش بلانی کریدل، همبستگی خوبی با روش اندازه‌گیری مستقیم دارد و اینکه از غرب و شمال بطرف شرق و جنوب، از میزان تبخیر و تعرق کاسته شده است و منطقه‌ی بلوچستان جنوبی در تمام ماه‌ها، دارای تبخیر و تعرق پتانسیل بالاتر از بارش می‌باشد.

صمدی و مجدزاده در سال ۱۳۸۲، ضمن اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن توسط لایسیمتر در کرمان تعدادی از روش‌های محاسباتی بلانی-کریدل، تورنت وایت و پنمن-فائو را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که معادله بلانی-کریدل مناسب‌ترین روش برای استفاده در مناطق خشک است.

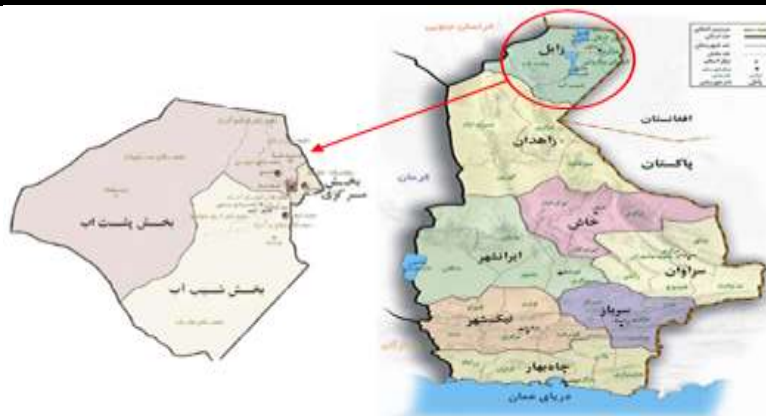
سوده‌پور و همکاران در سال ۲۰۰۲، از مقادیر تبخیر به دست آمده از تشت تبخیر به عنوان خروجی و داده‌های روزانه دمای حداقل و حداکثر، رطوبت نسبی حداقل و حداکثر، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد به عنوان ورودی شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که چنانچه از تمامی پارامترهای نام برده به عنوان ورودی استفاده شود بهترین نتایج به دست می‌آید. همچنین آن‌ها بیان کردند که استفاده از مقادیر میانگین پارامترهای ورودی به جای مقادیر حداقل و حداکثر، تأثیر معنی‌داری در کاهش دقت مقادیر خروجی ندارد.

کوچک‌زاده و بهمنی در سال ۲۰۰۶، در پژوهشی بیان کردند در صورت کمبود پارامترهای اقلیمی، شبکه‌های عصبی مصنوعی قادرند در مقایسه با روش‌های تجربی هم چون بلانی-کریدل، جنسن-هیز و هارگریوز-سامانی برآوردهای بهتری از تبخیر-تعرق پتانسیل ارائه کنند.

لاندراس و همکاران در سال ۲۰۰۸، پژوهشی در شمال اسپانیا انجام دادند نتایج تبخیر-تعرق پتانسیل به دست آمده از روش شبکه عصبی مصنوعی در ۴ ایستگاه هواشناسی با تغییر در تعداد پارامترهای ورودی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از پارامتر دما، می‌توان تبخیر-تعرق پتانسیل را در تمامی ایستگاه‌ها به خوبی برآورد. هدف از این پژوهش تحلیل تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق پتانسیل با روش بلانی کریدل در زابل می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها:

منطقه مورد بررسی شهرستان زابل واقع در استان سیستان و بلوچستان با مختصات جغرافیایی "۴۵' ۲۹' ۶۱° طول شرقی و "۳۰' ۱' ۳۱° عرض شمالی و ارتفاع ۴۷۵ متر از سطح دریا می‌باشد. که دارای آب و هوای گرم و خشک با طوفان‌های ۱۲۰ روزه که از ابتدای تیر شروع می‌شود. این شهرستان، ۱۲ درصد وسعت استان سیستان و بلوچستان را تشکیل می‌دهد (شکل ۱). میانگین بارش سالانه در این شهرستان حدود ۵۵ میلی‌متر و متوسط دمای آن از ۲۲ الی ۳۷ درجه سانتیگراد در تغییر است. تابستان‌های گرم و طولانی و زمستان‌های کوتاه دارد. اختلاف و نوسان دمای بین زمستان و تابستان و حتی در یک شبانه‌روز بسیار بالا است، ولی حداقل مطلق دما به ندرت به صفر درجه می‌رسد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان زابل

آمار و داده‌های مورد نیاز از ایستگاه سینوپتیک هواشناسی زابل جمع‌آوری و در نهایت یک دوره آماری ۲۰ ساله به عنوان دوره آماری مشترک انتخاب (جدول ۱)، سپس تبخیر- تعرق پتانسیل به روش بلانی- کریدل محاسبه شد.

جدول (۱): میانگین آمار ایستگاه سینوپتیک شهرستان زابل در دوره ۲۰ ساله

تعداد روزهای یخبندان	متوسط سرعت باد	ضریب	درصد	رطوبت نسبی		حداکثر بارندگی در یک ماهانه (میلیمتر)	حداکثر بارندگی روز (میلیمتر)	دمای هوا (درجه سانتیگراد)		معدل حداکثر	معدل حداقل	ماه	
				رطوبت	رطوبت نسبی (درصد)			حداکثر مطلق	حداکثر حداقل				
				ساعت	ساعت			متوسط	مطلق				
				۱۲:۳۰	۶:۳۰			متوسط	مطلق				
۰	۸	۰/۶	۴۴	۳۱	۴۷	۱۱/۶	۱۲/۴	۲۱	۱۶	۲۶	۱۸	۲۹	فروردین
۰	۹	۰/۷	۴۲	۲۸	۶۷	۱/۷	۲/۴	۲۸	۱۴	۴۳	۲۰	۳۱/۱	اردیبهشت
۰	۱۳	۰/۵۹	۳۴	۲۷	۵۵	۰	۰	۳۱	۱۹/۶	۴۷	۲۸	۳۹	خرداد
۰	۱۵	۰/۶	۳۱	۱۹	۵۲	۰	۳/۴	۳۶	۲۳	۴۷/۶	۳۴	۴۱	تیر
۰	۱۱	۰/۵	۲۶	۱۲	۴۶	۰	۰	۳۵	۲۳/۶	۴۷	۳۰	۳۸	مرداد
۰	۱۴	۰/۵۹	۲۷	۱۳	۴۱	۰	۲/۶	۳۰	۲۲	۵۴	۲۸	۳۴	شهریور
۰	۸	۰/۴۸	۳۴	۱۷	۴۶	۱	۰	۲۴	۱۲	۲۹	۲۳/۲	۲۸	مهر
۰	۶	۰/۳۹	۴۲	۲۵	۵۸	۵/۳	۶/۹	۱۹	۱۱	۳۵	۱۷	۲۲	آبان
۱	۹	۰/۴۲	۴۹	۴۲	۷۷	۱۸/۴	۲۱/۱	۱۰	۵/۶	۲۸/۶	۹/۳	۱۸	آذر
۵	۱۰	۰/۳۱	۵۹	۴۳	۹۷	۱۰/۲	۱۲/۳	۹	۰/۲-	۲۶	۷	۱۱	دی
۱	۷	۰/۳۹	۵۷	۴۱	۶۹	۲۴/۶	۳۶/۳	۱۲	۰/۵-	۲۶	۶	۱۷	بهمن
۰	۴	۰/۴	۳۵	۳۵	۴۱	۵/۸	۱۰/۱	۱۹	۷/۶	۳۴	۱۸	۲۷	اسفند

روش بلانی - کریدل تنها از مقادیر میانگین دما برای برآورد میزان تبخیر- تعرق پتانسیل استفاده می‌نماید برای اینکه تعریف بهتری از اثر اقلیم را بر روی آب مورد نیاز گیاه با استفاده از رابطه بلانی کریدل ارائه بدهند روش اصلاح شده بلانی کریدل (رابطه ۱) برای برآورد ETP_c توصیه شده است.

$$ETP_c = C[P(0.46T + 8/13)] \quad (1)$$

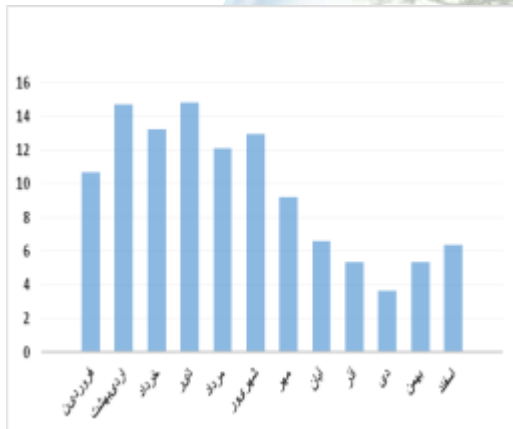
ETP_c: تبخیر- تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز (میانگین در طول ماه)، P: ضریب مربوط به طول روز یا درصد سالانه تابش آفتاب در ماه که به صورت روزانه توصیف می‌شود (متوسط ساعات روشنایی هر روز در ماه نظر تقسیم بر کل ساعات روشنایی سال ضرب در ۱۰۰)، T: متوسط دمای ماهانه درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد، C: فاکتور تعدیل کننده وابسته به حداقل رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد. با استفاده از جدول (۱) و عرض جغرافیایی، مقدار ضریب روشنایی (P) مشخص شده (برای فروردین P=0/6) و مقدار توان تبخیر و تعرق تصحیح نشده از رابطه (۲) تعیین می‌شود.

$$ETP = P(0.46T + 8.13) \quad ETP = 0.6(0.46 * 21 + 8.13) \quad ETP = 10.6 \text{ mm/day} \quad (2)$$

۳- نتایج:

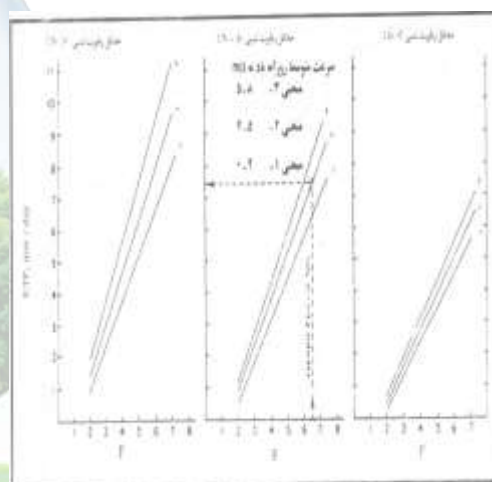
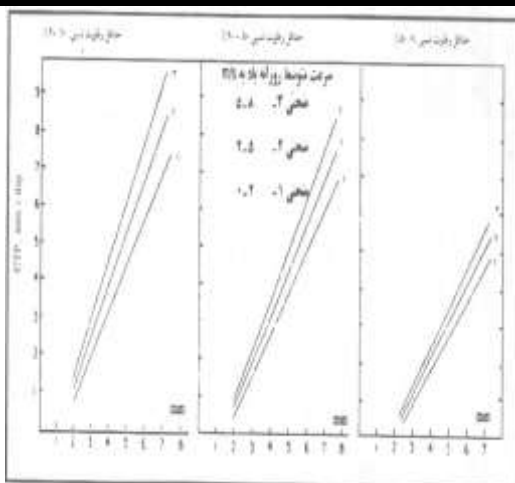
مقدار تبخیر و تعرق بدست آمده (جدول ۲) با توجه به سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، میزان رطوبت نسبی و نسبت ساعات آفتابی اندازه‌گیری شده به ساعات روشنایی روزانه (n/N) و با استفاده از شکل‌های ۳ و ۴ و ۵ تصحیح و در جدول ۳ بیان شده است..

جدول (۲): نتایج ETP با استفاده از روش بلانی - کریدل



شکل (۲):
نتایج ETP در
ماه‌های
مختلف

ماه	ETP	ماه	ETP
فروردین	۹/۲	مهر	۱۰/۶
اردیبهشت	۶/۵	آبان	۱۴/۷
خرداد	۵/۳	آذر	۱۳/۲
تیر	۳/۶	دی	۱۴/۸
مرداد	۵/۳	بهمن	۱۲/۱
شهریور	۶/۳	اسفند	۱۲/۹

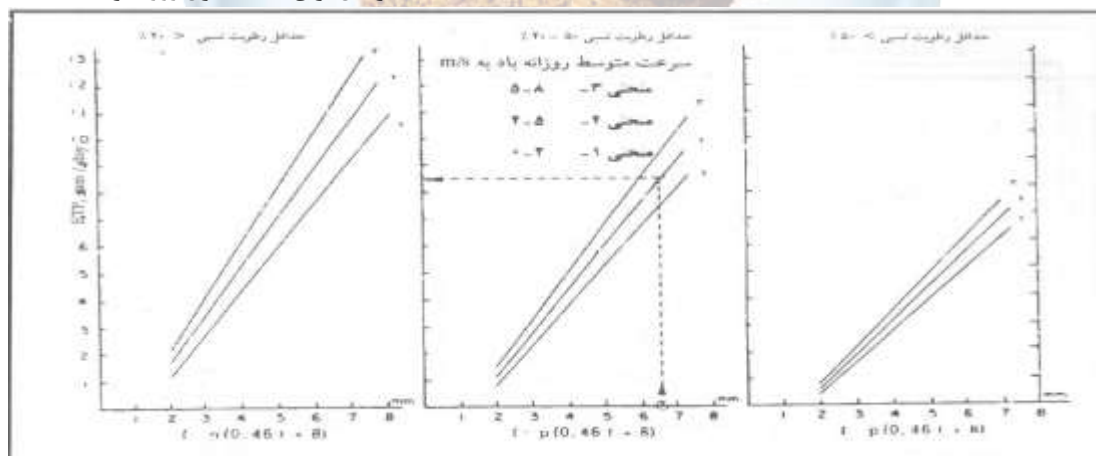


شکل (۳): برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از روی عامل C

شکل (۴): برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از روی عامل C بلانی

بلانی کریدل برای نسبت طول روز کم ($n/N=0/45$)

کریدل برای نسبت طول روز متوسط ($n/N=0/7$)



شکل (۵): برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از روی عامل C بلانی کریدل برای نسبت طول روز زیاد ($n/N=0/9$)

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	ماه
												درجه
۱۷	۱۲	۸	۱۰	۱۹	۲۴	۳۰	۳۵	۳۶	۳۱	۲۸	۲۱	حرارت (°C)
۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۸	۰/۵۹	۰/۵	۰/۶	۰/۵۹	۰/۷	۰/۶	P
۶/۳	۵/۳	۳/۶	۵/۳	۶/۵	۹/۲	۱۲/۹	۱۲/۱	۱۴/۸	۱۳/۲	۱۴/۷	۱۰/۶	ETP
۲۹۵	۲۴۸	۱۹۶	۱۷۹	۱۷۱	۱۳۲	۱۵۵	۱۸۶	۱۶۹	۲۲۹	۲۸۱	۲۴۸	n
۴۱۷	۴۰۵	۳۵۸	۳۵۹	۳۳۲	۳۱۰	۳۱۳	۳۲۶	۳۱۵	۳۸۴	۴۱۵	۴۲۸	N
۰/۷۰	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۵۷	n/N

جدول (۳): محاسبه تبخیر و تعرق ماهانه و سالانه تصحیح شده با روش بلانی کریدل در زابل

U2 متر بر ثانیه ETP	۱/۷	۱/۲	۱/۹	۱/۹	۱/۷	۲/۱	۱/۹	۲/۸	۳/۱	۲/۹	۱/۲	۱/۷
میلی متر در روز ETP	۷/۷	۶/۷	۵/۲	۹/۱	۷/۶	۱۰/۱	۱۳/۸	۱۳/۲	۱۵/۹	۱۵/۳	۱۵/۸	۱۱/۲
میلی متر در ماه	۲۲۳/۳	۲۰۱	۱۵۶	۲۷۳	۲۲۸	۳۰۳	۴۲۷/۸	۴۰۹/۲	۴۹۲/۹	۴۷۴/۳	۴۸۹/۸	۳۴۷/۲

۴- بحث و نتیجه گیری:

نتیجه محاسبه تبخیر و تعرق با روش اصلاح شده بلانی کریدل (جدول های ۲ و ۳) نشان می دهد که بیشترین مقدار تبخیر و تعرق در تیرماه اتفاق می افتد که این در اثر سرعت باد، ناشی از وزش بادهای ۱۲۰ روزه در منطقه می باشد همچنین در مناطق خشک به علت دوری از منابع رطوبت و دریافت انرژی تابش بیشتر، میزان تبخیر و تعرق بیشتر از بارندگی سالانه است با مقایسه جدول ۲ و ۳ مشاهده می کنیم که مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل تصحیح شده در هر ماه بیشتر از مقادیر تصحیح نشده است که ناشی از میزان متغیر تایش آفتاب و سرعت باد در ماههای مختلف می باشد تبخیر و تعرق پتانسیل تصحیح نشده در ماههای آذر و بهمن یکسان ۵/۳ بدست آمده که پس از تصحیح برای آذرماه ۹/۱ و برای بهمن ماه ۶/۷ محاسبه شده که حاکی از شرایط خاص اقلیمی منطقه می باشد که در زمستان در اثر وزش بادهای شمالی هوا سردتر از پاییز می باشد که این نتایج را برای کل منطقه سیستان که دارای شرایط اقلیمی مشابه هستند می توان تعمیم داد.

۵- منابع:

- ۱- فرهودی، ر. و شمسی پور، ع. ۱۳۷۹. برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه بلوچستان جنوبی. مجله پژوهش های جغرافیایی، ۳۹: ۱۰۵-۱۱۴.
- ۲- حمادی مسباح بوانی، ع. و مرید، س. ۱۳۸۵. اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان، مجله علوم آب و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۴): ۱۷-۲۸.
- ۳- صمدی، ح. و مجدزاده، ب. ۱۳۸۲. مقایسه تبخیر- تعرق گیاه مرجع محاسبه شده به وسیله فرمول های تجربی با لایسیمتر در کرمان. مجموعه مقالات هشتمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، ۱۹-۲۲.
- ۴- علیزاده، ا. ۱۳۸۱. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۱۸۵ ص.
- ۵- علیزاده، ا.، مهدوی، م.، اینانلو، م. و بازاری، م. ۱۳۸۰. بررسی دقت و عملکرد تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش هارگریوز- سامانی و تشتک تبخیر در ایستگاه های سینوپتیک استان خراسان. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۴۲: ۵۰-۷۱.

6- Jensen, D.T., Hargreaves, G.H., Temesgen, B. and Allen, R.G. 1997. Computin of ETo under nonideal conditions. *Journal irrigation Drain Engineering*, 123: (5) 394-400.

7- Kochak Zadeh, M. and Bahmani, A. 2006. Assessment of artificial neural network revenue in reducing required parameters for estimation of reference evapotranspiration. *Journal Agricultural Science*, 4: 87-96.

8- Landeras, G., Ortiz-Barredo, A. and López, J.J. 2008. Comparison of artificial neural network models and empirical and semi-empirical equations for daily reference evapotranspiration estimation in the Basque Country (Northern Spain). *Journal Agricultural Water Management*, 95: 553-565.

9-Liu, S., Bai, J., Jia, Z., Jia, L., Zhou, H. and Lu, L. 2010. Estimation of evapotranspiration in the Mu Us Sandland of China. *Hydrol. Earth System Science*, (14): 573-584.

10-Sudheer, K.P., Gosain, A.K., Mohana Rangan, D. and Saheb, S.M. 2002. Modelling evaporation using an artificial neural network algorithm. *Journal Hydro Processes*, 16: 3189-3202.

11-Salhotra, A.M., Adams, E.E. and Harleman, D.R.F. 1985. Effect of salinity and ionic composition on evaporation analysis of Dead Sea evaporation pans. *Water Resource Research*, 21: 1336-1344.



Analysis of Long-Term Changes in Potential Evapotranspiration Using Blaney Cridell Method in Zabol Synoptic Station

Abbas Khaksafidi

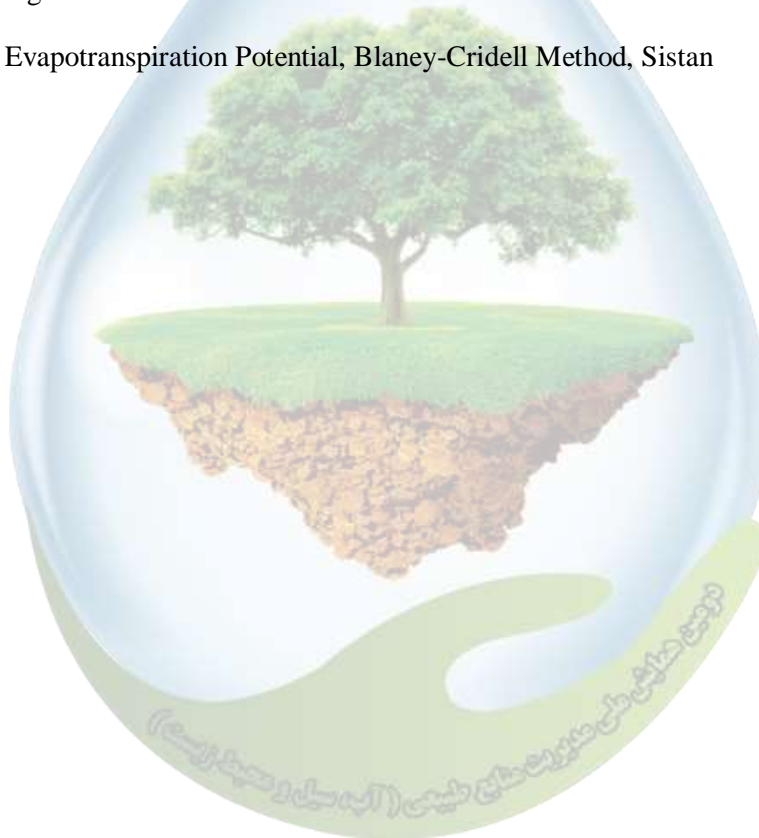
Lecturer of range and watershed management department, University of zabol

A.Khaksafidi@uoz.ac.ir

Abstract:

Evaluation of potential evapotranspiration in such areas as irrigation planning, hydrological balance, design and management of irrigation systems and forecasting crop yield is essential. The large number of effective parameters in estimating potential evapotranspiration and measuring some of these parameters in some stations has made it difficult to estimate accurately. In this study Blaney-Cridell method which is more accurate than other models is used to calculate long-term changes of potential evapotranspiration in Zabol city. To do this, we used Zabol Synoptic Station meteorological statistics over a 20-year statistical period. The results showed that the highest amount of ETP was in July (493.9 mm) with the highest impact on wind speed and evapotranspiration was higher in dry regions due to the distance from moisture sources and higher irradiation.

Keywords: Evapotranspiration Potential, Blaney-Cridell Method, Sistan



اثر سازه‌های آبخیزداری در مدیریت سیلاب

امیر تیموری پور^{۱*}، فاطمه نوروزی^۲، مهدی ملازاده^۳

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد عمران-سازه های هیدرولیکی-دانشگاه بیرجند، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد عمران سازه های هیدرولیکی-دانشگاه بیرجند، ^۳ استادیار گروه مهندسی عمران-دانشگاه بیرجند
(amir.tp68@yahoo.com) *:

چکیده:

روند طبیعی توسعه در کشورهای نظیر ایران باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده و خسارات سیل مرتباً افزایش می‌یابد. رشد ۲۵۰ درصدی خسارات ناشی از سیل کشور در پنج دهه گذشته مؤید این مدعاست. اگر طرح‌های پیشگیری و کنترل سیل با رویکرد کنترل سیل از سرمنشأ اجرا گردند تحقق اهداف این طرح‌ها عملی‌تر می‌گردد. خسارت جانی و مالی ناشی از پدیده سیل به‌ویژه در سالیان اخیر به علت استفاده غیراصولی از منابع طبیعی نگران‌کننده است. فراوانی وقوع این پدیده مخرب در سراب حوزه‌های آبخیز با توجه به کوچکی سطح بیشتر و متعاقباً تخریب و خسارت برجای‌مانده نیز در واحد سطح چشمگیرتر است. از جمله راه‌کارهای زودبازده جهت کاهش دبی اوج سیلاب از سوی دستگاه‌های متولی امر احداث سدهای کوتاه آبخیزداری تحت عنوان بندهای اصلاحی می‌باشد که علاوه بر مهار فرسایش در آبراهه‌ها سبب کاهش شیب آبراهه‌ها، کاهش سرعت جریان، تثبیت پروفیل طولی، افزایش زمان تمرکز و تأخیر و متعاقباً کاهش دبی اوج سیلاب می‌شود. در این مطالعه با توجه به اهمیت بندهای اصلاحی آبخیزداری از شاخص‌های دبی اوج سیلاب، حجم جریان و زمان تأخیر و زمان تمرکز استفاده شده است. اطلاعات موردنیاز در این تحقیق شامل موقعیت و مشخصات سازه‌ها در آبراهه اصلی و اطلاعات پایه با انجام بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که احداث سازه‌های اجراشده باعث افزایش زمان تأخیر و زمان تمرکز و همچنین کاهش مقدار دبی اوج سیلاب شده است؛ که تأثیر مثبت احداث بندهای اجراشده در کاهش دبی اوج سیل و همچنین افزایش زمان تمرکز و افزایش زمان تأخیر در خروجی حوضه است. بندهای تأخیری (CHECK DAM) یکی از روش‌های مؤثر در مدیریت هیدرولوژیکی حوزه آبخیز می‌باشد.

کلمات کلیدی: اقدامات آبخیزداری، کنترل سیلاب، بندهای سیل گیر، سازه، زمان تأخیر، دبی اوج سیلاب

۱- مقدمه:

بدون شک سیلاب به‌عنوان یک بلای طبیعی شناخته شده است. ولی در عمل سیلاب هم از نظر تلفات جانی و هم از نظر خسارات مالی مهیب‌ترین بلای طبیعی در جهان محسوب می‌شود. از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ حدود ۳۹۰۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی در جهان کشته شدند که ۵۸ درصد مربوط به سیلاب، ۲۶ درصد در اثر زلزله ۱۶ درصد در اثر طوفان و بلایای دیگر بوده است. خسارات کل در این ۱۰ سال حدود ۷۰۰ میلیارد دلار بوده است که به ترتیب ۳۳، ۲۹، ۲۸ درصد مربوط به سیلاب، طوفان و زلزله بوده است. در این رابطه نکته نگران‌کننده، روند افزایشی تلفات و خسارات سیلاب در جهان در دهه‌های اخیر بوده است. افزایش جمعیت و دارایی‌ها در سیلاب‌دشت‌ها تغییرات هیدرو سیستم‌ها و اثرات مخرب فعالیت‌های انسانی از دلایل عمده این روند افزایش بوده است. ضمن اینکه باید توجه داشت به دلیل بهبود روش‌های ساخت‌وساز و رعایت ضوابط و مقررات، ایمنی سازه‌ها و تأسیسات در مقابل خطراتی چون زلزله افزایش می‌یابد ولی متأسفانه روند طبیعی توسعه در کشورهای نظیر

ایران باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی شده و خسارات سیل مرتباً افزایش می یابد. سیلاب زمانی روی می دهد که خاک و پوشش گیاهی حوزه آبخیز نتوانند بارش را جذب نموده و در نتیجه کانال طبیعی رودخانه کشتش گذردهی رواناب ایجاد شده را نداشته باشد. روش های اصلی مهار سیلاب شامل احیاء پوشش گیاهی حوزه آبخیز، اصلاح کاربری اراضی حوزه، احداث سیل بندها، سدها، مخازن و کانال های سیلاب برمی باشند.

بنا به تعریف حوزه آبخیز سطحی است که تمام آب حاصل از بارش بر روی آن تحت تأثیر شیب زمین جمع آوری شده و به یک آبرو، رودخانه و یا یک مخزن ذخیره هدایت می شود؛ بنابراین پیشگیری از سیلاب به مدیریت حوزه آبخیز بر اساس توان اکولوژیکی آن و تخصیص کاربری متناسب با استعداد اراضی حوزه بستگی کامل دارد.

بر پایه مطالب پیش گفته حوزه آبخیز منشأ سیل است و سیل خیزی حوزه آبخیز خطر سیل در سیلاب دشت را افزایش می دهد؛ بنابراین برای پیشگیری از سیلاب منطقی ترین راه مدیریت و حفاظت حوزه آبخیز یا به زبان دیگر آبخیزداری در حوزه های بالادست مناطق سیل گیر است.

نقش اقدامات آبخیزداری در کنترل سیلاب امری بدیهی است و برای تعیین میزان کمی این تأثیر ارزیابی کمی کارکرد عملیات آبخیزداری باید انجام گیرد. در این راستا تحقیقات متعددی در ایران و جهان صورت گرفته است که در این مقاله تعدادی از این دست تحقیقات که در ایران انجام شده بررسی می گردد. با توجه به مرفولوژی غیرعادی آبراهه ها اجرای عملیات مکانیکی (سازه های) تحت عنوان روش درمانی امری اجتناب ناپذیر است تا با انجام آن بتوان از طبیعت فرصتی جهت احیای مجدد سطوح فرسایش یافته و اغنای پوشش گیاهی گام برداشت. این سازه ها که تحت عنوان بندهای اصلاحی می باشد به منظور کاهش شیب آبراهه ها، کاهش سرعت جریان، تثبیت پروفیل طولی، مهار فرسایش در آبراهه ها و افزایش زمان تمرکز و تأخیر و متعاقباً کاهش دبی اوج سیلاب در آبراهه ها احداث می شوند عمدتاً با مصالحی نظیر سنگ، سنگ و ملات، توری سنگی و بتون ساخته می شوند و امروزه به طور گسترده ای در طرح های حفاظت خاک و آبخیزداری مورد استفاده قرار می گیرد. در این راستا تثبیت پروفیل طولی آبراهه ها هدف اول و به دنبال آن تثبیت کناره ها و تجمع رسوب و کاهش دبی اوج از اهداف ثانویه احداث سازه های مکانیکی در آبراهه ها می باشند. از انواع این بندها می توان بندهای اصلاحی خشکه چین، سنگی ملاتی، توری سنگی، بتونی و بندهای موقتی نظیر سدهای سبک فلزی، چپری، چوبی و... را اشاره نمود که بسته به نوع مصالح و ضرورت شرایط عرصه برای یک منطقه می توان تجویز نمود.

۱-۲- آبخیزداری گامی در جهت توسعه پایدار

آبخیزداری از آنجا که خصوصیات توپوگرافی، فرسایش و رسوب زایی و بارش و رواناب های حاصل از آن و همچنین وضعیت اقتصادی اجتماعی حوزه سیل خیز را بررسی و نحوه بهره برداری از منابع آب و خاک را مطابق توان حوزه مدیریت می کند برای پیشگیری و کنترل سیلاب امری اجتناب ناپذیر است. از آن هنگام که برای اولین بار واژه «آبخیز» توسط ج. و. پاول (John Wesley Powell) در سال ۱۸۹۶ تعریف شد بیش از یک صد و سی سال می گذرد و در مقاطع مختلف زمانی، آبخیزداری معانی متفاوتی را تداعی نموده است.

فعالیت های آبخیزداری شامل زیر بخش هایی است که در قالب مدیریتی و هدایتی، طرح های مطالعاتی و برنامه های اجرایی قابل تفکیک می باشد که در راستای بهبود فعالیت ها و استفاده از تجربیات به دست آمده، ارزیابی طرح ها در قالبی مدون انجام می پذیرد.

برنامه های اجرایی آبخیزداری شامل عملیات بسیار متنوعی است که شرایط هر منطقه با مطالعه کامل و بررسی شرایط طبیعی، اجتماعی و اقتصادی اجرا می شود. مواردی چون اقدامات مدیریتی، سکوندی اراضی شیب دار، احداث بانکت و فارو، تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی، حفاظت و تثبیت مسیل ها و گالی های فعال، علوفه کاری و نهال کاری و عملیات کنترل سیل از جمله فعالیت های آبخیزداری می باشد.

۳-۱- اهداف آبخیزداری

علم و هنر آبخیزداری اهدافی را در اجرای برنامه‌های خود در نظر می‌گیرد که نتیجه آن بهبود شرایط آبخیز و بهبود وضعیت آبخیز نشینان یعنی انسان‌هاست. اهم این وظایف به شرح زیر است:

- ۱- حفظ و بهره‌برداری مناسب منابع آب‌و خاک به‌عنوان دو بستر طبیعی و اصلی برای زندگی انسان‌ها و توسعه پایدار.
- ۲- جلوگیری از تلفات آب در مناطق موردنیاز و برنامه‌ریزی برای تأمین آب در پایین‌دست
- ۳- تعدیل خسارات ناشی از سیلاب‌ها.
- ۴- کنترل هز آب‌ها و تغذیه سفره‌های زیرزمینی و آبخوان‌ها و کمک به افزایش آبدی قنوت، چاه‌ها و چشمه‌ها.
- ۵- کاهش تأثیرپذیری آبخیزها نسبت به خشک‌سالی
- ۶- جلوگیری از حمل رسوبات به مخازن سدها و تأسیسات و شبکه‌های آبیاری.
- ۷- مدیریت و توسعه منابع گیاهی سطح زمین شامل: چراگاه‌ها، مراتع، بیشه‌ها و جنگل‌ها.
- ۸- بهبود شرایط زیست‌محیطی و بهبود وضعیت اقتصادی آبخیز نشینان

۴-۱- پیشینه پژوهشی

بلایای طبیعی خسارات عمده مالی و جانی به جوامع انسانی وارد می‌سازد و متأسفانه کشور ما هم هرچند صباحی طعم تلخ این وقایع را می‌چشد. سیل، زلزله، خشک‌سالی، سرمازدگی، طوفان و ... خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌آورد و این تبیین تمهیداتی جهت کاهش خسارات ناشی از این بلایا را می‌طلبد (۱۸).

سیل معمولاً زمانی به وقوع می‌پیوندد که یک سطح پست زمین از آب پر شده باشد، بدترین حالت‌های سیل رودخانه‌ای معمولاً در زمین‌های حاشیه‌ای یک رود جاری می‌شود؛ سیل زمانی رخ می‌دهد که خاک و پوشش گیاهی یک منطقه توانایی جذب کامل آب را نداشته باشد، در این زمان حجم آب به‌صورت غیرقابل کنترل از طریق کانال‌های رودخانه‌ای یا حفره‌های طبیعی و یا مخازن آب‌دست ساز بشر، ریزش می‌نماید (۵). سیل مانند سایر پدیده‌های هیدرولوژیکی یک پدیده غیرقطعی است که در هر زمان و مکان احتمال وقوع آن وجود داشته و تحت تأثیر عوامل مختلف اقلیمی، مشخصات فیزیکی حوضه، وضعیت پوشش گیاهی و کاربری اراضی و دخالت‌های انسانی است (۷). در سال‌های اخیر اقدامات گسترده‌ای از نظر کنترل سیل، فرسایش و رسوب در زمینه‌های تحقیقاتی، مطالعاتی و اجرایی آبخیزداری انجام شده است، این در حالی است که ارزیابی طرح‌های آبخیزداری به‌منظور تجزیه و تحلیل عملکرد اقدامات و تدوین راهکارهای اصولی یکدیگر از نیازهای اساسی در این زمینه می‌باشد. آگاهی از میزان اثربخشی اجرای هر نوع پروژه برای مجریان آن از اهمیت زیادی برخوردار است، چراکه با شناخت کافی از میزان آن ضمن آگاهی از میزان حصول اهداف اولیه، مزایا و معایب مرتبط شناسایی شده و تصمیم‌گیری لازم در خصوص اصلاح معایب و یا تجدیدنظر در شیوه اجرا و یا حتی نوع عملیات اجرایی اتخاذ (۱۹۹۹) در اردن اقدام به بررسی نقش اقدامات مختلف آبخیزداری با Radwan)، خواهد شد استفاده از مدل آنالیز سیلاب نموده است که نتایج آن بیانگر تقلیل دبی پیک و حجم سیل تا حدود زیادی بوده است. حشمت پور (۱۳۸۱) از دبی‌های اوج سیل‌های با دوره بازگشت مختلف در بررسی این عملیات استفاده کرده و نقش این اقدامات را مؤثر دانسته است. صادقی و همکاران (۱۳۸۳) نیز عملکرد اقدامات مزبور را در حوضه کشار به‌صورت کمی درآورده و پس از بررسی منحنی جرم مضاعف، میانگین متحرک، منحنی تداوم جریان و بررسی رژیم هیدرولوژیکی تأثیر عملیات را مثبت ارزیابی کردند. هدف از تحقیق انجام شده در این مقاله نیز بررسی تأثیر عملیات آبخیزداری در ارزیابی کاهش وقوع سیل با تأکید بر توجیه اقتصادی عملیات بیولوژیکی انجام گرفته در حوضه کلیدر بوده است.

ارزیابی اقدامات آبخیزداری در دنیا سابقه ۷۰ ساله دارد Moor (۱۹۶۹) با بررسی ۳۰۰ سازه احداث شده و اثر آن‌ها بر کاهش دبی اوج در سرشاخه‌های حوزه آبخیز تگزاس نتیجه گرفت که در زیر حوزه‌های مختلف کاهش دبی از ۴۸ تا ۹۸ درصد دیده می‌شود و رابطه عکس بین حجم رواناب خروجی با رواناب نگهداری شده و ظرفیت سازه‌های کنترل سیلاب وجود دارد.

تأثیر سدهای اصلاحی بر دبی‌های اوج در آبخیز کن تهران توسط Roshani (۲۰۰۳) با استفاده از مدل HEC- HMS ارزیابی شد و دریافت که گزینه‌های متفاوت تغییر شیب در آبراهه‌های آبخیز تأثیر متفاوتی بر کاهش سیلاب دارند. بر اساس نتایج وی با افزایش یک ساعت زمان تمرکز دبی اوج سیلابی ۳۱ درصد کاهش می‌یابد Bustami و همکاران (۲۰۰۹) در زیر حوزه ساراواک با استفاده از شبیه‌سازی رودخانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که مخازن موجود در زیر حوزه کاهش ۳۴ درصدی در میزان سیل را موجب شده‌اند. قاضی محله و همکاران (۱۳۸۴) عملکرد سازه چندمنظوره نوکنده استان گلستان در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج سیلاب را بررسی نمودند. نتایج حاصل از اجرای مدل HEC- HMS نشان داد که مخازن احداث شده در کاهش دبی اوج سیلاب ورودی مؤثرند و از ۴۸ درصد تا ۸۳ درصد از دبی اوج را در دوره بازگشت‌های مختلف کاهش می‌دهند. آذری (۱۳۸۵) پس از واسنجی و اعتباریابی مدل HEC- HMS در حوزه آبخیز جعفرق استان خراسان رضوی اقدام به شبیه‌سازی رفتار سیلاب برای دوره بازگشت‌های ۱۰۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰، ۲ در قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری کرد؛ که دلالت بر کاهش دبی اوج سیلاب به میزان ۲ تا ۱۱ درصد داشت. جمشیدی (۱۳۸۵) با استفاده از HEC- HMS به بررسی تأثیر سدهای تأخیری در کاهش سیلاب بهبهان پرداخته است. نتایج به دست آمده نشان داد که سدهای تأخیری بیش از ۵۰ درصد در سیلاب منطقه کاهش ایجاد کرده‌اند. مصطفی‌زاده (۱۳۸۷) ارزیابی طرح کنترل سیل آبخیز جعفرآباد گلستان را با استفاده از مدل HEC- HMS انجام داد. نتایج نشان از تأثیر ۱,۵ درصدی سازه‌ها بر دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت. از طرفی با افزایش دوره بازگشت سیلاب تأثیر سازه‌ها بر دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. به عبارتی دیگر بیشترین تأثیر سازه‌ها در دوره بازگشت‌های پایین (۱۵-۲ ساله) بود. عربی و بنی حبیب (۱۳۸۸) تأثیر عملیات آبخیزداری در حوزه گلابدره تهران را با استفاده از مدل هیدرولوژیکی بارش رواناب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تأثیر عملیات آبخیزداری در دوره بازگشت‌های پایین قابل توجه بوده است. محمد روغنی و همکاران (۱۳۹۰) تأثیر سازه‌های مکانیکی کنترل رواناب را در حوزه آبخیز حیدری واقع در استان چهارمحال بختیاری را با استفاده از مدل HEC- HMS ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان از تأثیر ۲۶ تا ۱۰۰ درصدی سازه‌ها بر کاهش دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت. محمد روغنی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر سازه‌های مکانیکی کنترل رواناب را در حوزه آبخیز بارده واقع در استان چهارمحال بختیاری را با استفاده از مدل HEC- HMS ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان از تأثیر ۲۶ تا ۱۰۰ درصدی سازه‌ها بر کاهش دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت. عطا امینی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر سازه‌های مکانیکی کنترل رواناب را در حوزه آبخیز گاو دره واقع در استان کردستان را با استفاده از مدل HEC- HMS ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان از تأثیر ۱,۵ تا ۱۰,۷ درصدی سازه‌ها بر کاهش دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت.

جوان و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر ارتفاع سازه‌های اصلاحی بر ویژگی‌های سیل و آبراهه در حوضه آبخیز گرگاندوز را با استفاده از مدل هکرس برای شبیه‌سازی جریان در سناریوهای بدون احداث سازه، احداث ۲۰ سازه ۱/۵، ۱۰ سازه ۳ و ۸ سازه ۳/۷۵ متری استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داده است تأثیر احداث سازه‌های اصلاحی ۱/۵، ۳ و ۳/۷۵ متری بر کاهش دبی اوج در مقایسه با سناریوی بدون احداث سازه، در قسمت بالای بازه مورد مطالعه صفر، در قسمت میانی برای هر سه سازه در حدود یک و در قسمت پایینی به ترتیب ۲/۴۹، ۸/۸ و ۱۷/۵ درصد بوده است.

محبوبه سلطانی و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر سازه‌های مکانیکی کنترل رواناب را در حوزه آبخیز منشاد واقع در استان یزد را با استفاده از مدل HEC- HMS ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان از تأثیر ۶,۹۵ تا ۱۴,۱۴ درصدی سازه‌ها بر کاهش دبی اوج در دوره بازگشت‌های متفاوت داشت.

مهار سیلاب با استفاده از مخازن تأخیری، تأثیر مستقیم و سریع بر سیلاب دارد. چنانچه توپوگرافی امکان ایجاد مخزن تأخیری با حجم مناسب را بدهد و منابع قرضه در فاصله کمی از محل پروژه موجود باشد، به علت تأثیر سریع آن بر تسکین سیلاب، در مقایسه با سایر روش‌ها، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۰). سینگا و ژنگ (۲۰۰۵) تحقیقی در زمینه تحلیل فراوانی خسارت سیل انجام داده‌اند. آن‌ها بیان داشتند که تعیین فراوانی‌های خسارت سیلاب، یکی از اجزا اصلی در هر متدولوژی ریسک - سیلاب است. یک سری زمانی از خسارات سیلاب می‌تواند دارای مقادیر صفر هم باشد.

یک سری زمانی از خسارت سیلاب می‌تواند دارای مقادیر صفر هم باشد؛ بنابراین توزیع احتمال خسارت با در نظر گرفتن این مقادیر صفر باید تعیین شود. کارآموز و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیق با عنوان تحلیل اقتصادی انتخاب طرح‌های کنترل سیلاب در زمان ساخت سدهای انحرافی به این نتیجه رسیدند که سدهای انحرافی تأثیر قابل توجهی در مدیریت و مهار سیلاب و کاهش خسارت سیل داشته است. احداث کلیه سدها باعث خواهد شد به‌طور متوسط دبی اوج سیل خروجی از حوزه ۳۴ درصد کاهش یابد. این درصد کاهش برای سیلاب‌ها با دوره بازگشت‌های کمتر (۲) سال، بیشتر بود. همچنین نتایج نشان داد سدهای خارج از بستر تأثیر کمتری در کنترل سیلاب حوزه آبخیز داشته‌اند. در مورد افزایش عرض سرریز، نتایج نشان داد ۲۰ درصد افزایش در عرض سرریز، تأثیر معنی‌داری بر دبی اوج خروجی از سد نگذاشته و این تغییر باعث شده که به‌طور متوسط دبی اوج خروج سد تنها ۰/۶ درصد افزایش یابد (فصاحت و همکاران، ۱۳۹۳).

در تحقیقی تأثیر مخزن سد یساز روی رودخانه آراگونه واقع در مرکز اسپانیا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که وقتی سطح مخزن پایین‌تر از ۵۰ درصد است، سیلاب‌ها به‌خوبی کنترل شده و بین ۵۰ تا ۷۰ درصد سیلاب‌های بزرگ مهار گردیده‌اند (مورنو و بوگوریا، ۲۰۰۳).

همچنین نتیجه پژوهش لوپز مورنو و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که مقدار دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف تحت تأثیر مخزن کاهش یافت و میزان این کاهش به درصد حجم پر شده مخزن قبل از سیلاب بستگی داشت. نتایج ارزیابی اثرات سدهای بزرگ بر رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های ایالات متحده از طریق مقایسه آمار ۲۱ ایستگاه آب‌سنجی نشان داد که احداث سدها در طول صدسال گذشته موجب تنظیم رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های بزرگ و کوچک شده است و در این میان بیشترین تغییر در دبی حداکثر و حداقل مشاهده شده است (مچی لی جان و نیسلو، ۲۰۰۵).

کابوسی و جلینی (۱۳۹۵) در تحقیق تحت عنوان شاخص‌هایی کارآیی و نقش مخازن تأخیری در کنترل سیلاب خروجی از حوزه (مطالعه موردی حوزه جعفرآباد استان گلستان) به این نتیجه رسیده است که احداث مخازن تأخیری موجب تأخیر در زمان وقوع دبی اوج و کاهش دبی اوج و حجم سیلاب خروجی از مخزن گردید ولی این کاهش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. اثر مخزن با افزایش دوره بازگشت سیلاب کاهش یافت. حداکثر میزان کاهش حجم سیلاب برای مخزن خالی، نیمه‌پر و پر به ترتیب ۶۱/۱ و ۳۳/۲ و ۰/۸ درصد و برای دبی پیک به ترتیب ۶۳/۹ و ۳۲/۸ و ۶/۶ درصد بود. حداکثر مقدار نرخ تضعیف سیلاب برای مخازن مورد مطالعه در شرایط خالی، نیمه‌پر و کاملاً پر به ترتیب ۲۶، ۱۹ و ۷ درصد و حداکثر نسبت ذخیره برای مخزن خالی و نیمه‌پر به ترتیب ۱۳ و ۵ بوده که نشان‌دهنده کارآیی مخازن در کنترل سیلاب است نتایج نشان داد که کارآیی مخزن در کنترل سیلاب فقط به حجم مخزن و میزان سیلاب بستگی ندارد.

۱-۵- بررسی علل و عوامل اصلی بروز سیلاب از نظر هیدرولوژی

عموماً پدیده سیلاب متأثر از مجموعه عوامل طبیعی و غیرطبیعی است. از جمله عوامل طبیعی می‌توان به وضعیت ریزش های جوی، نوع کاربری زمین، وضعیت زمین‌شناسی و وضعیت خاک‌شناسی اشاره نمود که هر یک از این عوامل در تولید هرز آب و میزان نفوذپذیری و ایجاد رواناب سطحی و تغذیه به سفره‌های آبی نقش مهمی را دارند. همچنین عامل فیزیوگرافی و توپوگرافی و شکل حوزه نیز به‌عنوان مرفولوژی حوزه نشانگر فعالیت‌های مختلف هیدرولوژیکی است. در خصوص عوامل غیرطبیعی می‌توان به تغییرات کاربری زمین که توسط انسان صورت می‌گیرد اشاره نمود. از دیدگاه هیدرولوژی در منطقه مورد مطالعه می‌توان کلیه عوامل طبیعی و انسانی غیرطبیعی را در بروز پدیده سیل دخیل دانست لذا تشکیل جریان‌های واریزه‌ای و جریان‌های گلی و قدرت تخریبی سیل در تشدید این پدیده و ایجاد خسارات در اراضی پایین‌دست حائز اهمیت، مطالعه است. از طرفی در بازدیدهای میدانی به دلیل تغییر کاربری شدید در اراضی زراعی و به دلیل حساسیت خاک‌ها نسبت به فرسایش با بروز هر بارندگی و ایجاد فرسایش‌های خطی و شیاری تولید هرز آب بالا رفته و سبب بروز سیل می‌گردد. همچنین پوشش گیاهی یا کاربری بالفعل زمین نیز متشکل از مرتع و زراعت بوده که در اراضی زراعی و آیش به دلیل عدم وجود پوشش مناسب سبب ایجاد هرز آب می‌گردد لذا تجمع هرز آب‌ها از آبراهه‌های اصلی و فرعی و هم‌زمانی زمان تمرکز در

یک نقطه خروجی سبب بالا رفتن حجم سیل و بروز پدیده سیل می‌گردد. از طرفی در مواقع طغیانی به دلیل شیب کم در بخش انتهائی حوزه بر اثر رسوبات حمل شده فراوان که حجم سیلاب را چند برابر نموده سبب شده که کلیه اراضی مجاور را در برگیرد؛ بنابراین عوامل یادشده در بالا که در بخش‌های مختلف این مطالعه بررسی شده‌اند از جمله عوامل اصلی بروز سیلاب از نظر هیدرولوژی در حوزه آبخیز مورد مطالعه می‌باشند.

۱-۶- تعیین ظرفیت رودخانه در مقاطع مختلف و مهم و تعیین دبی در دوره بازگشت‌های مختلف

در طرح‌های آبخیزداری تعیین ظرفیت عبور جریان‌های سیلاب در مقاطع و بازه‌های موردنظر به منظور دستیابی به مشخصات هندسی و هیدرولیکی جریان و تعیین میزان دبی عبوری سیلاب ضروری و مطالعه و بررسی هیدرولیک جریان به واسطه تعیین شرایط سیل‌خیزی و پیشنهادات اجرایی لازم به جهت کنترل سیل و رسوب حائز اهمیت است.

در حوزه آبخیز بازدیدهای صحرائی محل مقاطع موردنظر بر اساس مشخصات هندسی جریان و نوع سازه پیشنهادی انتخاب گردیده است با توجه به اینکه مطالعات هیدرولوژی در راستای رسیدن به اهداف پیشنهادها مختلف اجرایی است، لذا بازه یا مقاطع موردنظر در محل سازه‌های پیشنهادی به منظور بهره‌گیری بهینه از نظام هندسی جریان انتخاب شده است. ظرفیت عبوری جریان از این بازه‌ها می‌تواند اطلاعات مهمی را در خصوص سیلاب و حجم عبوری و ارتفاع بحرانی سیل و در نتیجه سطح مقطع جریان، محیط مرطوب جریان، شعاع هیدرولیکی جریان، عرض سطح آزاد آب، عمق هیدرولیکی جریان و در نهایت فاکتور سطح را در اختیار مطالعه کنندگان سایر بخش‌ها قرار دهد.

تعیین ظرفیت رودخانه در مقاطع مختلف بر اساس دبی عبوری سیلاب است، لذا در این طرح با در دست داشتن دبی عبور سیلاب در محل بازه‌ها و مقاطع موردنظر نسبت به برآورد عمق بحرانی جریان با احتساب به روش جبری و روابط تجربی هیدرولیک جریان اقدام شده است. در این خصوص تعاریفی چند از مشخصات هندسی جریان مدنظر است که ذی به آن پرداخته می‌شود.

الف) عرض بستر جریان (b): عرض کف رودخانه یا آبراهه اصلی را برحسب متر مشخص می‌نماید و با نماد b نمایش داده می‌شود.

ب) شیب کناره ای (z): شیب کناره های رودخانه یا آبراهه اصلی را بر حسب z: 1 نشان می‌دهد و با نماد Z نمایش داده می‌شود.

ج) عمق جریان (y): عمق جریان از کف بستر آبراهه و ارتفاع بحرانی آب را برحسب متر نشان می‌دهد. این عمق بر اساس اطلاعاتی از قبیل عرض بستر جریان b، شیب کناره‌های جریان، دبی عبوری با دوره بازگشت موردنظر Q و از رابطه ذیل حاصل می‌گردد:

۱-۷- مدیریت سیلاب به کمک سازه‌ها در ایران

از آنجایی که کشور ما ایران یکی از مناطق سیل‌خیز در جهان به شمار می‌آید و هر از چند سال، سیلابی مخرب منطقه‌ای از کشور را بحران زده می‌کند، بررسی و توجه به شناخت این پدیده از اهمیت خاصی برخوردار است. با توجه به مرفولوژی غیرعادی آبراهه‌ها اجرای عملیات مکانیکی (سازه‌ای) تحت عنوان روش درمانی امری اجتناب‌ناپذیر است تا با انجام آن بتوان از طبیعت فرصتی جهت احیای مجدد سطوح فرسایش یافته و اغنای پوشش گیاهی گام برداشت. این سازه‌ها که تحت عنوان بندهای اصلاحی می‌باشد به منظور کاهش شیب آبراهه‌ها، کاهش سرعت جریان، تثبیت پروفیل طولی، مهار فرسایش در آبراهه‌ها و افزایش زمان تمرکز و تأخیر و متعاقباً کاهش دبی اوج سیلاب در آبراهه‌ها احداث می‌شوند عمدتاً با مصالحی نظیر سنگ، سنگ و ملات، توری سنگی و بتن ساخته می‌شوند و امروزه به‌طور گسترده‌ای در طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این راستا تثبیت پروفیل طولی آبراهه‌ها هدف اول و به دنبال آن تثبیت کناره‌ها و تجمع رسوب و کاهش دبی اوج از اهداف ثانویه احداث سازه‌های مکانیکی در آبراهه‌ها می‌باشند.

۲- بحث

نتایج نشان‌دهنده آن است که احداث سازه‌های اصلاحی باعث ذخیره موقت آب و ممانعت در برابر حرکت آب و همچنین کاهش شیب و در نتیجه کاهش دبی اوج، حجم سیلاب، سرعت و تنش برشی و توان جریان می‌شود. به طوری که از ۵۱,۳۹ به ۴۸,۴۴ درصد دبی اوج را در دوره بازگشت مختلف کاهش می‌دهند. ذکر این نکته لازم است که در مطالعه حاضر با فرض پر شدن مخزن سازه‌ها حداکثر تأثیر آن محاسبه شد. به علاوه با افزایش دوره بازگشت‌های بالاتر دبی اوج به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. نتایج به دست آمده در این زمینه با مطالعات کریمی زاده، مور، عباسی و همکاران، آذری و همکاران، شروی و همکاران مطابقت دارد. مقایسه هیدروگراف سیل قبل و بعد از احداث سازه‌ها نشان‌دهنده کشیه و پخ شدن شکل هیدروگراف سیل است این موضوع سبب افزایش زمان تمرکز، زمان پایه و کاهش دبی اوج سیل می‌شود. تحقیق فرانسیس جی نیز موید این موضوع است. همچنین در اثر احداث سازه‌های مذکور زمان تمرکز در محل خروجی حوضه ساعت در دوره بازگشت‌های مختلف افزایش یافته است که با نتایج روشنی و مطابقت دارد.

در طراحی سازه‌های هیدرولیکی عموماً برآورد و تجزیه و تحلیل داده‌های هیدرولوژی مرتبط ضروری بوده که با توجه به نوع سازه اهداف آن این داده‌ها محاسبه می‌گردد. یکی از مهم‌ترین نتایج این تحقیق کنترل سیل و رسوب در احداث سازه‌های آبخیزداری است. در همین راستا زمانی و همکاران در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با توجه به اقدامات چندساله‌ی احداث پروژه‌های آبخیزداری در حوزه‌ی سردشت، ارزیابی اثرات آن‌ها از دیدگاه کنترل سیل و افزایش آبدهی چاه‌ها و قنات‌ها ضروری است؛ نتایج حاصل از پرسشگری و مدل AHP نشان داده است که سازه‌های احداث شده بیشترین تأثیر و عملکرد را در کنترل سیل با وزن ۰/۰۰۰۹ نسبت به افزایش آبدهی چاه‌ها و قنات‌ها با وزن ۰/۰۰۱ را داشته است؛ در این راستا مصطفی‌زاده و همکاران به این نتیجه رسیده‌اند که نتایج ارزیابی می‌تواند کمک مؤثری در رسیدن به اهداف مختلف در راستای فعالیت‌های آبخیزداری از جمله کنترل سیل کمک کند.

احداث سازه‌های آبخیزداری به عنوان راهکار اصلی در کنترل فرسایش و کنترل سیل معرفی شده است که با ایجاد مخزن ۲,۲۰۰,۰۰۰ مترمکعبی و پر شدن آن از رسوب زمینه استقرار پوشش گیاهی را فراهم می‌کند در این خصوص پرتانی (۱۳۸۷) در تحقیق خود بیان کرده است که فرسایش کف و بستر، بیشتر در رودخانه‌های جوان که بستر آن‌ها به حالت تعادل نرسیده دیده می‌شود و بستر رودخانه به علت شیب تند و سرعت زیاد جریان فرسایش یافته و مواد شسته شده به پایین رودخانه منتقل می‌گردد. راه حل معمولی برای تثبیت بستر رودخانه، احداث کف بند، تراس‌های عمود بر جریان و ساماندهی طولی سازه‌ها در محدوده مورد نظر است. این سازه‌ها می‌توانند بتنی یا گابیونی و یا از مصالح قرضه موجود با ترکیبات مقاوم ساز ساخته شوند. ارتفاع متوسط و فاصله آن‌ها از یکدیگر پس از انجام مطالعات هیدرولیکی دقیق با توجه به شرایط و جنس خاک قابل طراحی است.

۳- نتیجه‌گیری:

تحقیقات بیان شده، تأثیر انکارناپذیر اجرای عملیات مکانیکی آبخیزداری بر کاهش دبی سیلابی را به صورت کمی نشان می‌دهد. (جدول ۱)

(جدول ۱) خلاصه نتیجه تحقیقات ارائه شده

محقق	سال	حوزه	نتایج
روشنی	۱۳۸۲	کن - تهران	کاهش ۳۱ درصدی دبی اوج سیلابی
قاضی محله	۱۳۸۴	نوکنده - گلستان	کاهش ۴۸ تا ۸۳ درصدی دبی اوج سیلابی
آذری	۱۳۸۵	جاغرق - خراسان رضوی	کاهش ۲ تا ۱۱ درصدی دبی اوج سیلابی
مصطفی زاده	۱۳۸۷	جعفرآباد - گلستان	کاهش ۱/۵ درصدی دبی اوج سیلابی

روغنی	۱۳۹۰	حیدری - چهار محال بختیاری	کاهش ۲۶ تا ۱۰۰ درصدی دبی اوج سیلابی
سلطانی	۱۳۹۰	منشاد- یزد	کاهش ۷ تا ۱۴ درصدی دبی اوج سیلابی
روغنی	۱۳۹۱	بارده - چهارمحال بختیاری	کاهش ۳۵ تا ۱۰۰ درصدی دبی اوج سیلابی
امینی	۱۳۹۱	گاودره - کردستان	کاهش ۱/۵ تا ۷ درصدی دبی اوج سیلابی
جوان	۱۳۹۵	گرگاندوز-گلستان	کاهش ۱۷/۵ درصدی دبی اوج سیلابی

تحقیقات مذکور ویژگی‌های زیر را دارند:

۱. قریب به اتفاق همه تحقیقات مذکور بر اقدامات سازه‌ای تمرکز دارند.
۲. تقریباً تمامی محققین از مدل HEC - HMS استفاده کرده‌اند.
۳. تحقیقات مذکور پراکنش مناسبی در سطح کشور دارند. بطوریکه در استان‌های تهران، گلستان، خراسان رضوی، خوزستان، یزد، چهارمحال بختیاری و کردستان اجرا شده‌اند و تقریباً نمونه‌ای از اقلیم‌های متفاوت کشور را نشان می‌دهند. با توجه به این ویژگی‌ها می‌توان نتایج قابل قبولی را استنباط نمود از جمله:
 - کاهش دبی اوج سیلاب که میزان کاهش در دوره بازگشت ۲ ساله تا ۱۰۰ درصد هم می‌رسد و در دوره بازگشت‌های میان مدت ۱۵ تا ۲۵ ساله به‌طور متوسط تا ۳۰ درصد هم می‌رسد.
 - تأثیر اقدامات آبخیزداری در دوره بازگشت‌های کوتاه‌مدت بسیار مشهودتر است.
 - تأثیر اقدامات سازه‌های آبخیزداری به شرایط اقلیمی عملیات بیولوژیکی با عملیات سازه‌ای تأثیر اقدامات آبخیزداری را دوچندان و پایدار می‌کند.
 - تأثیر احداث سازه‌های اصلاحی باعث ذخیره موقت آب و ممانعت در برابر حرکت آب و همچنین کاهش شیب و در نتیجه کاهش دبی اوج، حجم سیلاب، سرعت، تنش برشی و توان جریان می‌شود.

پیشنهادات:

آبخیزداری مدیریت منابع طبیعی حوزه آبخیز است که پایه و اساس توسعه پایدار می‌باشد. آبخیزداری علاوه بر اقدامات مدیریتی اجرای عملیات مکانیکی، بیولوژیکی و بیومکانیکی است برای تداوم تأثیرات سازه‌های آبخیزداری، عملیات مکانیکی حتماً باید با اقدامات بیولوژیکی همزمان انجام گیرد. همچنین پیامدهای اقتصادی - اجتماعی ناشی از اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوزه باید بررسی و کنترل گردند.

۴- منابع فارسی:

۱. آذری، م. ۱۳۸۵. شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک و هیدرولیک حوزه آبخیز جاغرق به منظور کنترل سیلاب - پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی.
۲. امینی، عطا. ۱۳۹۱. طرح تحقیقاتی "ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب را در حوزه آبخیز گاودره"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
۳. انجمن هیدرولیک ایران - خبرنامه هیدرولیک - مهرماه ۱۳۸۰ - شماره ۲۳ - صفحه ۳.
۴. تلوری، ع. ۱۳۷۶. عوامل مؤثر بر وقوع یا تشدید سیلاب - کارمحبوبگاه آموزشی تخصصی مهار سیلاب رودخانه - تهران - انجمن هیدرولیک - ۲۱ صفحه.
۵. خادمی، فائزه السادات و محمود اکبری. ۱۳۹۳. "روش‌های کنترل سیلاب؛ اقدامات غیرسازه‌ای، دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب شهری.
۶. جوان، محسن، سیدیان، سید مرتضی، کاهه، مهدی، حشمت پور، علی. ۱۳۹۵. "ارزیابی تأثیر ارتفاع سدهای اصلاحی بر حجم و دبی اوج سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگاندوز)"، علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی - پژوهشی)، جلد ۳۹، شماره ۴، زمستان ۹۵.

۷. خزائی، محمدرضا. ۱۳۹۵. "ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رژیم هیدرولوژیکی یک حوضه آبریز کوهستانی در ایران"، حفاظت منابع آب و خاک، (۳): ۴۳-۵۴.
۸. خسروشاهی- م. ۱۳۸۰. تعیین نقش زیر حوزه‌های آبخیز در شدت سیل خیزی حوزه - مطالعه موردی در حوزه آبخیز دماوند - پایان‌نامه دکتری جغرافیای طبیعی - گروه آبیاری - دانشگاه تربیت مدرس.
۹. روغنی، محمد. ۱۳۹۰. طرح تحقیقاتی "ارزیابی تأثیر سازه‌های مکانیکی کنترل رواناب را در حوزه آبخیز حیدری"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
۱۰. روغنی، محمد. ۱۳۹۱. طرح تحقیقاتی "ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری در کاهش سیلاب را در حوزه آبخیز بارده"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری.
۱۱. زمانی، فاطمه؛ اختصاصی، محمدرضا؛ کریمیان، علی‌اکبر. (۱۳۹۵). "ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری در کنترل سیل و افزایش آبدهی چاه‌ها و قنات‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سردشت استان چهارمحال و بختیاری)"، سومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.
۱۲. سلطانی، محبوبه. اختصاصی، محمدرضا. طالبی، علی، پور اغنیایی، محمدجواد، سرسنگی، علیرضا. ۱۳۹۰. "اثر احداث سدهای اصلاحی بر کاهش دبی اوج سیلاب (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد)"، پژوهش‌های آبخیزداری، ۹۳: ۴۶-۵۴.
۱۳. فصاحت، وجیهه. ساداتی نژاد، سید جواد، هنر بخش، افشین، صمدی بروجنی، حسین. ۱۳۹۳. "تأثیر احداث سد مخزنی در میزان کاهش دبی اوج سیلاب"، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال پنجم، شماره (۱۰): ۴۴-۵۶.
۱۴. قاضی محله-م-ع، نجفی نژاد-ع-و-نورا-ن. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد سازه جند منظوره نوکننده استان گلستان در کنترل سیل با مدل HEC-HMS - مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
۱۵. قرمز چشمه، ب. جواد پور اغنیایی، م. ۱۳۸۳. "ارزیابی سدهای کوتاه خاکی در شمال فراهان". اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران. دانشکده فنی دانشگاه تهران.
۱۶. کابوسی، کامی و رضا جلینی. ۱۳۹۵. "شاخص‌های کار آبی و نقش مخازن تأخیری در کنترل سیلاب خروجی از حوزه (مطالعه موردی حوزه جعفرآباد استان گلستان)" نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال پنجم، شماره (۴): ۱۸-۴۰.
۱۷. کارآموز، محمد، پور توپسرکانی، امیر، احمدی، آزاده. ۱۳۸۵. "تحلیل اقتصادی انتخاب طرح‌های کنترل سیلاب در زمان ساخت سدها انحرافی"، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره (۲): ۱۵-۳۰.
۱۸. مختاری، سمیه. ۱۳۸۸. "راهکار کنترل سیلاب"، مجله مسکن و محیط روستا، شماره (۱۲)، ۱۲۷-۱۴۵.
۱۹. مصطفی زاده-ر-به منظور ارزیابی سناریوهای سازه‌های کنترل سیل در آبخیز جعفر آباد-استان گلستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۲۰. انتشارات آستان قدس رضوی، اصول هیدرولوژی کاربردی، علیزاده، ا. ۱۳۶۷.
۲۱. ۲ - انتشارات سارا، هیدرولوژی مهندسی، نجمایی. م، ۱۳۶۸.
۲۲. انتشارات دانشگاه تهران، هیدرولوژی کاربردی، مهدوی. م، ۱۳۷۱.
۲۳. سازمان نقشه برداری کشور، نقشه‌های رقومی، مقیاس ۲۵۰۰۰ : ۱.
۲۴. سازمان جغرافیایی ارتش، نقشه توپوگرافی، مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱.
۲۵. سازمان جغرافیایی ارتش، تصاویر عکس‌های هوایی، مقیاس ۵۰۰۰۰ : ۱.
۲۶. آذری، م. صادقی، س.ح. روع. ا. تلوری. ۱۳۹۰. ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر ویژگی‌های سیل با استفاده از تلفیق مدل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز جاغرق). گزارش فنی، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۵ (۱۵): ۶۹-۷۲ GIS در محیط HEC- RASZhang و HEC- HMS.

27. Roshani, R. 2003 " Evaluation the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Case study in Iran), M.Sc Thesis in Watershed and Environmental Management. International Institute for Geo Information Science and Earth Observation Enschede, the Nederland. 43p.
28. Brian, O. 2003. Soils, Infiltration, and On-site Testing. GeoEnvironmental Sciences and Environmental Engineering Department. Texas Council of Governments.
29. Brooks, K.N., P.F. Folliott, H.M. Gregersen and J.L. Thames. 1991. Hydrology and the Management of Watershed, vol. 1. Iowa State University, p. 220.

30. Doty, R.D.1971. Contour trenching effects on stream flow from a Utah watershed. USDA. Forest Service Res. Paper INT.98. Int. Forest and Range Exp .Sta.
31. Friesecke, F. 2004. Precautionary and sustainable flood protection in Germany -Strategies and instruments of spatial planning. 3rd FIG Regional Conference. Jakarta, Indonesia, October 3-7, 17p.
32. Karbowski, A. 1993. Optimal flood control in multireservoir cascade systems with deterministic inflow forecasts. Water resources management. Netherlands. Volume 7, No 3, Pages207-223.
33. Noble, E.L. 1963. Sediment Reduction through watershed rehabilitation. Interagency Sedimentation Conf. 29. P.U.S. Forest and Game.
34. Roughani M., A. Ghafouri and M. Tabatabaie. 2005, An Innovative Methodology in Prioritization of Sub-catchments for Flood Control, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 9, Issue 1, Pages 79-87.
35. Abbasi, M., M. Mohseni Saravi, M.M. Kheirkhah, Sh. Khalighi Sigaroudi, Gh. Rostamizad and M. Hosseini. 2010. Assessment of Watershed Management Activities on Time of Concentration and Curve Number Using HEC-HMS Model (Case Study: Kan Watershed, Tehran). Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources, 63: 388-375 (In Persian).
36. Moreno, J., S. Begueria and J.M.T. Ruiz. 2002. Influence of the Yasa reservoir of the Aragon River.Central Spanish Pyrenees.Hydrology and Earth system sciences,6(4): 762-753.
37. Lopez-Moreno, J.I., Begueria, S. and Garcia-Ruiz, J.M. 2002. Influence of the Yesa reservoir on floods of the Aragon River, central Spanish Pyrenees. Hydrology and Earth System Sciences, 6(4): 762-753.



مروری بر عوامل مؤثر بر رفتار حفاظت از آب کشاورزان

سید حسین موسویان^۱، فرحناز رستمی^۲ و مریم تاتار^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه، ^۲ عضو هیات علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه، ^۳ دکترای ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه

*^۱Email:mhossaein@ymail.com

چکیده

در چند دهه اخیر رشد جمعیت و توسعه فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی باعث شده که فاصله بین نرخ تجدید و نرخ بهره برداری از آب افزایش یابد و این شکاف در نتیجه وقوع خشکسالی‌ها بسیار عمیق شده است به طوری که کارشناسان، مدیریت بر مصرف منطقی منابع آبی بالاخص در بخش‌های پر مصرف و کم صرفه اقتصادی از جمله بخش کشاورزی را خاطر نشان می‌سازند. هدف این تحقیق بررسی عوامل مؤثر بر حفاظت آب کشاورزی می‌باشد و از روش تحلیلی-کتابخانه‌ای استفاده شده است. از آنجا که فعالیت کشاورزی یک فعالیت انسانی بوده و به رفتارهای کنشگران اصلی آن یعنی انسانها وابسته است، نیاز است با ارزیابی رفتارهای کشاورزان بررسی شود که چه میزان از فعالیت‌های آنها متناسب با مؤلفه‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. از آنجایی که، جهت شناسایی رفتار پایداری، بهترین روش بهره‌گیری از الگوهای رفتاری است، از این رو در مقاله حاضر، الگوهای رفتاری مورد نقد و بررسی قرار گرفته و به تحلیل نقاط ضعف و قوت این الگوها پرداخته شده است. پژوهش از نوع کیفی بوده و با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و با رویکردی انتقادی انجام شده است. در مراحل پژوهش ابتدا جایگاه الگوهای رفتاری بررسی گردید. سپس الگوهای رفتاری مناسب تعیین گردید. به نظر می‌رسد الگوی سرمایه‌ی اجتماعی و مدل رفتار برنامه‌ریزی شده‌ی توسعه یافته الگوهایی به نسبت کامل‌تر برای بررسی عوامل مؤثر بر رفتار حفاظت از آب در بین بهره‌برداران باشند.

واژگان کلیدی: رفتار حفاظت از آب، آب کشاورزی، الگوهای رفتاری

۱- مقدمه

بر اساس شاخص سازمان ملل و همچنین مؤسسه ی بین المللی مدیریت آب، ایران در وضعیت شدید کم آبی قرار دارد و عده ای از متخصصان معتقدند که مدیریت منابع آبی کشور در شرایط فعلی مناسب نبوده و موجب شده است که در سال‌های اخیر، شاهد کاهش منابع آبهای زیرزمینی، و نیز کاهش سطح زیر کشت کشاورزی در برخی مناطق باشیم (بیژنی و حیاتی، ۱۳۹۲). بخش کشاورزی بزرگ ترین مصرف کننده ی منابع آب شیرین جهان است. با شروع قرن بیستم تا اکنون، مصرف آب شیرین بخش کشاورزی در دنیا به علت افزایش جمعیت جهان، تقریباً ۷ برابر شده است. پیش بینی شده که تا سال ۲۰۲۵ نیاز آبی برای بخش کشاورزی ۲۰ درصد افزایش یابد، این در حالی است که ایران از بین ۱۳۳ کشور رتبه ۱۳۲ را از لحاظ مدیریت مصرف آب دارا بوده، و سهم بخش کشاورزی برای استفاده از منابع آب داخل کشور ۹۲ درصد از کل منابع آب آن است (بازرگان و احمدی علی بیگلویی، ۱۳۹۳). بنابراین چنین به نظر می‌رسد که بخش کشاورزی متهم اصلی بحران آب در کشور است (تاتار و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه، به دلیل رشد روزافزون جمعیت، رشد کمی و کیفی بخش کشاورزی و گسترش شهرنشینی، برداشت از منابع آب زیرزمینی، سطحی و سایر منابع آب از حد نصاب خود گذشته، و هزینه‌های تأمین آب اضافی

از منابع آب سطحی و آلودگی منابع آبی، شتابی فزاینده پیدا کرده و شرایط و مناسبات مالی تشکیلات مختلف دولتی با یکدیگر و دولت با بقیه‌ی جامعه (به تبع سیاست‌های کلانتر اقتصادی) در حال تغییر و تحول اساسی است. لذا حرکت برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب در شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت و نیازهای در حال تحول مناطق مختلف کشور صرفاً با اتکا به بعد مدیریت عرضه، تکیه بر احداث تأسیسات جدید و جنبه‌های سخت افزاری فناوری نمی‌تواند مشکلات را تخفیف داده یا از عهده‌ی آن برآید (عربی یزدی و همکاران، ۱۳۸۸). حتی در شرایط فعلی، مدیریت توأمان عرضه و تقاضا، که در ظاهر متناسب با شرایط تاریخی کشور ما در مدیریت آب است، نیز پاسخگو نخواهد بود. نگرش جامع و فراگیر به همه‌ی این مقوله‌ها، برقراری ارتباط منطقی و همچنین توسعه فراگیر بین آنها به اعتقاد خبرگان و کارشناسان مدیریت آب در دنیا، تنها راه برخورد معقول با مدیریت آب، مدیریت مشارکتی یکپارچه‌ی منابع آب مطرح گردیده است (زرگرپور و نورزاد، ۱۳۸۸).

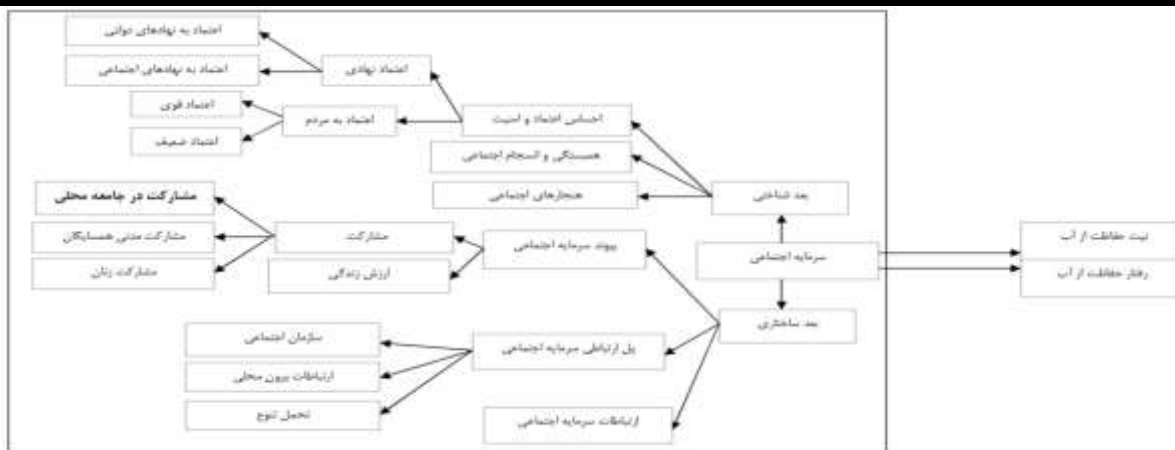
۲- مواد و روش‌ها

با توجه به مطالب ذکر شده، می‌توان بیان داشت، شناخت رفتار کشاورزان، هسته مرکزی گسترش ظرفیت تطبیق و حرکت به سوی کشاورزی پایدار است. در واقع کشاورزان عاملینی هستند که سیاست‌ها و برنامه‌های پایداری را متقبل می‌شوند؛ در نتیجه عوامل مؤثر بر رفتار آنها بر چگونگی و میزان موفقیت اجرای این برنامه‌ها نقش بسزایی دارد. هم اکنون سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران سیاست‌های کشاورزی، نیازمند ابزاری برای پیش‌بینی چگونگی ترغیب کشاورزان به اجرای سیاست‌های کشاورزی هستند. لذا، شناخت عوامل مؤثر بر رفتار کشاورزان از اهمیت بالایی برخوردار است. برای تحقق این امور و برای شناخت کامل عوامل مؤثر بر رفتارهای ناپایداری بهره‌برداران زراعی در حفاظت از منابع آب، شناخت الگوها و مهم ترین عوامل مؤثر بر این رفتارها و انتخاب عوامل مؤثر برگزیده، از جمله ضروریاتی هستند که در این پژوهش با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای - تحلیلی به آن پرداخته شده است.

عوامل مؤثر بر رفتار کشاورزان و بهره‌برداران در حفاظت از منابع آبی

الف - سرمایه‌ی اجتماعی

سرمایه‌ی اجتماعی نه تنها شامل مدیریت مشترک، بهره برداری و نگهداری از دارایی‌های مشترک می‌شود (میچلینی، ۲۰۱۳) بلکه مفهوم کلیدی برای درک منابع مشترک می‌باشد (بالت و همکاران، ۲۰۱۳). در همین رابطه (میلر و بایز، ۲۰۰۴) معتقدند، سرمایه اجتماعی شاخصی از ارتباطات جامعه و هنجارهای اجتماعی است که بر رفتارهای مصرف آب افراد تأثیر می‌گذارد. کولمن (۲۰۰۹) معتقد است بر خلاف دیگر اشکال سرمایه، ماهیت اجتماعی در روابط بین کنشگران است. لذا سرمایه اجتماعی را به عنوان ارتباطات ساختاری بین کنشگران شرح داده است که افراد را به انجام فعالیتهای مولد تشویق میکند. جوامع روستایی محیط مساعدی را برای ایجاد سرمایه اجتماعی ایجاد می‌کند (میچلینی، ۲۰۱۳) چرا که سرمایه اجتماعی اطلاعات را در سطح روستا به خوبی انتشار می‌دهد و بر تصمیم‌گیرهای فردی در جوامع روستایی تأثیر می‌گذارد. تعدادی از محققان دو بعد کلی ساختاری و شناختی (شکل ۱) برای سرمایه اجتماعی در نظر گرفته‌اند (ناکاگاوا و شاو، ۲۰۰۴؛ هارفام و همکاران، ۲۰۰۴، میچلینی، ۲۰۱۳). بعد شناختی سرمایه اجتماعی متشکل از هنجارها، ارزش‌ها، نگرش‌ها و باورهای می‌باشد که افراد را مستعد همکاری با یکدیگر میکند. بعد ساختاری سرمایه اجتماعی اشاره دارد به شبکه‌ها، نقشها، قوانین، رویه‌ها و روشهایی که موجب فرایند سازماندهی، همکاری و اقدامات جمعی بین افراد جهت انجام فعالیتها می‌شوند. الگوی سرمایه اجتماعی توسط رحیمی فیض آبادی (۱۳۹۵) در شهرستان الشتر بکار گرفته شده است که نتایج قابل قبولی بدست آورده است. این الگو برای بررسی عوامل مؤثر بر رفتار بهره برداران توسط (انیکس و بولن، ۲۰۰۴؛ انیکس و همکاران، ۲۰۰۷؛ میلر و همکاران، ۲۰۰۸؛ میلر و همکاران، ۲۰۱۲) انجام شده است.



شکل ۱. ابعاد شناختی و ساختاری سرمایه اجتماعی

ب- نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده (آژن و مادن، ۱۹۸۵)

آژن و مادن جهت رفع نقص عدم کاربرد نظریه عمل منطقی در زمانی که میزان کنترل ارادی بر یک رفتار کاهش می‌یابد، آن را توسعه داده و و افزون بر دو مؤلفه دیگر (نگرش و هنجار)، مولفه کنترل رفتارهای عینی را به آن افزودند (شکل ۴). در شرایطی که قصد رفتاری برای انجام کاری کافی باشد و یا این که کنترل ارادی بر روی رفتار بالا باشد، از قدرت این مؤلفه سوم کاسته می‌شود. وزن‌های نسبی این سه سازه در جوامع مختلف و رفتارهای مختلف متفاوت است. در این الگو بیان می‌شود که انجام یک رفتار با دو عامل همراه با هم ارتباط دارد: انگیزه (قصد رفتاری) و توانایی (کنترل رفتاری). نظریه رفتار برنامه‌ریزی شده به طور گسترده‌ای برای درک رفتارها مورد استفاده واقع شده است. این الگو در ادبیات رفتارهای حفاظت از محیط‌زیست نیز استفاده شده که اغلب با عنوان رفتار سازگار با محیط زیست مطرح است (استرن، ۲۰۰۰). تعدادی از مطالعات بیان کننده ارتباط قوی بین اهداف زیست محیطی و رفتارهای طرفدار محیط زیست (بولدرو، ۱۹۹۵) وجود دارد. این الگو نیز دارای محدودیت‌هایی می‌باشد.

ج- راهبردهای سازگاری نوآورانه و پایدار

سازگاری یک فرایند بلند مدت یادگیری و تعدیل است که سیستم‌های اجتماعی و محیطی را به صورت توأم مورد توجه قرار می‌دهد (بارن، ۲۰۰۱). به طور کلی، سازگاری کشاورزی شامل دو نوع از تغییرات در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی است (گادیجیزو، ۲۰۱۵) نخست بهبود تنوع که شامل بکارگیری فعالیتهای تولیدی که مقاوم به خشکی و یا مقاوم در برابر تنش دمایی هستند، دوم سازگاری تمرکز بر انجام شیوه‌های مدیریت محصول در راستای اطمینان از این که مراحل حساس رشد محصول با شرایط بسیار سخت آب و هوایی مانند خشکسالی در اواسط فصل، همزمان نباشد. تحقیقات نشان می‌دهند، هر گونه تلاش برای استخراج الگوهای رفتاری سازگاری با تغییرات نیازمند درک چگونگی باور به تغییر در بین ذینفعان است (دانگ، ۲۰۱۵). بنابراین باور به تغییرات در منابع آب متغیر بسیار مهمی در چگونگی پاسخ کشاورزان به آن خواهد داشت (جیانگ، ۲۰۱۶). این الگو نیز دارای محدودیت‌هایی می‌باشد.

د- نظریه رفتار بین فردی (تریاندیس، ۱۹۷۷)

تریاندیس معتقد است که رفتار در هر موقعیتی تحت تأثیر نیت و تا اندازه‌ای تحت تأثیر پاسخ‌های عادی و در نهایت تحت تأثیر فشارها و شرایط موقعیتی است. از نظر او نیت تحت تأثیر عوامل اجتماعی، عاطفی و تأملات عقلانی قرار می‌گیرد. در این الگو، فرد نه کاملاً با تأمل و نه کاملاً غیرارادی؛ نه کاملاً مستقل و نه کاملاً تحت تأثیر اجتماع رفتار می‌کند. در واقع تریاندیس علاوه بر بخش آگاهانه رفتار بر بخش ناخودآگاه رفتار هم تأکید دارد. از نظر او عادت که مبتنی بر رفتار گذشته افراد است موجب می‌شود تا رفتار در موقعیت‌هایی به طور خود به خودی انجام پذیرد. به طوری که وقتی فرد در موقعیتی خاص قرار می‌-

گیرد آن رفتار را بر طبق عادت انجام می‌دهد. افزون بر این از نظر او شرایط تسهیل‌کننده به عنوان عامل ساختاری موجب تسهیل رفتاری خاص در محیط زیست می‌گردد.

۳- نتایج و بحث

بررسی الگوها نشان داد که، نخستین الگوهای مهم رفتاری تنها برخی از عوامل را در بروز رفتار مؤثر دانسته و مورد بررسی قرار داده‌اند. برای مثال نظریه فیشبن و آژن تنها دو عامل نگرش و هنجارهای ذهنی افراد و نظریه شوارتز تنها پیامدها و ارزش آنها را عوامل مؤثر بر رفتار دانسته‌اند. این الگوها بررسی تاثیر بسیاری از مولفه‌های اثرگذار بر رفتار را فراموش نموده‌اند. مولفه‌های مؤثر بر رفتار تنها این دو عامل نیستند. مزیت این الگوها این بود که در همه حوزه‌های تحقیقاتی کاربرد داشتند. اما بعد از آنها الگوهای مطرح شدند که تنها در حوزه زیست‌محیطی کاربرد داشتند.

در الگوهای زیست‌محیطی نیز رفتار افراد را برگرفته از نگرش دانسته‌اند. و مهمترین عامل در شکل‌گیری نگرش را دانش دانسته‌اند که به صورت غیر مستقیم از طریق اثرگذاری بر ارزشها و نگرشهای فردی بر رفتارهای زیست‌محیطی اثرگذار است. در زمینه زیست‌محیطی نیز الگوهای طراحی شدند که عادات رفتاری، بازخوردهای عادت و رفتار و مولفه‌های اثرگذار که به مرور زمان به الگوها اضافه شده بود، پوشش دادند. این الگوها علاوه بر موارد ذکر شده، تاثیر مولفه‌های دانش موضوع، مولفه‌های کنترلی فردی، دانش راهبردهای اقدام و مهارت اقدام را بررسی نمودند.

جهت رفع نواقص الگوهای مطرح شده، الگویی تحت عنوان الگوی یکپارچه عامل محور مطرح گردیده است که فئولا و بایندر از پیشگامان آن می‌باشند. این الگو همه‌ی الگوهای مطرح شده تاکنون را پوشش داده و شامل عناصر تمایل، عادت، برانگیختگی فیزیولوژیکی و عوامل زمینه‌ای درونی و بیرونی به عنوان عوامل مؤثر بر تصمیم و رفتار، پیامدهای ادراک شده و نشده، خواسته یا ناخواسته و بازخوردها می‌باشد. و ریشه در رویکرد کنش-نظری تحقیقات اجتماعی دارد. اما این الگو نیز محدودیتهایی دارد که نیاز است مورد بررسی قرار گرفته و برطرف گردد.

بررسی الگوها نشان داد که تعدادی از محققان دو بعد کلی ساختاری و شناختی برای سرمایه اجتماعی در نظر گرفته‌اند (ناکاگوا و شاو، ۲۰۰۴؛ هارفام و همکاران، ۲۰۰۴؛ بیپ و همکاران، ۲۰۰۷؛ ون ریجن و همکاران، ۲۰۱۲؛ میچلینی، ۲۰۱۳). بعد شناختی سرمایه اجتماعی متشکل از هنجارها، ارزشها، نگرشها و باورهای میباید که افراد را مستعد همکاری با یکدیگر میکند. بعد ساختاری سرمایه اجتماعی اشاره دارد به شبکه‌ها، نقشها، قوانین، رویه‌ها و روشهایی که موجب فرایند سازماندهی، همکاری و اقدامات جمعی بین افراد جهت انجام فعالیتها می‌شوند. الگوی سرمایه اجتماعی توسط رحیمی فیض آبادی (۱۳۹۵) در شهرستان الشتر بکار گرفته شده است که نتایج قابل قبولی بدست آورده است. این الگو برای بررسی عوامل مؤثر بر رفتار بهره برداران توسط (انیکس و بولن، ۲۰۰۴؛ انیکس و همکاران، ۲۰۰۷؛ میلر و بوایز، ۲۰۰۸؛ میلر و همکاران، ۲۰۱۲) انجام شده است. به نظر می‌رسد این الگو، الگویی کامل برای بررسی عوامل مؤثر بر رفتار بهره برداران باشد. یکی دیگر از الگوها تئوری رفتار برنامه ریزی شده است که عوامل اصلی اثرگذار بر رفتار داوطلبانه را توضیح میدهد. مطابق تئوری فوق، سه متغیر نگرش فرد نسبت به حفاظت آب، درک فرد از توانایی اش برای بروز رفتار مورد نظر با آب و درک فرد از هنجارهای اجتماعی موجود و اینکه تا چه اندازه اطرافیان از وی انتظار دارند در زمینه آب، رفتار درستی داشته باشد، بر رفتار فرد جهت حفاظت آب تأثیرگذار هستند. اما همان گونه که (یزدان پناه ۲۰۱۴) نیز بیان می‌دارند، این سه متغیر به تنهایی برای تحلیل رفتار کشاورزان با آب کافی نیست. علاوه بر سه متغیر مذکور، هنجار اخلاقی فرد نیز به عنوان یک عامل اثرگذار بر رفتار کشاورزان در زمینه آب در نظر گرفته شود. اگرچه تئوری رفتار هدایت شده توانایی تحلیل رفتار حفاظت آب در میان کشاورزان را دارد، اما صرفاً متوسل شدن به این تئوری و بدون درنظر گرفتن بسیاری دیگر از متغیرهای زمینهای (مانند آموزشهای ترویجی، سطح سواد، تماس با مروجان کشاورزی) نمیتوان تصویر درست و کاملی از رفتار حفاظت آب توسط کشاورزان ترسیم نمود.

۴- منابع و مراجع

- ۱- بازرگان، م. احمدی علی بیگلویی، م. ۱۳۹۳. تولید آب شیرین با استفاده از سرمایه‌های زیرزمینی هوای مطلوب و انرژی خورشیدی. شماره اول. فصل نامه علمی- تخصصی انرژی‌های تجدید پذیر و نو
- ۲- بیژنی، م. و حیاتی، د. ۱۳۹۲. کاربرد نگرش‌های ارزشی زیست محیطی در واکاوی تضاد آب، (مطالعه موردی شبکه‌های آبیاری سد درودزن). علوم ترویج و آموزش کشاورزی، ۹ (۱): ۷۸۱-۱۰۱.
- ۳- تاتار، م. پاپ زن، ع و احمدوند، م. (۱۳۹۷). مدیریت تضاد آب کشاورزی در حوزه آبخیز گاوشان. مجله علوم ترویج کشاورزی
- ۴- تحصیری، س. ۱۳۸۸. " آب مجازی " و نقش آن در مدیریت منابع آب در عرصه کشاورزی ایران و جهان دومین اجلاس سرتاسری آب، ۲۰ اسفند، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان: ۵۴۳-۵۳۶ (۲۲).
- ۵- رحمانی، ص. فروزانی، م. و عبدشاهی، ع. ۱۳۹۷. بررسی باورها و راهبردهای سازگاری کشاورزان با شرایط کمبود آب و عوامل مؤثر بر آنها در شهرستان ممسنی. نشریه پژوهش آب در کشاورزی. ۳۲(۲).

6-Ajzen I (1985) Form intention to actions: A theory of planned behavior. In: Kuhl and Beckman (Eds.), Action- control: From cognition to behavior (pp. 11- 39). Heidelberg: Springer.

7- Dolisca. F. 2011. Factors influencing farmer's participation in desert management programs: A case study from Haiti, Journal of Desert Ecology and Management (236):324331. 28).





A review of factors affecting farmers' water conservation behavior

^{1*}seid hossain moosavian,²farahnaz rostami,³maryam tartar

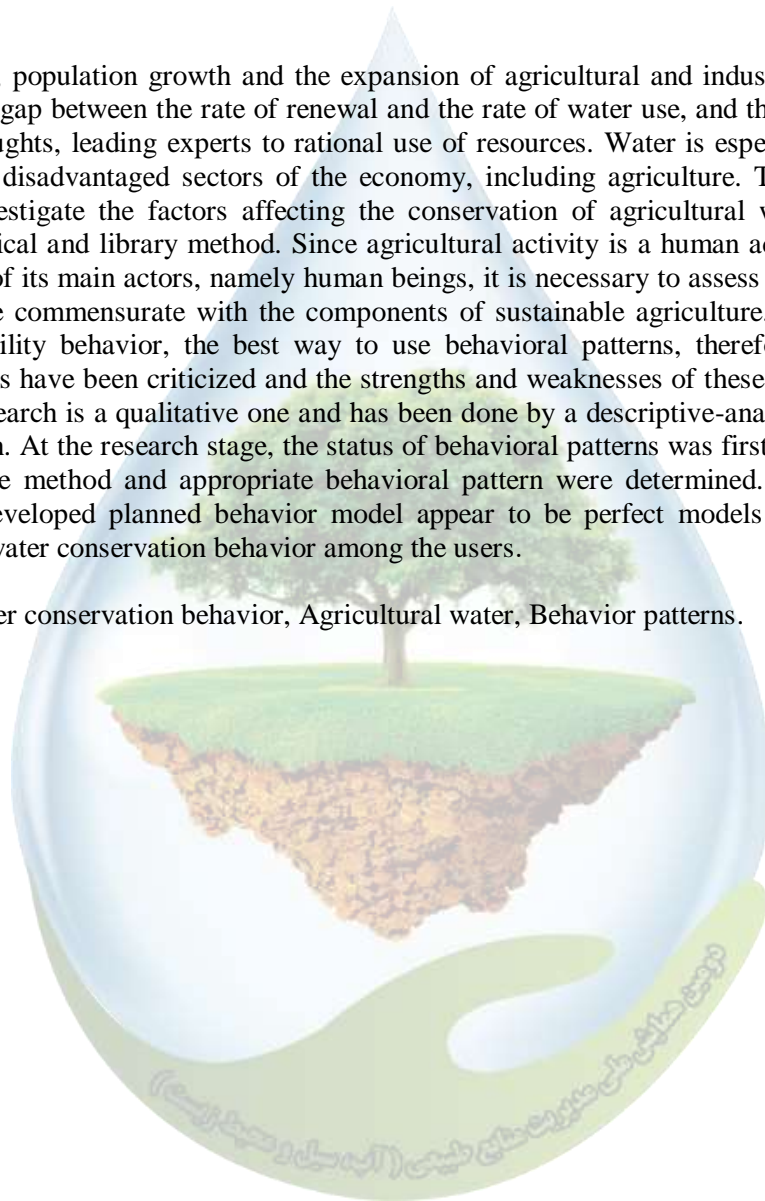
^{1*}MSc Student of Agricultural Extension and Education, Razi School of Agriculture and Natural Resources, Kermanshah,²Associate Professor, Agricultural Extension and Education Department, Razi School of Agriculture and Natural Resources, Kermanshah,³ Ph.D of Agricultural Extension and Education, Razi School of Agriculture and Natural Resources, Kermanshah

*1*Email: mhossaein@ymail.com*

Abstract

In recent decades, population growth and the expansion of agricultural and industrial activities have led to a widening gap between the rate of renewal and the rate of water use, and this gap has widened as a result of droughts, leading experts to rational use of resources. Water is especially noticeable in the economically disadvantaged sectors of the economy, including agriculture. The purpose of this study was to investigate the factors affecting the conservation of agricultural water and to use a descriptive-analytical and library method. Since agricultural activity is a human activity and depends on the behaviors of its main actors, namely human beings, it is necessary to assess the extent to which their activities are commensurate with the components of sustainable agriculture. Since, in order to identify sustainability behavior, the best way to use behavioral patterns, therefore, in this article, behavioral patterns have been criticized and the strengths and weaknesses of these patterns have been analyzed. The research is a qualitative one and has been done by a descriptive-analytical method with a critical approach. At the research stage, the status of behavioral patterns was first investigated. Then the most complete method and appropriate behavioral pattern were determined. The social capital model and the developed planned behavior model appear to be perfect models for examining the factors affecting water conservation behavior among the users.

Keywords: Water conservation behavior, Agricultural water, Behavior patterns.



طبقه‌بندی تناسب اراضی برای محصولات مهم زراعی (منطقه دهلران، استان ایلام)

سیدحسین موسویان^{۱*}، جعفرعلی اولاد^۲ و امیر میرزایی^۳

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد ترویج و آموزش کشاورزی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه^۲ بخش تحقیقات منابع طبیعی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران، ^۳ بخش تحقیقات منابع طبیعی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
Email: mhossaein@ymail.com^{۱*}

چکیده

امروزه با توجه به منابع محدودی که برای تولید محصول در اختیار بشر است، استفاده بهینه از اراضی، ضرورتی انکارناپذیر است. به منظور تعیین تناسب بهینه اراضی دشت عباس (دهلران) با وسعتی حدود ۲۰۰۰۰ هکتار، این مطالعه انجام شد. گیاهان عمده زراعی عمدتاً گندم، ذرت و جو است. جمع‌آوری و پردازش اطلاعات لازم درباره مشخصات اراضی انجام و سپس نیازهای نباتات مورد مطالعه از جداول ویژه، ضمن تطابق با منطقه استخراج شد. با توجه به ارزیابی اقلیمی، اقلیم منطقه برای کشت گندم نسبتاً مناسب (۲S) و برای کشت ذرت تناسب بحرانی (۳S) می‌باشد. نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که قسمت اعظم منطقه برای کشت گندم و ذرت دارای کلاس تناسب ۲S بوده و در نهایت کلاس کلی زمین برای گندم ۲S و برای ذرت ۳S به‌دست آمد.

واژگان کلیدی: تناسب اراضی، محصولات مهم زراعی، اقلیم، ایلام.

۱- مقدمه

امروزه به علت رشد روزافزون جمعیت و از بین رفتن تدریجی منابع در دسترس بشر، نیاز بیشتری به استفاده بهینه از اراضی احساس می‌شود. در ارزیابی اراضی، دو جنبه مهم زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد: جنبه فیزیکی: شامل خاک، پستی و بلندی و اقلیم و جنبه اجتماعی-اقتصادی است (۴ و ۱). ارزیابی تناسب اراضی برای نباتات خاص، توسط فائو پیشنهاد شده است که با استفاده از آن، تناسب اراضی برای بهره‌وریهای خاص تعیین می‌شود. سپس براساس روابط به‌دست آمده و تخمین میزان نهاده‌ها (Inputs) و ستانده‌ها (Outputs) می‌توان به نوع استفاده مناسب از زمین پی‌برد (۱). مطالعه حاضر به همین منظور برای پی‌بردن به تناسب اراضی منطقه دهلران (دشت عباس)، مشخص نمودن الگوی صحیح کشت و استفاده بهینه و پایدار از اراضی انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب دهلران و بین ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال به سیاه‌کوه، از جنوب به ارتفاعات سگوند، از شرق به دشت اوان و از غرب به موسیان محدود است. اطلاعات اقلیمی شامل درجه حرارت، تابش نور خورشید، درصد رطوبت نسبی، مقدار بارندگی و طول روز بوده که برای ماههای مختلف به تفکیک تهیه گردید. اطلاعات حاکی مورد نیاز جهت ارزیابی اراضی عبارتند از: پستی و بلندی، خیس بودن خاک، خصوصیات حاصلخیزی، خصوصیات شوری و قلیائیت خاک. در مرحله بعد لازم است شرایط مطلوب خاکی و اقلیمی رشد هر گیاه مشخص شده و اثر هر پارامتر در کاهش عملکرد تعیین شود

(۴۳). به عبارت دیگر برای تعیین کلاس اراضی، مشخصات اراضی با نیازهای نباتاتی که قرار است کاشته شوند مقایسه می‌شود. به این منظور از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

- ۱- روش محدودیت حداکثر یا ساده
- ۲- روش محدودیت که در آن تعداد و میزان محدودیت‌ها منظور می‌شود.
- ۳- روش پارامتریک (۲۱)

۳- نتایج و بحث

با استفاده از اطلاعات اقلیمی دشت عباس (دهلران) اقدام به تعیین کلاس اقلیمی با روش‌های محدودیت ساده، تعداد و میزان محدودیت و روش پارامتریک گردید که بر این اساس دوره رشد منطقه از ۱۳ آذر (برابر ۴ دسامبر) شروع و دوره رشد ۱۴ اسفندماه (برابر ۵ مارس) خاتمه می‌یابد.

$$t = \text{integ} [(R1-E1/2)*30] / (R1-R2+E2/2-E1/2) = (26-90)*30 / (26-43.3+40.5-90) = 28.5$$

شروع دوره رشد = ۱۳ آذر = ۴ دسامبر

$$t = (85-63)*30 / (85.1-64.1+91.5-63) = 13.5$$

انتهای دوره بارندگی = ۲۸ بهمن ماه

برای محاسبه پایان دوره رشد باید تعداد روزهایی که در طول آنها ۱۰۰ میلی‌متر از آب خاک تبخیر می‌شود، به پایان دوره بارندگی اضافه نمود.

پایان دوره رشد = ۱۴ اسفندماه (برابر ۵ مارس)

با توجه به ارزیابی اقلیمی، اقلیم منطقه برای کاشت گندم و ذرت دارای تناسب S2 یا نسبتاً مناسب و برای ذرت دارای تناسب بحرانی یا S3 است. جداول مربوط به تعیین سطح، کلاس و درجه محدودیت اقلیم برای کشت گندم، جو و ذرت آورده شده است (جدول ۱). همچنین با توجه به مطالعات صحرایی و مطالعات خاکشناسی که قبلاً انجام شده است، هفت سری خاک تحت عناوین بنت القدس، سعد، اسد، امامزاده عباس، فجر، گره زد و سگوند جدا شد. با توجه به این مطالعات مشخص شد که واحد دشت‌های مرتفع، اغلب دارای شیب و پستی و بلندی و فرسایش آبی متوسط تا زیاد است که سری خاکهای گره‌زد دارای چنین مشخصاتی است. مخروطه افکنه‌های پیوسته، دارای شیب و پستی و بلندی و فرسایش آبی کم تا متوسط بوده و سری سگوند جزء این اراضی است. اراضی پست که دارای شیب ملایم و بدون پستی و بلندی است، شامل سری بنت القدس می‌شود. دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای دارای مشخصات شیب ملایم و بدون پستی و بلندی یا پستی و بلندی کم می‌باشد. سری خاکهای سعد، امامزاده عباس و اسد جزء این دشت‌ها محسوب می‌شوند.

خاک سری بنت القدس برای کشت گندم آبی در کلاس S2، برای کشت گندم دیم در کلاس S2 و کلاس کلی زمین برای گندم آبی در کلاس S2 و برای گندم دیم در کلاس S3 قرار می‌گیرد. خاک سری سعد، گرده‌زد و امامزاده عباس برای کشت گندم آبی و دیم در کلاس S2 و کلاس کلی زمین در کلاس S2 قرار می‌گیرد. خاک سری اسد برای کشت گندم آبی و دیم در کلاس S3 و کلاس کلی زمین نیز در کلاس S3 قرار می‌گیرد. خاک سری فجر و سگوند برای کشت گندم آبی در کلاس S1، برای گندم دیم در کلاس S3 و کلاس کلی زمین برای گندم آبی در کلاس S2 و برای گندم دیم در کلاس S3 قرار می‌گیرد. برای کشت ذرت خاک سری‌های فجر و سگوند در کلاس S1، خاک سری‌های سعد، امامزاده عباس و گرده‌زد در کلاس S2 و سری اسد در کلاس S3 قرار می‌گیرد. کلاس کلی زمین برای کشت ذرت نامناسب S3 است.

جدول (۱) - تعیین سطح، کلاس و درجه محدودیت اقلیم برای کشت ذرت

خصوصیات اقلیمی	اطلاعات اقلیمی	سطح محدودیت	حداکثر محدودیت	درجه محدودیت
میانگین درجه حرارت سیکل رشد	۲۷/۶	۱	S1	۹۰

۹۱	S1	۱	۲۰/۱	میانگین درجه حرارت حداقل فصل رشد
۵۰	S3	۳	۳۲/۵	رطوبت نسبی ماه دوم
۹۱	S1	۱	۵۹	رطوبت نسبی مرحله بلوغ
۷۰	S2	۲	۰/۸۲	n / N مرحله توسعه رشد
۱۰۰	S1	۰	۰/۷۲	n / N مرحله بلوغ
-	S3	-	-	تناسب نهایی

جدول (۲) - خصوصیات مورفولوژیکی خاک سری Bentolghodos

ثبات (Consistency)	ساختمان	بافت	رنگ مرطوب	عمق (سانتیمتر)	افق
Firm	1Ccolm	C	7.5YR4/4	۰-۱۵	A _p
Very firm	2Ccolm	C	7.5YR4/4	۱۵-۴۰	B _{k1}
Very firm	Week Cubic	C	7.5YR4/4	۴۰-۸۰	B _{k2}
Very firm	Week Cubic - Massive	C	7.5YR4/4	۸۰-۱۱۰	B _{k3}

جدول (۳) - نتایج تجزیه آزمایشگاهی خاک سری Bentolghodos

آهک %	OC %	PH	Ec (ds/m)	درصد رطوبت در حالت اشباع	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	عمق (cm)	افق
۳۳	۰/۳۵	۷/۹	۱/۹	۵۹	۵۰	۲۸	۲۲	۰-۱۵	A _p
۳۲	۰/۱۸	۷/۹	۴/۵	۶۹	۱۹	۲۷	۵۴	۱۵-۴۰	B _{k1}
۲۸	۰/۱۸	۷/۷	۱۵/۷	۷۵	۲۷	۲۰	۵۳	۴۰-۸۰	B _{k2}
۲۶	۰/۱۳	۸	۲۰	-	-	-	-	۸۰-۱۱۰	B _{k3}

جدول (۴) - تعیین شدت، کلاس و محدودیت زمین و خاک سری Bentolghodos برای کشت گندم دیم

درجه محدودیت	کلاس محدودیت	شدت محدودیت	اطلاعات مربوطه	مشخصات زمین و خاک
۸۵	S ₁	۱	شیب اصلی و فرعی ۲	شیب
۱۰۰	S ₁	۰	Fo	سیل گیری
۱۰۰	S ₁	۰	W. D. (Well Drainage)	زهکشی
۹۰	S ₁	۱	Loam/ Massive	بافت / ساختمان
۱۰۰	S ₁	۰	۱۱۰	عمق خاک (cm)
۸۹	S ₁	۱	۳۰	درصد کربنات کلسیم
۹۲/۵	S ₁	۱	۷/۹	pH
۶۰	S ₃	۳	۰/۲	% کربن آلی
۸۱	S ₂	۲	۸/۷۱	شوری خاک ds/m

جدول (۵) - تعیین شدت، کلاس و محدودیت زمین و خاک سری Bentolghodos برای کشت گندم آبی

درجه محدودیت	کلاس محدودیت	شدت محدودیت	اطلاعات مربوطه	مشخصات زمین و خاک
۸۵	S ₁	۱	شیب اصلی ۲ شیب فرعی ۲	شیب
۱۰۰	S ₁	۰	Fo	سیل گیری
۱۰۰	S ₁	۰	W. D. (Well Drainage)	زهکشی

۱۰۰	S1	۰	بیش از ۳ متر	عمق سفره آب زیرزمینی
۹۰	S1	۱	Loam/ Massive	بافت/ ساختمان
۱۰۰	S1	۰	m ³ >	فاصله اجزا سنگی با قطر بیش از ۲۵ سانتیمتر - درصد حجمی اجزا درشت با قطر ۲۵ cm -
۹۴	S1	۱	٪۵	۲mm
۱۰۰	S1	۰	۱۱۰	(عمق خاک cm)
۸۹	S1	۱	۳۰	درصد کربنات کلسیم
۹۲/۵	S1	۱	۷/۹	pH
۸۱	S2	۲	۸/۷۱	شوری خاک ds/m

کلاس اقلیم: S2:

کلاس زمین و خاک: S2:

کلاس کلی زمین: S2:

کلاس زمین پس از اصلاح: S2C:

درجه محدودیت، روش ریشه دوم (Square root method):

$$\text{درجه اقلیمی: } 1/2LI = 72/5 = 37$$

کلاس تناسب زمین: S₂=

خاک سری بنت القدس برای کشت گندم آبی در کلاس S2، برای کشت گندم دیم در کلاس S2 کلاس کلی زمین برای گندم آبی در کلاس S2 و برای گندم دیم در کلاس S3 قرار می‌گیرد. خاک سری سعد، گردهزد و امامزاده عباس برای کشت گندم آبی و دیم در کلاس S2 و کلاس کلی زمین در کلاس S2 قرار می‌گیرد. خاک سری اسد برای کشت گندم آبی و دیم در کلاس S3 و کلاس کلی زمین نیز در کلاس S3 قرار می‌گیرد. خاک سری فجر و سگوند برای کشت گندم آبی در کلاس S1، برای گندم دیم در کلاس S3 و کلاس کلی زمین برای گندم آبی در کلاس S2 و برای گندم دیم در کلاس S3 قرار می‌گیرد. برای کشت ذرت خاک سری‌های فجر و سگوند در کلاس S1، خاک سری‌های سعد، امامزاده عباس و گردهزد در کلاس S2 و سری اسد در کلاس S3 قرار می‌گیرد. کلاس کلی زمین برای کشت ذرت نامناسب S3 است. با توجه به ارزیابی اقلیمی، اقلیم منطقه برای کشت گندم نسبتاً مناسب (S2) و برای کشت ذرت تناسب بحرانی (S3) می‌باشد. نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد که قسمت اعظم منطقه برای کشت گندم و ذرت دارای کلاس تناسب S2 بوده و در نهایت کلاس کلی زمین برای گندم S2 و برای ذرت S3 به دست آمد.

۴- منابع و مراجع

- ۶- ایزدپناه، ب. و خ. رامشنی. ۱۳۵۷. مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی دشت‌های کرخه سفلی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۵۵۴.
- ۷- گیوی، ج. ۱۳۷۶. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۱۰۱۵.
- ۸- گیوی، ج. ۱۳۷۸. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید اراضی برای محصولات عمده منطقه فلاورجان اصفهان. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک. صفحه ۴۳.
- 4-FAO. 1985. Guidelines land evaluation for irrigated agriculture. FAO soil bulletin no 55, 231 pp.
- 9- Sys, C., E. Van Ranst and J. Debaveye. 1991. Land evaluation. part I, II, International training center for post graduate soil scientists, Ghent University Ghent, 679pp

Land suitability classification for important crop products (Dehloran, Ilam province)

^{1*}seid hossain moosavian,²Jafar aliolad,³amir mirzaei

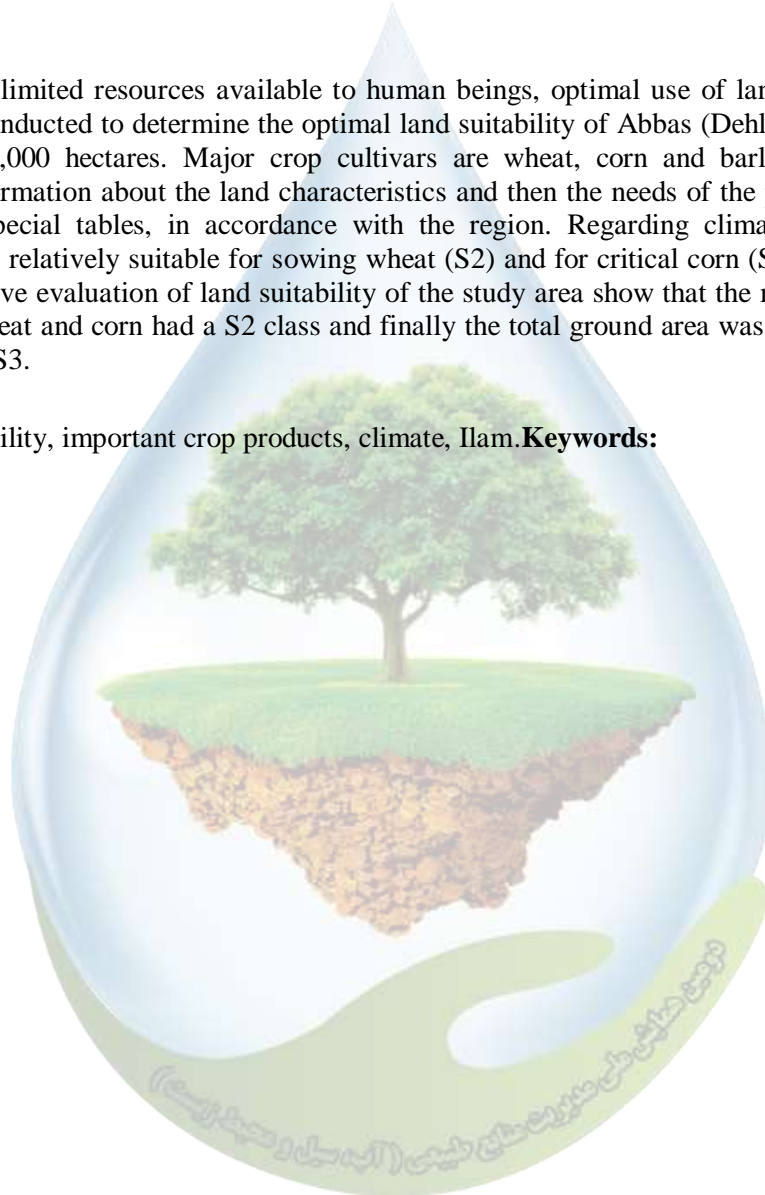
^{1*}MSc Student of Agricultural Extension and Education, Razi School of Agriculture and Natural Resources Kermanshah,²Master of Science Research Center Of Agricultural & Natural Resources ,ILAM Province,³Master of Science Research Center Of Agricultural & Natural Resources ,ILAM Province

^{1*} Email:mhossaein@gmail.com

Abstract

Today, given the limited resources available to human beings, optimal use of land is indispensable. This study was conducted to determine the optimal land suitability of Abbas (Dehloran) Plain with an area of about 20,000 hectares. Major crop cultivars are wheat, corn and barley. Collecting and processing of information about the land characteristics and then the needs of the plants studied were extracted from special tables, in accordance with the region. Regarding climate assessment, the region's climate is relatively suitable for sowing wheat (S2) and for critical corn (S3) cultivation. The results of qualitative evaluation of land suitability of the study area show that the majority of the area for cultivating wheat and corn had a S2 class and finally the total ground area was obtained for wheat S2 and for maize S3.

Land suitability, important crop products, climate, Ilam. **Keywords:**



معرفی و بررسی نتایج پایلوت سختی گیری از آب آشامیدنی به روش کریستالیزاسیون در رآکتور بستر سیالی

مرتضی رحمان پور^{*۱}

^{*۱} استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان،

^{*} ac.rahmanpour@azaruniv.ac.ir

چکیده

کاهش سختی آب عاملی است که امروزه با توجه به اثرات مخرب سختی بالای آب بر تجهیزات و سیستم‌های انتقال و تأثیر نامطلوب بر سلامتی و کیفیت زندگی افراد و نیز تحمیل هزینه‌های اضافی بر جامعه، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. روش‌های مختلفی برای کاهش سختی آب به کار برده شده‌اند که از آن جمله می‌توان به روش اسمز معکوس و یا تعویض یون اشاره کرد. اما این روش‌ها به دلیل مصرف انرژی زیاد، قیمت تمام شده بالا، محدودیت‌ها و راه‌اندازی سخت و تولید پساب به مقدار زیاد، نتوانستند بسیار توسعه یابند. در این مقاله به معرفی روش جدیدی بر پایه کریستالیزاسیون یا متبلور سازی در یک رآکتور بستر سیالی (Fluidized Bed) پرداخته شده است که قادر است با هزینه‌های بسیار پایینتر، مشکلات روش‌های پیشین را مرتفع سازد. در ادامه نتایج مبتنی بر طراحی و ساخت یک پایلوت نیمه صنعتی برای کاهش سختی آب آشامیدنی یک چاه با سختی حدود $600 \text{ (mg/L as CaCO}_3\text{)}$ ارائه گردیده است. نتایج کاهش حدود $60-70\%$ سختی موقت را نشان می‌دهد. و در نهایت توجیه فنی و اقتصادی این روش در مقایسه با سایر روش‌های متداول و هزینه‌های جاری آن ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: سختی آب، سختی گیری، کریستالیزاسیون، رآکتور بستر سیالی.

۱- مقدمه

آب سخت آبی است که حاوی نمک‌های معدنی از قبیل ترکیبات کربنات‌های هیدروژنی، کلسیم، منیزیم و غیره است. سختی بطور عمده بر اساس دو فلز کلسیم و منیزیم سنجیده می‌شود. سختی کل (TH) مجموع مقدار کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) می‌باشد. سختی بیش از حد آب مضراتی بسیاری دارد. بنابراین بیشتر توصیه می‌شود از آب سبک برای شرب استفاده کرد و منیزیم و کلسیم مورد نیاز بدن را از غذاها و یا سبزیجات و میوه‌ها تهیه نمود. آب سخت موجب از دست دادن طعم و مزه نوشیدنی‌ها می‌شود. دیر پخته شدن و سفتی حبوبات با آب سخت از دیگر عوارض آن است. به علاوه، آب سخت به جداره دیگ‌های بخار آسیب زده باعث خوردگی و ایجاد قشر آهکی بر روی جداره دیگ‌ها و تأسیسات مرتبط می‌شود (۵ و ۱۶). خوب کف نکردن صابون و موجب افزایش مصرف صابون از دیگر اثرات سختی آب است.

مزایای مالی سختی‌گیری آب بیشتر از هزینه‌های آن است. هزینه اقتصادی آب سختی‌گیری شده برای یک خانواده در سال حدود ۲ میلیون ریال تخمین و محاسبه می‌شود (عموما در نتیجه کاهش مصرف مواد شوینده، کاهش تعمیرات ماشین-

های ظرفشویی و لباسشویی، دستگاه‌های چای ساز، پکیج‌ها، آبگرمکن‌ها و رادیاتورها و نیز کاهش مصرف انرژی) و این در حالی است که هزینه سختی‌گیری برای یک خانوار سالانه حدوداً ۴۰۰ هزار ریال است (۱۰، ۱۲ و ۱۴). به‌علاوه دلیل عمده دیگر برای لزوم کاهش سختی آب، حذف فلزات سنگین است (۲). دلایل دیگر سختی‌گیری در جدول ۱ لیست شده است.

جدول ۱. دلایل سختی‌گیری آب

سلامت عمومی	اخلاق
<ul style="list-style-type: none"> کاهش فلزات سنگین از شبکه آبرسانی عدم نیاز به دستگاه‌های سختی‌گیری خانگی 	<ul style="list-style-type: none"> پیشگیری از ایجاد لکه راحتی مصرف‌کنندگان
محیط زیست	اقتصاد
<ul style="list-style-type: none"> کاهش فلزات سنگین در فاضلاب و پساب‌ها (۲ و ۳) کاهش استفاده از مواد شوینده و تقلیل ترکیبات فسفات (۷) در فاضلاب-ها کاهش غلظت دفع شده از دستگاه‌های سختی‌گیری خانگی 	<ul style="list-style-type: none"> کاهش مصرف مواد شوینده کاهش رسوبات و خوردگی در لوازم خانگی کاهش مصرف انرژی در اسباب خانگی کاهش آسیب به لیاف لباس‌ها

همچنین امروزه با توجه به توسعه روزافزون جوامع انسانی و صنعتی، و نیز بالا رفتن میزان آلودگی‌های آب در کنار توجه به منابع محدود انرژی همواره در فرآیندهای تصفیه آب علاوه بر حذف مواد آلاینده و ناخالصی‌ها، بر راندمان فرآیند نیز تاکید مضاعفی می‌گردد. روش پیشرفته اخیر تصفیه آب که کارایی آن اثبات گردیده است، فرآیندی است که تحت عنوان کریستال سازی با بستر سیالی در پژوهش اخیر مورد مطالعه قرار گرفته است. این رآکتورها بر پایه Fluidized Bed بنا نهاده شده که توسعه‌یافته‌ی جریانات چند فازی است. روش‌های مختلفی برای سختی‌گیری آب وجود دارد که عبارتند از:

- روش تعویض یونی یا زئولیت‌ها: ترکیباتی هستند از Na_2O ، Al_2O_3 ، SiO_2 این ترکیبات می‌توانند یون خود را با یون‌های موجود در آب سخت رد و بدل نمایند. یک نوع دیگر از همین زئولیت‌ها، رزین‌ها هستند. در تاسیسات حرارت مرکزی از رزین جهت حذف سختی آب استفاده می‌گردد رزین‌ها ترکیباتی آلی هستند که وقتی در کنار آب سخت قرار می‌گیرد می‌تواند سختی آب را حذف نماید. بعد از مدتی رزین‌ها یون‌های سدیمی خود را از دست می‌دهند و دیگر قادر به جذب کلسیم نمی‌باشد گویند رزین اشباع شده، جهت احیاء و استفاده مجدد آن روی رزین‌های اشباع شده آب نمک با غلظت مناسب وارد می‌نمایند تعویض یونی صورت می‌گیرد و یون‌های سدیم نمک جایشان را با یون‌های کلسیم و منیزیم رزین اشباع شده تعویض می‌نمایند بدین صورت رزین دو مرتبه احیاء می‌گردد. به دلیل نیاز به احیاء رزین حجم پساب تولید شده بالاست و نیز این رزین‌ها دارای قیمت بسیار بالایی می‌باشند (۱۲).
- روش (RO) که اصطلاحاً به آن اسمز معکوس گفته می‌شود که از این روش برای دیگ‌های بخار / کارخانه‌های نوشابه‌سازی و ماء‌الشعیر و... استفاده می‌شود در این روش آب از یک مخزن پمپ می‌شود و در اثر گذر از یک membrane که به دلیل خاصیت خروج و خوران رسوبات اب را گرفته و راندمان این روش ۷۰٪ می‌باشد از معایب این روش می‌توان به توان انرژی مصرفی بالا، نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه سنگین، قیمت بالای ممبران‌های مصرفی، حساسیت به مواد معلق و نیز دمای محیط و نیز حجم بالای پساب تولید شده را نام برد (۱۲ و ۱۴).
- روش جدید ارائه شده دیگر، سختی‌گیری با استفاده از رسوب‌گذاری در محیط اشباع در یک بستر سیالی است. که روش بسیار نوین و کارآمدی است که امروزه با بازدهی بسیار بالایی در کشورهای توسعه‌یافته و بسیار توسعه‌یافته به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. که بحث مورد نظر پژوهش اخیر بوده و به سبب اهمیت صنعتی آن مدنظر قرار گرفته است.

۲- فرآیند سختی‌گیری با استفاده از راکتور دانه‌ای

با ایجاد تغییرات شیمیایی در آب می‌توان با تشکیل ترکیباتی با ضریب حلالیت (KSP) پایین، محلول را به صورت فوق اشباع درآورد (۶) و با ترسیب این ترکیبات و جدا سازی آن از آب کاهش سختی فراهم می‌آید. در این روش با به کارگیری دانه‌هایی برای ایجاد بستر و هسته تشکیل ترکیبات فلزات سنگین که به صورت فوق اشباع در آمده‌اند، منجر به سختی زدایی آب می‌گردد و بازده سختی گیری به شدت افزایش می‌یابد. سطح ایجاد شده در این روش به دلیل نسبت سطح به حجم بالای هسته‌های بستر جامد معلق در سیال آب بسیار زیاد می‌باشد. در راکتورهای دانه‌ای شانس حذف کاتیون‌هایی چون کروم، آهن، منگنز و استرادیوم علاوه بر کلسیم و منیزیم نیز وجود دارد (۹). با توجه به اینکه در این روش pH آب به بالا می‌رود، تنظیم pH پس از مرحله سختی گیری است. برای حذف کلسیم محیط راکتور بایستی به pH معادل ۹ و برای حذف منیزیم به pH بالای ۱۰ رساند (۱۱). علاوه بر سختی کلسیم و منیزیم برخی از فلزات سنگین دیگری را نیز می‌توان در این فرآیند سختی گیری حذف نمود (۳).

مزایای استفاده از راکتور دانه ای به شرح زیر است:

- زمان واکنش کوتاه
- تولید پسماندی بدون مشکل زیست محیطی
- قابلیت حمل ساده کریستال‌های متبلور رسوبی
- مصرف صنعتی دانه‌های تولیدی
- کاهش اتلاف آب بصورت پساب (۸)
- تعدیل همزمان پارامترهای مختلف ناخواسته آب
- کاهش سطح زیر بنای ساختمانی
- کاهش سرمایه گذاری اولیه
- کاهش مصرف انرژی

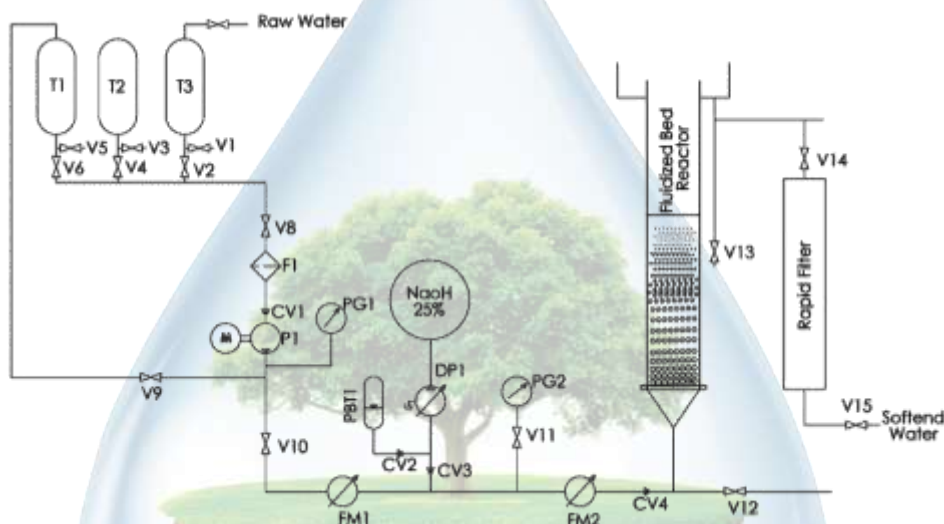
۳- ساختمان راکتور بستر سیال

راکتور بستر سیالی شامل یک محفظه استوانه‌ای است که بخشی از آن با مواد دانه‌ای شکل به عنوان هسته‌های رسوبی، پر گردیده است. قطر این دانه‌ها کوچک و در حدود 0.2 تا 0.4 میلی‌متر می‌باشند که به دلیل همین اندازه کوچک نسبت سطح به حجم بالا و در نتیجه سطح گسترده‌ای را برای تبلور ایجاد می‌نمایند. آب سخت به سمت بالا با سرعت زیاد ۶۰ تا ۱۰۰ m/h پمپ می‌گردد (۱۳) تا ذرات جامد به صورت معلق در سیال شده درآیند. به منظور رساندن آب خام به حالت اشباع مواد شیمیایی مانند سود سوزآور، خاکستر سود و یا آهک تزریق می‌گردد. البته میزان و دبی و نوع این مواد شیمیایی با توجه به آنیون‌ها، کاتیون‌ها و میزان آنها و نیز ضریب رسانایی آب خام و دمای محیط متغیر بوده و حتی با توجه به تغییرات فصول ممکن است ترکیب شیمیایی آب نیز متغیر باشد.

کربنات کلسیم به حالت فوق اشباع در آمده و روی دانه‌ها ماسه متبلور شده و کریستال‌های کوچکی را ایجاد می‌نماید. که در نهایت قطر این کریستال‌ها می‌تواند تا حدود ۲ میلی‌متر هم افزایش یابند (۱). در فواصل زمانی منظم و مشخص این کریستال‌ها که از قسمت پایین راکتور تخلیه می‌گردند. که با توجه به اینکه امکان اندازه گیری آنلاین قطر این دانه‌ها وجود ندارد لذا برای تشخیص زمان تخلیه، از روش‌های مختلفی از جمله اندازه گیری افت فشار در سطح بالای صفحه نازل‌ها استفاده می‌گردد. بنابراین گرادیان فشاری را تابعی از اندازه دانه‌ها، دمای آب و جریان آب و ارتفاع بستر پیشبینی نمود که به کارگیری این مدل کمترین خروج دانه‌ها را از راکتور به همراه خواهد داشت. طرحواره‌ای از روش در شکل ۱ نشان داده شده است. بنابراین اساس کار این راکتورها کاملاً متکی به دانش بسترهای سیالی و جریانات چند فازی همراه با واکنشهای شیمیایی تعادلی و فرآیند تشکیل رسوب خواهد بود که در ادامه در مورد هر کدام از این علوم توضیح مختصری خواهد آمد.

۳-۲- فرآیند واکنش حذف کلسیم

سه ماده شیمیایی مرسوم برای حذف کلسیم در راکتورهای بستر سیالی عبارتند از: آهک Ca(OH)_2 ، کربنات سدیم Na_2CO_3 و سود سوزآور NaOH . با توجه به مزایای صنعتی و برخی ملاحظات فنی استفاده از سود معمول تر است که واکنش-های شیمیایی مربوط به شکل روابط (۱-۴) می‌باشند (۱۵):



شکل ۱. طرحواره راکتور سختی گیری به روش کریستالیزاسیون در بستر سیالی

۳- نتایج تست

ورودی	خروجی راکتور	درصد کاهش	تاریخ
THD	THD	THD	
سختی موقت	سختی موقت	سختی موقت	
620	350	44%	۹۷/۱۲/۲۰
380	110	71%	
500	300	40%	۹۸/۰۱/۲۷
300	100	67%	
580	350	40%	۹۸/۰۲/۱۲
320	90	72%	
540	360	33%	۹۸/۰۲/۲۶
310	130	58%	
550	350	36%	۹۸/۰۴/۲۳
307.5	100	67%	

۴- ارزیابی مالی و اقتصادی

به منظور ارزیابی اقتصادی روش به کار گرفته شده در طرح پایلوت سختی گیر با روش‌های مرسوم اسمز معکوس (RO) و نیز نانو فیلتراسیون (NF)، که در اغلب تصفیه خانه‌ها برای سختی گیری و حذف فلزات سنگین، سولفات و نیترات (۳ و ۴)

متداول می‌باشند، مقایسه انجام گرفته است. این ارزیابی می‌تواند در دو حوزه سرمایه گذاری اولیه و هزینه‌های جاری و عملیاتی (شامل هزینه‌های انرژی مصرفی، مواد شیمیایی، تعویض قطعات به دلیل اتمام طول عمر و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری) (۵) صورت گیرد. خلاصه‌ای از مقایسه عملکردی به همراه هزینه‌ها در جدول (۳) لیست شده است.

جدول ۳- خلاصه‌ای از مقایسه عملکردی به همراه هزینه‌ها

Pellet Reactor	NF	RO	
مورد نیاز نیست	مورد نیاز است	مورد نیاز است	تاسیسات پیش تصفیه
محدودیت ندارد	محدودیت دارد	محدودیت دارد	میزان آلاینده‌گی در آب ورودی
100<TDS<500ppm	100<TDS<500ppm	TDS<100ppm	کیفیت آب آشامیدنی
بخش‌ها و قطعات پمپ فشار بالا (30- بخش‌ها آبنندی مربوط به پمپ فشار پایین (1-2 kgf/cm2)	بخش‌ها و قطعات پمپ فشار بالا (50 kgf/cm2)	بخش‌ها و قطعات پمپ فشار بالا (50-70 kgf/cm2)	مقایسه متعلقات پمپ‌ها
بسیار پایین	بالا	بالا	Sludge Production
کم	بالا	بالا	نیاز به تعمیرات و نگهداری
ساده	تقریباً پیچیده	پیچیده	اجزای سازنده سیستم
مواجه با مشکلات زیست محیطی مواجه با مشکلات زیست محیطی به پسماند به صورت کریستال متبلور بوده و شیمیایی نیست	خاطر مواد شیمیایی متعدد	به خاطر مواد شیمیایی متعدد	دفع پسماند شور
ندارد	دارد	دارد	نیاز به تعویض دوره ای
بله (کریستال‌های متبلور حاوی نمک-های کلسیمی و مواد معدنی)	خیر	خیر	امکان استفاده از مواد به وجود آمده
0.27M USD per 10 ³ m ³ /day	0.51M USD per 10 ³ m ³ /day	0.82M USD per 10 ³ m ³ /day	هزینه اولیه
0.30 USD per m ³	0.33 USD per m ³	0.88 USD per m ³	هزینه عملیاتی

۵- هزینه‌های جاری سختی‌گیری به روش کریستالیزسیون در بستر سیالی

برای اجرای واحد سختی‌گیر در مقیاس صنعتی با استفاده از نتایج حاصل از طرح پایلوت هزینه‌های زیر برای یک واحد با ظرفیت ۳۰۰ L/s (برای یک شهر کوچک با جمعیت حدود ۱۰۰ هزار نفر) قابل پیش بینی است (جدول ۴):

جدول ۴- هزینه‌های جاری سختی‌گیری به روش کریستالیزسیون در بستر سیالی

هزینه روزانه	قیمت واحد		روزانه	مصرف/تولید		
5,572,800	2,150	ریال / کیلوگرم	2592	kg	108	kg/h
288,000	500	ریال / کیلوگرم	114.29	kg	4.76	kg/h
5,568	11,600	ریال / متر مکعب	0.5	m ³	20	L/h
879,955	۱۵٪ هزینه مواد					
2,000,000	20,000,000	ریال نفر / ماهیانه				هزینه پرسنلی ۳ نفر
2,160,000	6,000	ریال / متر مکعب	360	m ³	15	m ³ /h
1,123,200	234	ریال / کیلووات ساعت			200	kw/h
-285,732	-250	ریال / کیلوگرم	1142.929	kg	47.62203	kg/h
11,743,791						جمع هزینه‌ها
25920	m ³ /day	1080	m ³ /h	آب تولیدی		

۶- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تست پایلوت، مشاهده می‌شود روش جدید ارائه شده قابلیت کاهش سختی موقت آب به میزان ۷۰٪ را دارد. در کنار مزایای متعدد سادگی فرآیند، پیوسته بودن، کارایی بالا، هزینه‌های اولیه و جاری پایین سیستم، شاید یکی از مهمترین برتری‌های این روش، عدم تولید پساب باشد که معمولا روش‌های متداول به دلیل تولید بخش قابل توجهی پساب مشکلات و آلودگی‌های زیست محیطی بسیاری را ایجاد می‌کنند. اما در روش کریستالیزاسیون سختی بر روی ماسه‌ها متبلور شده و دانه‌های تولید شده پس از تخلیه کاملا خشک می‌باشند و بسته به نوع سختی استحصال شده، می‌توان از این دانه‌های خشک استفاده کرد. به عنوان مثال در صورت جذب سختی کلسیمی، دانه‌های متبلور شده به صورت بلورهای کروی کربنات کلسیم خواهند بود که می‌تواند در صنایع مرغداری به عنوان خوراک طیور و یا به دلیل سختی و خشک بودن در جاده‌سازی برای زیرسازی استفاده نمود. و در نهایت با توجه به ارزیابی مالی، فرآیند مذکور بسیار مقرون به صرفه و قابل توجیه اقتصادی است.

۷- منابع و مراجع

1. R. Aldaco, A. Garea, A. Irabien, Modeling of particle growth: Application to water treatment in a fluidized bed reactor, Chemical Engineering Journal 134, pp. 66-71, 2007.
2. R. Aldaco, A. Garea, A. Irabien, Calcium fluoride recovery from fluoride wastewater in a fluidized bed reactor, Water Research, v.41 pp. 810 - 818, 2007
3. J. Baker, Pellet reactor improves treatment of metal solutions, Paper published in Process Engineering, Volume 68, No 1, pp. 47-48, January 1987.
4. R. J. Howell, A Review of Sulfate Removal Options for Mine Waters, SRK Consulting, Windsor Court, 1 Windsor Place, Cardiff CF10 3BX, Wales
5. Degremont company, Water Treatment Handbook, Wiley; 5 editions, August 21, 1979.
6. P. Dybdahl Hede, Fluid Bed Particle Processing, Ventus Publication, 2009.
7. A. Giesen, Crystallisation Process Enables Environmental Friendly Phosphate Removal at Low Costs, Environmental Technology, Volume 20, Issue 7, 1999.
8. A. Giesen, H. Erwee, R. Wilson, M. Botha, S. Fourie, Experience with Crystallization as Sustainable, Zero waste Technology for Treatment of Waste Water,
9. Yi-Hsuan Chen, Hsuan-Hsien Yeh, Mu-Chuan Tsai, The Application of Fluidized Bed Crystallization in Drinking Water Softening, Journal of the Chinese Institute of Environmental Engineering, Vol. 10, No. 3, pp. 177-184, 2000
10. P. Moel, J.Q.J.C. Verberk, J. C. van Dijk, Dutch drinking water: principles and practices, World Scientific Publishing.10.1142/6135, 2006.
11. T.P. Mokone, R.P. van Hille, A.E. Lewis, Metal sulphides from wastewater: Assessing the impact of supersaturation control strategies", Water Res.,46(7), pp.2088-2100, 2012.
12. L. Rietveld, Drinking water supply in developing countries, OCW Seminar, TU Delft Univ. of Technology, 2007
13. K.M. van Schagen, R. Babu-ska, L.C. Rietveld, J. Wuister, A.M.J. Veersma, Modeling and Predictive Control of Pellet reactors for Water Softening, IFAC Volumes, Volume 38, Issue 1, pp. 103-108, 2005.
14. Josephine Treacy, Drinking Water Treatment and Challenges in Developing Countries, Open access peer-reviewed Edited Volume, The Relevance of Hygiene to Health in Developing Countries, 2019
15. J.Q.J.C. Verberk, "CT 4471 Drinking water 1", OCW Seminar, TU Delft University of Technology, 2009
16. S. Voicu, WATER QUALITY AND TREATMENT A Handbook of Community Water Supplies American Water Works Association, McGraw-Hill Professional, 1999.

Recommendation and Result Investigation of Drinking Water Softening Pilot Test Unit by Crystallization Method in the Fluidized Bed Reactor

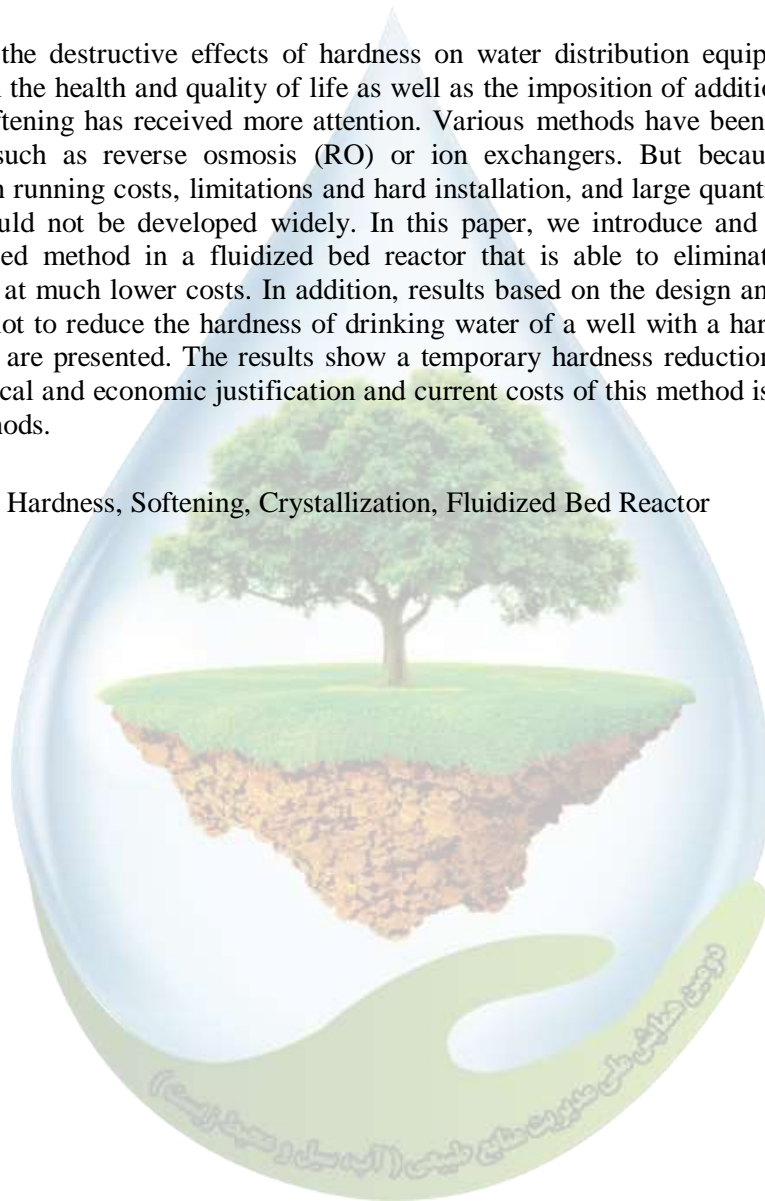
Morteza Rahmanpour^{1,*}

¹Assistant Professor, Mechanical Engineering Department, Azarbaijan Shahid Madan University, Tabriz, Iran
1, * Corresponding Author Email: ac.rahmanpour@azaruniv.ac.ir

Abstract

Recently, due to the destructive effects of hardness on water distribution equipment and systems, adverse impact on the health and quality of life as well as the imposition of additional costs on social welfare, water softening has received more attention. Various methods have been used to reduce the water hardness, such as reverse osmosis (RO) or ion exchangers. But because of high energy consumption, high running costs, limitations and hard installation, and large quantities of wastewater, these methods could not be developed widely. In this paper, we introduce and recommend a new crystallization-based method in a fluidized bed reactor that is able to eliminate the problems of previous methods at much lower costs. In addition, results based on the design and construction of a semi-industrial pilot to reduce the hardness of drinking water of a well with a hardness of about 600 (mg/L as CaCO₃) are presented. The results show a temporary hardness reduction of about 70-60%. Finally, the technical and economic justification and current costs of this method is compared to other conventional methods.

Keywords: Water Hardness, Softening, Crystallization, Fluidized Bed Reactor



بررسی جامعه گیاهی منطقه حفاظت شده سد کاخک

شعله فلاسی مود^{۱*}، حمیدرضا آسا^۲

^{۱*} هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع گرایش گیاهان دارویی
^{۱*} (sgholasimod@birjand.ac.ir)

چکیده

شناخت روابط بین گیاهان مرتعی و عوامل مؤثر بر استقرار و پایداری آنها برای مدیریت پایدار و احیاء عرصه‌های مرتعی ضروری است. بدین منظور پوشش گیاهی منطقه سد کاخک با هدف شناسایی گونه‌ها، به خصوص گونه‌های دارویی و نیز پی بردن به روابط و خویشاوندی گونه‌ها طی تحقیق حاضر بررسی شد. برای اجرای این کار در ۱۵ پلات در نقاط مختلف به صورت تصادفی و در شیب‌های مختلف تمامی ثبت گردید. IVI، شاخص غنای جامعه، شاخص‌های یکنواختی شانون واینر، سیمپسون و پایلو، تنوع نسبی و شاخص خانواده FIV محاسبه و منحنی تجمعی تعداد گونه‌های جامعه ترسیم شد. نتایج این تحقیق نشان داد که خانواده گیاهی مرکبان با بیشترین تعداد گونه و بیشترین مقدار تراکم نسبی، تنوع نسبی و شاخص خانواده (FIV) غالب‌ترین خانواده گیاهی جامعه است. همچنین گونه یال اسبی که یک گونه مهم از نظر حفاظت خاک و همچنین مرتعداری است، بیشترین مقدار فراوانی نسبی و شاخص IVI را به خود اختصاص داده است. مقدار شاخص تنوع شانون واینر ۱/۹۱ بود که تنوع متوسطی را نشان می‌دهد. اما شاخص‌های یکنواختی پایلو و سیمپسون اعداد متفاوتی را به دست دادند (به ترتیب ۰/۵۳ و ۱) که میزان یکنواختی را از متوسط تا عالی نشان می‌دهد. به طور کلی با توجه به نتایج، می‌توان وضعیت جامعه گیاهی منطقه سد کاخک را مطلوب و مثبت ارزیابی کرد.

واژگان کلیدی: سد کاخک، تنوع گیاهی، شاخص غنا

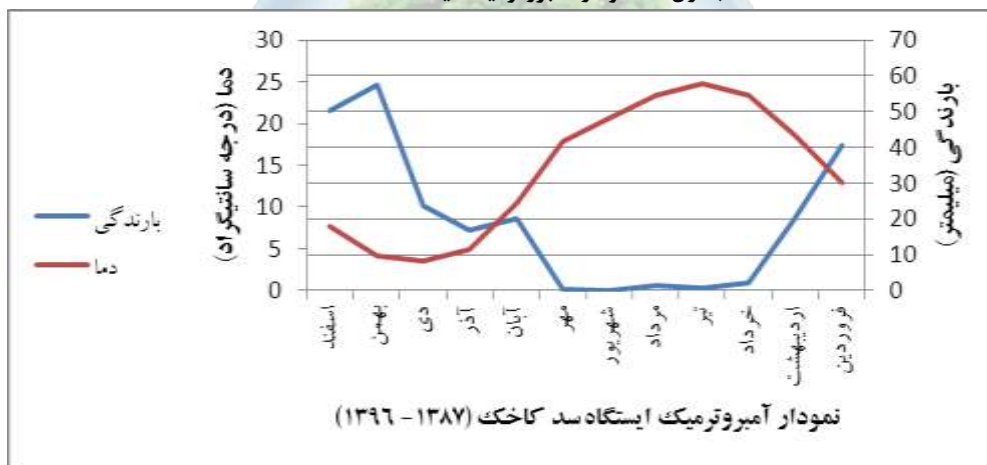
۱- مقدمه

گیاهان به عنوان یکی از اجزای زنده هر اکوسیستم نقش مهمی را در حفظ و تعادل اکوسیستم‌های طبیعی دارد و با آگاهی از خصوصیات فنولوژیکی و بوم‌شناختی گیاهان و درک اهمیت و نقشی که در حفظ خاک و تأمین علوفه مورد نیاز دام در مراتع دارند می‌توان راهکارهای مناسب را برای مدیریت مراتع، احیا و توسعه منابع طبیعی تجدیدشونده، به‌ویژه پوشش گیاهی، قرار داد (۱). یکی از زمینه‌های اصلی در مطالعات پوشش گیاهی و ارزیابی‌های زیست محیطی مباحث مربوط به تنوع گونه‌ای است که به عنوان یکی از شاخص‌های مهم و سریع در تعیین وضعیت اکوسیستم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مقیاس‌های محلی، جامعه شناسان گیاهی نشان دادند که ترکیب و تنوع گونه‌ای با منابع قابل دسترس و عواملی که اکوسیستم را تغییر می‌دهند، رابطه قوی دارد. هرچند که رابطه بین تنوع گیاهی و حاصلخیزی به مقیاس مطالعاتی وابسته است (۲) (۵). جامعه گیاهی منطقه سد کاخک وضعیت نسبتاً مناسبی داشته و بعضی قسمت‌های آن (حوزه نمونه سد و ایستگاه سد) در قرق دائم قرار دارد. پژوهش حاضر با هدف شناسایی گونه‌های شاخص منطقه، و بررسی وضعیت جامعه از نقطه نظر شاخص‌های جامعه شناختی انجام شد.

۲- مواد و روش‌ها

برای انجام این کار منطقه سد کاخک (در ۳۰ کیلومتری جنوب شهر گناباد) انتخاب شد. حوزه‌های زوجی سد کاخک بین طول‌های ۵۸ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۷ ثانیه الی ۵۸ دقیقه و ۳۶ دقیقه و ۴۱ ثانیه شرقی و عرض‌های ۳۴ درجه و ۴ دقیقه و یک ثانیه الی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۷ ثانیه شمالی قرار داد. اقلیم این منطقه به روش آمبرژه، خشک و سرد برآورد شده است. متوسط ۱۰ ساله (۱۳۸۷-۹۶) بارندگی سالانه منطقه، ۲۳۴/۱۲ میلیمتر و متوسط دمای سالانه آن ۱۴/۳۷ درجه سانتیگراد است (جدول ۱). از نظر توپوگرافی، منطقه کوهستانی بوده و از لحاظ پوشش گیاهی وضعیت نسبتاً مناسبی دارد (۳ و ۴). تعداد ۱۵ پلات ۱۰۰ متری (۱۰*۱۰) به صورت تصادفی در شیب‌ها و جهت‌های مختلف در منطقه سد کاخک تعبیه و آمار پوشش گیاهی آن (نوع و تعداد گونه، نام خانواده، نام فارسی و محلی، جهت جغرافیایی، طول و عرض جغرافیایی (UTM)، فرم رویشی، طول عمر گیاه، استفاده‌های گیاه و ارتفاع از سطح دریا برداشت گردید. پس از وارد نمودن اطلاعات در اکسل، فاکتورهای تراکم نسبی و فراوانی نسبی (حضور) برای هر گونه و شاخص‌های IVI، شانون و اینر و شاخص‌های یکنواختی پایلو و سیمپسون برای هر گونه و برای کل جامعه و شاخص غنای جامعه برای جامعه محاسبه گردید. همچنین فاکتورهای تنوع نسبی، تراکم نسبی خانواده و شاخص خانواده (FIV) برای خانواده‌های گیاهی محاسبه گردید.

جدول ۱- نمودار آمبروترمیک ایستگاه سد کاخک



۳- نتایج و بحث

در جدول ۱ گونه‌های شناسایی شده در منطقه ذکر شده است. در مجموع تعداد ۲۷ گونه متعلق به ۱۲ خانواده یافت شد که ۴ گونه‌ی تروفیت آن شناسایی نگردید. فرم رویشی همی کریپتوفیت با ۵۳ درصد بیشترین و کریپتوفیت با ۳ درصد کمترین فرم رویشی را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). منحنی تجمع گونه‌ای (جدول ۳) نشان داد که تعداد ۱۴ پلات کافی بوده و منحنی به حالت یکنواختی رسیده و گونه‌ی جدیدی یافت نگردید.

جدول ۲- گونه‌های شناسایی شده در منطقه سد کاخک

نام علمی	نام فارسی	نام محلی	خانواده	فرم رویشی
<i>Eryngium bungei</i>	زول		Apiaceae	همی کریپتوفیت
<i>Ferula sp.</i>	کما	کما	Apiaceae	همی کریپتوفیت
<i>Gundelia tourneforti</i>	کنگر	کنگر	Asteraceae	همی کریپتوفیت
<i>Cousinia sp.</i>		گوش بره	Asteraceae	همی کریپتوفیت

چندساله	همی کرپتوفیت	Asteraceae	چس گرگ	گل زردوک	<i>Pulicaria sp.</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Asteraceae	سو	کاهوی وحشی	<i>Lactuca orientalis</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Asteraceae	بومادران	بومادران	<i>Achillea millefolium</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Asteraceae	چرخه	چرخه	<i>Launaea sp.</i>
چندساله	کاموفیت	Caryophyllaceae	بیخ	چوبک	<i>Acanthophyllum sp.</i>
چندساله	کاموفیت	Chenopodiaceae	شور	شور	<i>Salsola sp.</i>
چندساله	فاتروفیت	Chenopodiaceae	سلمه	اسفناج وحشی	<i>Atriplex lentiformis</i>
چندساله	فاتروفیت	Cupressaceae	سرو	سرو	<i>Thuja orientalis</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Fabaceae	خارشتر	خارشتر	<i>Alhagi camelorum</i>
چندساله	کاموفیت	Fabaceae	گون	گون کثیرا	<i>Astragalus vanilla</i>
چندساله	کاموفیت	Lamiaceae	کلپوره	مریم نخودی	<i>Teucrium polium</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Lamiaceae	ارونه	ارونه	<i>Hymenocater sp.</i>
چندساله	کرپتوفیت	Liliaceae	لاله	لاله	<i>Tulipa sp.</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Poaceae	گورواش	یال اسبی	<i>Stipa barbata</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Poaceae	خوشه گوک	جو وحشی	<i>Poa sp.</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Poaceae		علف گندمی	<i>Agropyron elongatum</i>
چندساله	فاتروفیت	Rosaceae	بادامشک	بادامشک	<i>Amygdalus scoparia</i>
چندساله	کاموفیت	Rosaceae	خطوره	ورک	<i>Hulthemia persica</i>
چندساله	همی کرپتوفیت	Zygophyllaceae	سونج	اسفند	<i>Peganum harmala</i>

تراکم نسبی

تراکم نسبی تک تک گونه‌ها و همچنین برای هر خانواده محاسبه شد. مشخص شد که خانواده کاسنی با ۷۱٪ بیشترین نسبت تراکم نسبی را به خود اختصاص داده است.

فراوانی نسبی

بیشترین مقدار فراوانی نسبی مربوط به گونه‌های یال اسبی با ۸۷٪، گوش بره با ۸۰٪ و کاهوی وحشی با ۷۳٪ بوده است.

شاخص IVI

گونه‌های یال اسبی با ۹۷٪، کاهوی وحشی با ۷۶٪ و بومادران با ۶۳٪ بیشترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند.

شاخص تنوع شانون - واینر

مقدار شاخص تنوع شانون - واینر جامعه (که از مجموع مقدار شاخص شانون واینر تک تک گونه‌ها به دست می‌آید) ۱/۱۹ بوده است.

یکنواختی پایلو

مقدار شاخص پایلو برای جامعه ۰/۵۳ به دست آمد.

یکنواختی سیمپسون

مقدار شاخص یکنواختی سیمپسون جامعه ۱ به دست آمد.

شاخص غنای مارگالف

مقدار شاخص مارگالف جامعه ۹/۳۷ محاسبه شد.

تنوع نسبی

بیشترین مقدار عددی تنوع نسبی مربوط به خانواده مرکبان (۰/۲۲) بوده است.

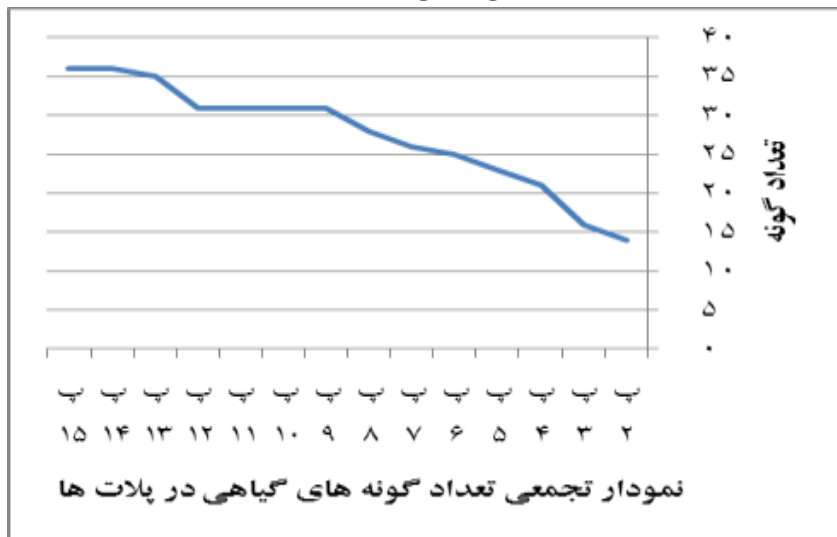
تراکم نسبی خانواده

بیشترین مقدار آن ۰/۷۱ مربوط به خانواده کاسنی است.

شاخص خانواده FIV

بیشترین مقدار شاخص خانواده ۰/۹۳ مربوط به خانواده کاسنی است.

جدول ۳- منحنی تجمعی گونه ها در سد کاخک



۴- منابع

- ۱- آذرنیوند، ح. و زارع-چاهوکی، م.ع. ۱۳۸۹. بوم-شناسی مرتع. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۶ص.
- ۲- بصیری، م.، و ایروانی، م.، ۱۳۸۸. تغییرات پوشش گیاهی پس از ۱۹ سال قرق-های آزمایشی در منطقه زاگرس مرکزی. مجله علمی پژوهشی مرتع. ۳(۲): (۱۵۵- ۱۷۰).
- ۳- عشقی-زاده مسعود، ۱۳۹۳. پروژه تولید آمار و اطلاعات و مدیریت بهره-برداری از حوضه معرف و زوجی کاخک، معاونت آبخیزداری اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی.
- ۴- مطالعات تفصیلی- اجرایی آبخیزداری حوزه غرب و جنوب غرب گناباد، جلد ۱۰، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی.

5-Fattahi B., and Ildoromi, A.R. 2011. Effect of Some Environmental Factors on Plant Species Diversity in the Mountainous Grasslands (Case Study: Hamedan - Iran). International Journal of Natural Resources and Marine Sciences. 1 (1): 45-52.

Study on plant community in protected area of Kakhk Dam

Sholeh Ghollasimod, Hamid Reza Asa

Assistant Prof., University of Birjand....

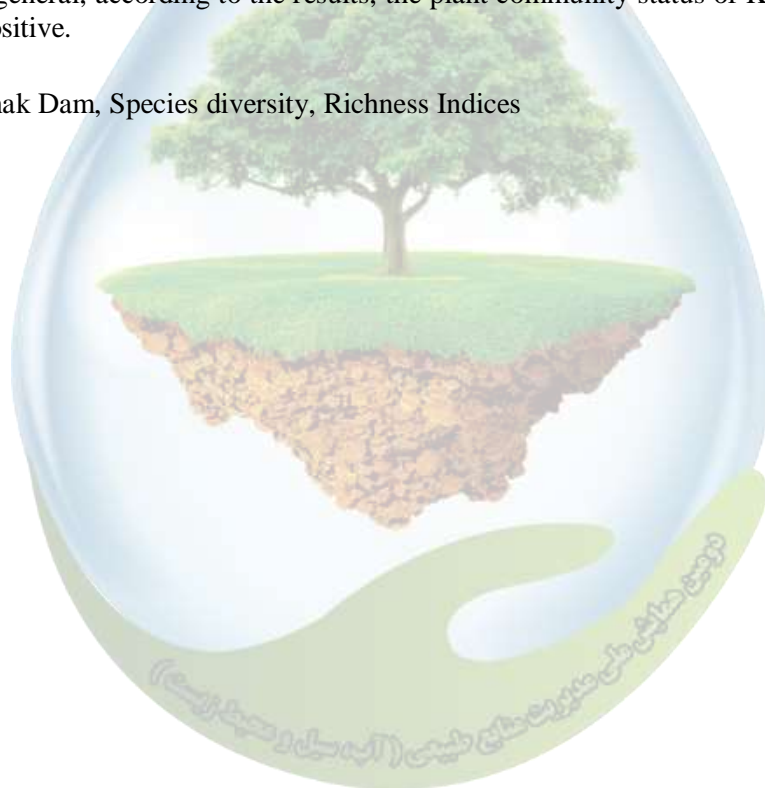
Master Student In Pasture Management

sghollasimod@birjand.ac.ir

Abstract

Understanding the relationships between rangeland plants and the factors affecting their establishment and sustainability is essential for sustainable management and restoration of rangeland areas. For this purpose, vegetation cover of Kakhak Dam area was investigated with the aim of identifying species, especially medicinal species. 15 plots were randomly assigned at different slopes. IVI, richness indices, evenness indices of Shannon Weiner, Simpson and Pileu, relative diversity and FIV family index, and species accumulation curve calculated. The results of this study showed that Asteraceae with the highest number of species and the highest relative density, relative diversity and family index (FIV) is the most dominant family in the community. *Stipa barbata* which is an important species in terms of soil conservation as well as rangeland, has the highest relative abundance and IVI index. The Shannon Weiner index was 1.91, indicating moderate variation. But the evenness indices of Pileu and Simpson showed different numbers (0.53 and 1, respectively), indicating uniformity from the average to the highest. In general, according to the results, the plant community status of Kakhk Dam area can be evaluated as positive.

Keywords: Kakhak Dam, Species diversity, Richness Indices



فرسایش کناری رودخانه گذارخوش با استفاده از مدل HEC-RAS و GIS

سیدحسین موسویان^{۱*} شمس‌اله عسگری^۲ و مریم تاتار^۳

^۱ کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران،
^۲ استادیار تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران،
^۳ دکترای ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رازی کرمانشاه، ایران
*Email: mhossaein@ymail.com

چکیده

فرسایش کناری نوعی فرسایش مخرب در مورفولوژی رودخانه‌هاست. به همین علت وضعیت فرسایش کناری رودخانه گذارخوش در بازه تخت خان مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق ابتدا آمار و اطلاعات هیدرولوژیکی نظیر دبی از سازمان امور آب منطقه‌ای ایلام، تهیه شد و با انجام آزمون‌های ران تست و کندال، همگنی و تصادفی بودن داده‌ها تایید شد. سپس با استفاده از متوسط دبی‌های روزانه همان ایستگاه، با استفاده از نرم افزار SMADA، توزیع‌های مختلف به داده‌های مشاهداتی و تکمیل یافته برآزش یافت و لوگ نرمال ۳ پارامتره به‌عنوان بهترین توزیع برای داده‌ها تعیین شد. پس از انجام عملیات میدانی، مسیری از رودخانه به طول ۲/۵ کیلومتر انتخاب شده و برداشت شد. پس از تهیه TIN رودخانه از روی مدل رقومی، با استفاده از نرم افزار HEC-GeoRAS، ۴۸ مقطع عرضی روی TIN ایجاد شده و به مدل معرفی شد. در نهایت با انجام یک سری مراحل و عملیات های خاص، نقشه‌های شبکه‌بندی سرعت در دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ تهیه شده و جهت تعیین و شناسایی نقاط مستعد فرسایش و رسوب‌گذاری، مقادیر حداقل و حداکثر تنش برشی و سرعت در نقاط مختلف بازه به ازای سیل های مختلف تعیین شد. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان داد که تنش برشی و سرعت در دوره بازگشت‌های مختلف، در کانال اصلی بیش از سواحل بوده که این عوامل می‌تواند ضمن فرسایش بیشتر کانال اصلی رودخانه نسبت به سواحل، افزایش شیب رودخانه و نهایتاً فرسایش کناری شود.

واژگان کلیدی: رودخانه گذارخوش، فرسایش کناری، HEC-RAS، HEC-GeoRAS

۱- مقدمه

روند افزایش خسارات جانی و مالی ناشی از جاری شدن سیل طی چند دهه‌ی اخیر در جهان، مهندسين آب و ديگر متخصصين مربوطه را بر آن داشته است که با اتکا به ابزارهای مدرنی چون مدل‌های ریاضی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور^۱، چاره‌های نو جهت کنترل و مدیریت این پدیده‌ی طبیعی بیندیشند. امروزه استفاده از نرم افزارهای GIS برای مطالعات پهنه بندی و سایر مطالعات رودخانه‌ای در دنیا متداول گردیده است. دلیل این استقبال امکانات پیشرفته و ارتباط راحت و مناسب مدل‌های هیدرولیکی یک بعدی مانند HEC-RAS و یا Mike-11 با محیط‌های GIS با Arc info، ArcView می‌باشد. تهیه نقشه‌های با جزئیات عمیق از جریان‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری ارزشمند برای بررسی جریان‌های رودخانه‌ای باشد آندام^۲ (۲۰۰۳) در پایان‌نامه‌ی خود تحت عنوان مقایسه‌ی رژیم رودخانه‌های جنگلی و خارج جنگلی با استفاده از مدل HEC-GeoRAS تغییرات سرعت و عدد فرود در این دو نوع رودخانه و تأثیر پوشش گیاهی بر رژیم و رفتار رودخانه را مورد

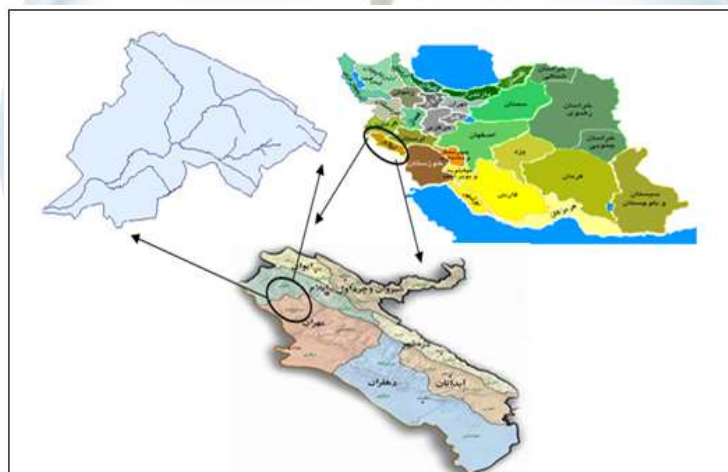
1 GIS & RS

2 Andam

بررسی قرار داد. بناویدس^۱ و همکاران (۲۰۰۳) با تلفیق HEC-HMS و HEC-RAS در GIS به تجزیه و تحلیل گزینه‌های مختلف کنترل سیلاب و انتخاب گزینه برتر نمودند. نبل^۲ و همکاران (۲۰۰۵) با تلفیق مدل‌های HEC-HMS و HEC-RAS و GIS در حوزه‌ی سان‌آنتونیو^۳ مدل منطقه‌ای برای سیلاب ارائه نمودند و کار این مدل را برای پیش‌بینی وقوع سیلاب متذکر شدند. ایسلام^۴ (۲۰۰۰) در تحقیقات خود در زمینه حل مشکل سیل، پایداری کناره‌های رودخانه را از نظر فرسایش مورد بررسی قرار داده است. HEC-GeoRAS یکی از برنامه‌های جنبی ArcGIS می‌باشد که به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی مورد استفاده در سیستم تحلیل رودخانه انجمن مهندسين ارتش آمریکا^۵ (۲۰۰۸) و شرکت ESRI ارائه شده است. لری لارسون (۲۰۰۱) بر این باور است که ابزار HEC-GeoRAS به طور خاص برای پردازش داده‌های زمینی برای کاربرهای سیستم آنالیز رودخانه‌ای مرکز مهندسی رودخانه طراحی شده است و به کاربرهایی با اطلاعات GIS اجازه می‌دهد که فایل ورودی RAS حاوی اطلاعات ویژه جغرافیایی را از یک مدل رقومی و مجموعه‌های اطلاعاتی مکمل بسازد و نتایج خروجی RAS را نیز پذیرش کند.

۲- مواد و روش‌ها

استان ایلام براساس تقسیمات شهرستان‌های این استان به هفت حوزه اصلی (ایلام، ایوان، شیروان چرداول، دره شهر، آبدانان، دهلران، مهران) و ۲۲ زیرحوزه تقسیم می‌شود، که منطقه مورد تحقیق زیرحوزه گذار خوش می‌باشد که جزء حوزه اصلی ایلام است. زیرحوزه گذار خوش با مساحتی در حدود ۱۱۸۱۵۳ هکتار معادل ۱۱۸۱ کیلومترمربع در شمال غرب استان با موقعیت جغرافیایی ۳۳،۲۷ تا ۳۳،۴۹ درجه عرض شمالی و ۴۵،۵۲ تا ۴۶،۳۰ درجه طول شرقی واقع شده است. ارتفاع حداقل و حداکثر حوزه به ترتیب ۲۰۰ و ۲۶۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط سالیانه بارندگی حوزه ۶۳۰ میلی‌متر و متوسط حداکثر و حداقل سالیانه دمای منطقه به ترتیب ۲۲/۱ و ۱۰/۲ درجه سانتی‌گراد است. شکل ۱ موقعیت این حوزه را در نقشه ایران و استان ایلام نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام

- 1- Benavides
- 2- nebl
- 3- San Antonio
- 4- Islam
- 5- U. S. Army of Engineers

۲-۱- فرمول‌ها و روابط ریاضی

لئوپولد^۱ (۱۹۹۴) بر این باور است که شکل رودخانه تابعی از جریان آب، کمیت و نوع رسوبات حمل شده، پوشش گیاهی و ترتیب مواد سازنده دیواره و کف رودخانه است و بنابر هیدرولیک رودخانه‌ای، جریان آب، تنش برشی بر دیواره و کف رودخانه وارد می‌کند که پایداری و تغییر شکل بستر رودها بستگی به مقاومت هر نقطه از پیرامون بستر مقطع جریان، در مقابل تنش برشی وارده از سوی جریان دارد. بنابر اظهارات تلوری (۱۳۷۱) مقدار نیروی برشی جریان از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tau_o = \gamma D I \quad (1)$$

که در آن: τ_o = تنش برشی جریان، γ = وزن مخصوص آب، I = شیب خط جریان و D = عمق جریان که در رودخانه‌های عریض مساوی شعاع هیدرولیکی در نظر گرفته می‌شود.

در این تحقیق با توجه به اینکه نقشه‌های توپوگرافی بازه‌ی مورد مطالعه موجود نبود، اطلاعات مورد نیاز برای شبیه‌سازی بازه‌ی مورد مطالعه، با برداشت‌ها و اندازه‌گیری‌های صحرایی تعیین شده و با انتقال داده‌ها به محیط AutoCAD اصلاحات لازم بر روی نقشه صورت گرفت. سپس فایل AutoCAD در نرم افزار ArcGIS در محیط ArcInfo باز شده و رقومی گردید. همچنین با استفاده از ابزار 3D Analyst مدل شبکه‌ای نامنظم مثلثی (TIN) از روی داده‌های رقومی بازه‌ی مورد نظر ایجاد گردید. پس از اینکه TIN رودخانه تشکیل شد، لایه‌های مختلف شامل لایه‌ی خط مرکزی جریان، لایه‌ی سواحل جریان، لایه‌ی ابعاد مسیر جریان و لایه‌ی مقاطع عرضی روی TIN تهیه گردید.

درگام بعد کلیه‌ی لایه‌های ایجاد شده در محیط ArcGIS به مدل HEC-RAS ارسال شد. در مرحله بعد با معرفی یک پروژه‌ی جدید در HEC-RAS، اطلاعاتی را که در مرحله‌ی قبل تهیه کردیم وارد مدل هیدرولیکی کرده و مراحل ویرایش را که شامل اضافه کردن ضرایب مانینگ و ضرایب انقباض و انبساط، شرایط مرزی، نوع رژیم جریان، دبی سیل با دوره بازگشت‌های مختلف به مدل هیدرولیکی وارد گردید. بدین منظور آمار و اطلاعات هیدرولوژی شامل متوسط دبی‌های روزانه و دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در ایستگاه دارتوت از شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام تهیه شده و پس از انجام آزمون‌های ران تست ($13 < U < 18$) و کندال ($0.48 < Z < 1.96$)، پس از تکمیل داده‌های دبی حداکثر لحظه‌ای ایستگاه دارتوت، با استفاده از متوسط دبی‌های روزانه همان ایستگاه، با استفاده از نرم افزار SMADA توزیع‌های مختلف به داده‌های مشاهداتی و تکمیل یافته برازش یافت و با روش آزمون خطای استاندارد، بهترین توزیع برای داده‌ها تعیین شد. سپس سیلاب‌های با دور برگشت مختلف با توجه به توزیع غالب برآورد شد. برای تعیین ضریب مانینگ از روش کیفی استفاده گردید. یعنی با انطباق شرایط کلی مرفولوژی، هیدرولیکی و هندسی رودخانه با رودخانه‌های مشابه که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، ضریب زبری انتخاب شد. اساس این روش بر مقایسه استوار می‌باشد. بدین منظور با وارد شدن به محیط ArcGIS و بارگذاری نتایج ارسال شده از مدل هیدرولیکی، توسط ابزار HEC-GeoRAS نتایج لازم به دست می‌آید. در این مرحله با فعال کردن لایه‌های مختلف می‌توان نقشه‌های شبکه بندی عمق و نقشه‌های شبکه بندی سرعت را مشاهده کرد. در محیط HEC-RAS مقادیر سرعت جریان و تنش برشی به ازای سیل با دوره‌های بازگشت مختلف در هر مقطع تعیین و سپس با توجه به مقادیر سرعت و تنش برشی، مقاطع در معرض خطر فرسایش در سه بازه مشخص گردید. علاوه بر آن مقاطعی که کمترین تنش برشی بر آن وارد می‌گردد، تعیین شدند.

۳- نتایج و بحث

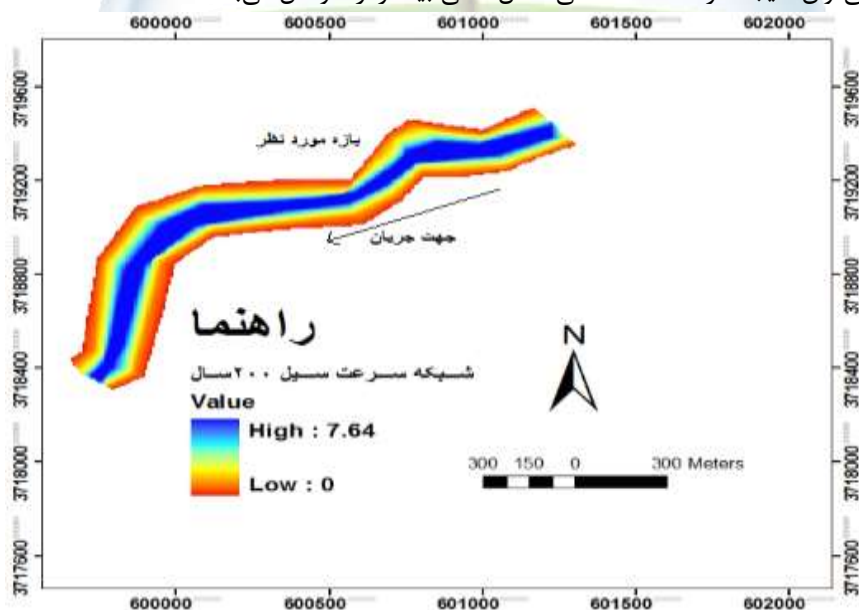
پس از انجام آزمون‌های ران تست و کندال و پس از تکمیل دبی‌های حداکثر لحظه‌ای سالانه در ایستگاه هیدرومتری تخت خان، برای تعیین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف از بین توزیع‌های آماری مختلف، با استفاده از آزمون خطای استاندارد، توزیع

لوگ پیرسون تیپ ۳ با میزان خطای ۸۴ به عنوان مناسب ترین توزیع و با استفاده از نرم افزار SMADA دبی با دوره بازگشت های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله تعیین شد جدول ۱. مناطق دارای حداکثر سرعت سیل در دوره بازگشت های مختلف نشان داده شده جدول ۱ که در دوره بازگشت های مختلف، سیل با دوره بازگشت ۲۰۰ سال بیشترین سرعت را در نقاط مختلف بازه دارا می باشد. باتوجه به این جدول به ازای دوره بازگشت های مختلف کانال اصلی دارای بیشترین مقدار سرعت می باشد.

جدول ۱- حداکثر سرعت سیل در نقاط مختلف بازه مورد نظر

ساحل راست		کانال اصلی		ساحل چپ		دوره بازگشت (سال)
فاصله از پایین دست (m)	مقدار سرعت (m/s)	فاصله از پایین دست (m)	مقدار سرعت (m/s)	فاصله از پایین دست (m)	مقدار سرعت (m/s)	
۰/۰۴۸	۱/۶۷	۱۶۷۰/۱۸	۳/۲۱۰	-	-	۲
۰/۰۴۸	۱/۴۲	۱۴۲۰/۴۳	۴/۲۶۸	-	-	۵
۰/۰۴۸	۱/۲۷	۱۲۷۶/۲۰	۴/۶۵۴	-	-	۱۰
۰/۰۴۸	۲/۹۹	۱۱۰۱/۸۴	۵/۳۶۴	-	-	۲۵
۰/۰۴۸	۳/۴۱	۱۱۰۱/۸۴	۵/۳۷۸	-	-	۵۰
۰/۰۴۸	۳/۵۹	۱۱۰۱/۸۴	۵/۰۷۸	۳۷/۰۳	۰/۰۲	۱۰۰
۰/۰۴۸	۴/۰۹	۱۱۰۱/۸۴	۶/۷۵	۱۴۲۰/۴۳	۱/۰۸	۲۰۰

در شکل ۲ نقشه ی سرعت سیل ۲۰۰ ساله به صورت شبکه ای نشان داده شده است. باتوجه به جداول استخراج شده می توان گفت تنش برشی در کانال اصلی به ازای سیل با دوره بازگشت های مختلف بیشتر از سواحل راست و چپ می باشد و علاوه بر حداکثر تنش برشی یاد شده در جدول، تنش های زیادی نیز در فواصل ۹۷۱/۲۷، ۲۳۳/۳۴ و ۸۷/۳ متری از پایین دست رخ می دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که شستگی کانال اصلی بیشتر از سواحل می باشد.



شکل (۲) نقشه ی سرعت سیل ۲۰۰ ساله به صورت شبکه ای

۱۷. احمدیان یزدی، محمدجواد، ۱۳۸۰، بررسی نقش پوشش گیاهی در کنترل فرسایش کناری پیچانرود تجن-هریرود، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۱۸. پوررضا بیلندی، م، و همکاران، ۱۳۸۵، تعیین پهنه سیلاب در کارون بزرگ (بازه ملائانی - اهواز) با استفاده از نرم افزارهای HEC-RAS و HEC-GeoRAS، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه.
۱۹. تلوری، عبدالرسول، و همکاران، ۱۳۷۱، بررسی پدیده‌ی پیچانرودی و فرسایش رودخانه‌ای در قسمتی از کارون، پایان نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی تهران.
۲۰. غفاری، گلاره، و همکاران، ۱۳۸۵، بررسی تغییرات مرفولوژی کناری آبراهه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (بابرود و مازندران).
۲۱. کرمی، حجت، و همکاران، ۱۳۸۷، کنترل خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی و GIS، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب.
۲۲. وزارت نیرو، آمارنامه استان ایلام، ۱۳۸۵ شرکت آب منطقه‌ای ایلام.
7. Coles, T.E., Wells, S.A., 2003. CE-QUAL-W2: a two-dimensional laterally averaged, hydrodynamic and water quality model, Version 3.1. Instruction Report EL-03-1, U.S. Army Engineering and Research Development Center, Vicksburg, MS.
8. Knebl, M. R. , Yang , Z. L. , Hutchison , K. , Maidment , D. R. (2005). Regional Scale Flood Modeling using NEXRAD , Rainfall ,GIS, and HEC-HMS/RAS : A Case Study for the San Antonio River Basin Summer 2002 Storm Event, Journal of Environmental Management , 75: 325-336.
9. Lane, S.N., Hardy, R.J., Elliott, L., Ingham, D.B., 2002. High resolution numerical modelling of three-dimensional flows 338 M.A. Fonstad, W.A. Marcus / Geomorphology 72 (2005) 320–339.
10. Larry Larson, (Nov .2001).” No Adverse Impact : A New Direction in Floodplain Management Policy” , Published in Natural Hazards Review. IANN 1527-6988. (6), 583–594.



بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز کوپال در تشدید کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز

سمیه عمادالدین، عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
s.emadodin@gu.ac.ir

صالح آرخی، عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه گلستان
Arekhi1348@yahoo.com

فریدون سلیمانی، کارشناس بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری اهواز
مریم ساده نژاد، دانش آموخته کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه گلستان

چکیده

در سال‌های اخیر پدیده گردوغبار همراه با روند شتابان توسعه، صنعتی شدن، افزایش بی‌سابقه جمعیت و تغییر کاربری اراضی در استان خوزستان، تنش‌های محیط زیستی را در این منطقه دو چندان کرده است. تغییر کاربری اراضی در خشک شدن تالاب‌ها و آبگیرها و به تبع آن افزایش گرد و غبار مؤثر می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز کوپال در تشدید کانون گردوغبار جنوب شرق اهوازمی‌باشد. در این تحقیق با استفاده تصاویر ماهواره‌ای لندست سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۷ تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین به وقوع پیوسته، طی دوره زمانی ۲۰ ساله با استفاده از روش طبقه بندی نظارت‌شده در منطقه مورد مطالعه به دست آمد که این نتایج به دست آمده حاکی از رشد اراضی بایر و کاهش شدید پهنه‌های آبی در طی دوره مطالعاتی در این تحقیق بوده است. همچنین از آمار سازمان هواشناسی در ۲ ایستگاه سینوپتیک اهواز و رامهرمز از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ جهت پایش فراوانی وقوع طوفان‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. بررسی‌های آماری نشان داد که از نظر مکانی ایستگاه اهواز از فراوانی رخداد گردوغبار بیشتری نسبت به ایستگاه واقع در رامهرمز برخوردار می‌باشد. و از نظر زمانی رخداد گردوغبار در منطقه مورد مطالعه از روند افزایشی برخوردار شده است و این افزایش از سال ۲۰۰۸ به بعد قابل توجه است. افزایش اراضی بایر خاکی تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی به همراه کاهش رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین دلایل ایجاد کانون‌های داخلی گردوغبار در منطقه مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: کاربری اراضی، طوفان‌های گردوغبار، حوضه آبخیز کوپال، تغییرات پوشش سطح زمین

۱- مقدمه:

در ایران به جز مناطق محدودی از شمال و غرب کشور که دارای اقلیمی مرطوب و نیمه مرطوب می‌باشند بقیه سطح کشور در رده سرزمین‌های خشک قرار دارد از همین رو تغییر کاربری اراضی و از بین رفتن پوشش طبیعی سرزمین اعم از آب، پوشش گیاهی و ... می‌تواند سبب به وجود آمدن هرچه بیشتر گردوغبار شود. این پدیده در بخش‌هایی از کشور به ویژه در استان خوزستان زندگی مردم را دچار اختلال کرده است. شناخت ارتباط بین طوفان گردوغبار و تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین، در منابع طبیعی و بخش‌های دیگر می‌تواند به عنوان یک پارامتر مهم، برنامه‌ریزان بخش‌های مختلف اجرایی را در مدیریت و توسعه همه جانبه یاری نماید. یکی از راه‌های مطالعه تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین استفاده از داده‌های سنجنش از دور می‌باشد. سنجنش از دور به علت دید وسیع و یکپارچه و قابلیت تکرارپذیری منظم از توانایی بالایی در تحلیل و تفسیر تغییرات به وقوع پیوسته در منطقه برخوردار می‌باشد. با توجه به تغییرات مکرری که بر روی کاربری زمین انجام می‌شود و تأثیر مستقیم آن در تشدید گردوغبار منطقه کوپال، این تحقیق به دنبال بررسی رابطه بین تغییرات اعمال

شده در کاربری اراضی و تأثیر آن در افزایش گردوغبار در این منطقه است. مطالعاتی که در ارتباط با موضوع مورد مطالعه در سطح جهان و ایران انجام شده است می توان به موارد زیر اشاره کرد: فنگ فنگ کای^۱ و همکاران [7]، در مقاله‌ای با موضوع تغییر کاربری زمین و رفتار کشاورزان در زمین‌های بازیافت شده در وسط ساحل جیانگ سو، چین پرداخته‌اند. در این تحقیق به این نتیجه رسیده‌اند ۱۷٪ از زمین‌های بازیافت شده به زمین‌های کشاورزی تبدیل شده و ۴۳٪ به حوضچه آبی‌پروری در طول دوره مطالعه، همچنین کشاورزان ساحلی دارای مزارع بزرگ‌تر با کمترین قطعات بسته‌بندی شده، درآمد بیشتری از مزرعه خود داشته و شور و شوق بیشتری برای اجرای زمین‌های کشاورزی نشان دادند.

ایرج عمادالدین و سورستن رینج^۲ [8] در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی تأثیر تغییر کاربری زمین در سرزمین‌های نیمه‌خشک به این نتیجه رسیده‌اند که اجزای آب و هوایی به شدت تحت تأثیر تغییرات سریع شهری و تغییرات کاربری اراضی در طی شش دهه گذشته قرار دارند. تبخیر بالقوه در طول سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۰ در مقایسه با سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۷۵ افزایش یافته است. انصای قوجقار و عراقی نژاد^۱ [1] به تحلیل و منشایابی طوفان‌های گردوغبار در استان خوزستان پرداختند و از داده‌های طوفان گردوغبار سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ استفاده کردند، و به این نتیجه رسیدند که ۸۷،۳۴ درصد این طوفان‌ها دارای منشأ خارجی (خارج از ایستگاه سینوپتیک) و ۱۲،۶۶ درصد این طوفان‌ها دارای منشأ داخلی (داخل ایستگاه) است. نوروزی و همکاران [5] به بررسی اثرات تغییرات پوشش سطح زمین بر رخداد گردوغبار در استان ایلام پرداخته‌اند، افزایش اراضی بایر خاکی تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی به همراه کاهش رطوبت خاک یکی از مهمترین دلایل ایجاد کانون‌های داخلی گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز کوپال در تشدید کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها:

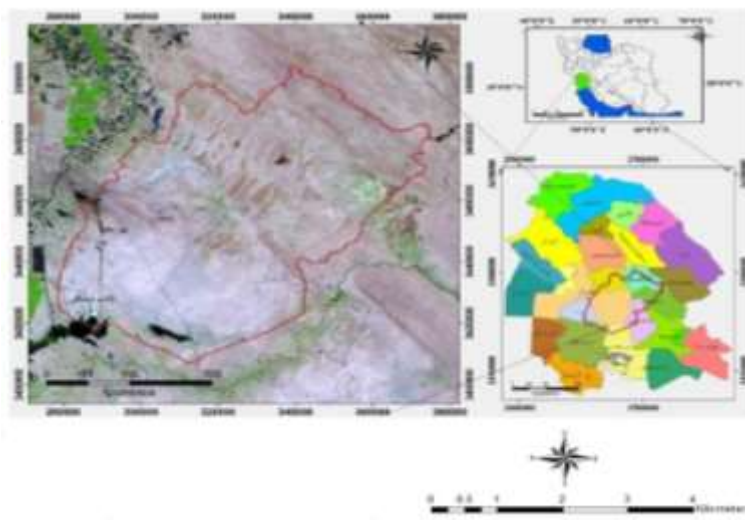
در این پژوهش برای گردوغبار از داده‌های ۱۶ ساله (۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳) مربوط به ایستگاه رامهرمز و اهواز که این داده‌ها شامل تعداد رخداد‌های گردوغبار به صورت روزانه و ماهانه در حوضه مربوطه می‌باشد، استفاده شد. همچنین جهت بررسی کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه و برای تهیه نقشه کاربری اراضی سه دوره متفاوت (۱۹۹۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۷)، برای سال ۱۹۹۷ از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، برای سال ۲۰۱۰ از لندست ۷ و برای سال ۲۰۱۷ از تصاویر لندست ۸ استفاده شده است. از نرم‌افزار ENVI۵ جهت پیش‌پردازش، پردازش و ارزیابی صحت کاربری‌های اراضی و برای صحت کاربری‌ها از Google Earth و بازدید میدانی، و به منظور محاسبه مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی از نرم‌افزار ArcGIS ۱۰ استفاده گردید. به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۳ و روش حداکثر احتمال^۴ استفاده شد. جهت پایش طوفان‌های گردوغبار به تحلیل زمانی طوفان‌های گردوغبار براساس میانگین ۱۶ ساله در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ میلادی در دو ایستگاه اهواز و رامهرمز پرداخته شد. جهت تجزیه و تحلیل آن در نرم افزار Excell به صورت روزانه و ماهانه و سالانه مورد پردازش قرار دادیم و به صورت جداولی به عنوان خروجی ارائه شده است.

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه مورد مطالعه در این تحقیق، تحت عنوان حوضه کوپال در شرق اهواز در موقعیت جغرافیایی " ۴۸° تا " ۲۶° ۴۱' ۴۹" طول شرقی و " ۳۰° ۴۶' ۵۲" تا " ۳۱° ۳۹' ۵۶" عرض شمالی واقع شده است. در محدوده مورد مطالعه ۳۲۴ روستا وجود دارد که پر خانوارترین، روستای نزهه با ۳۵۰ خانوار و ۲۱۷۶ نفر جمعیت می‌باشد (شهرداری اهواز، ۱۳۹۵). شهرهای

1. Fangfang Cai
2. Iraj Emadodin, Thorsten Reinsch
- 3- supervised classification
- 4-Maximum Likelihood

شهید چمران در جنوب شرق حوضه، رامهرمز و هفتکل در شمال شرق حوضه، شهر شادگان در قسمت جنوب غرب حوضه کوپال و شهر اهواز در غرب حوضه قرار گرفته‌اند. موقعیت محدوده مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه، ماخذ: نگارندگان

۳- یافته‌های تحقیق:

در سال ۱۹۹۷ کلاس اراضی تپه ماهوری با ۳۴۱۸۷۶،۱۹۳۳ هکتار با در اختیار داشتن ۶۳،۶۰ درصد از کل مساحت منطقه مورد مطالعه بیشترین کلاس بوده و کلاس پهنه‌های آبی با ۷۴۴۶،۴۶ هکتار معادل ۱،۳۸ درصد در رده آخر قرار دارد. در سال ۲۰۱۰، کلاس اراضی بایر با در اختیار داشتن ۴۵،۹۲ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه در رده اول و اراضی تپه‌های ماهوری با ۲۶،۵۲ درصد در رده دوم قرار دارد این در حالی است که در سال ۱۹۹۷، بیشترین مساحت را با ۶۳،۶۰ درصد اراضی تپه ماهوری تشکیل داده بود. در این دوره پهنه‌های آبی که در سال ۱۹۹۷، ۱،۳۸ درصد از کل منطقه را گرفته بود در سال ۲۰۱۰ به ۰،۸۸ درصد کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۰ اراضی بایر با ۴۵،۹۲ درصد رشد چشمگیری داشته است. زمین‌های کشاورزی آبی در این دوره از سال از ۲،۲۰ درصد به ۰،۶۲ درصد کاهش یافته، اما زمین‌های کشاورزی دیم از ۲،۲۴ (سال ۱۹۹۷) به ۳،۱۸ درصد و اراضی شورزار از ۲،۱۹ درصد به ۶،۶۸ درصد در سال ۲۰۱۰ افزایش پیدا کرده است. در سال ۲۰۱۷ اراضی بایر با ۴۶،۱۲ از اراضی منطقه مورد مطالعه را در اختیار داشته و بعد از آن درصد اراضی تپه ماهوری ۳۷،۷۹ درصد در رتبه بعدی قرار گرفته است. در این سال اراضی تپه‌های ماهوری نسبت به دوره ۲۰۱۰ از ۲۶،۵۲ درصد به ۳۷،۷۹ درصد افزایش یافته و بیشترین رشد در این دوره را داشته است. همچنین مناطق مسکونی با ۳،۵۳ درصد نسبت به سال ۲۰۱۰، که ۸،۴۸ درصد دارا بود به صورت قابل توجهی کاهش پیدا کرده، عمده دلیل که می‌توان به آن اشاره کرد افزایش میزان مهاجرت بر اثر فرایند تغییر کاربری در جهت افزایش میزان گردوغبار در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در سال ۲۰۱۷، زمین‌های کشاورزی دیم که در سال ۲۰۱۰، ۳،۱۸ درصد می‌باشد به ۰،۰۰۱ درصد کاهش یافته، اما زمین‌های کشاورزی آبی نسبت به دوره ۲۰۱۰ از ۰،۶۲ درصد به ۳،۹ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است (جدول ۱).

جهت پایش طوفان‌های گردوغبار به تحلیل زمانی سالانه طوفان‌های گردوغبار بر اساس میانگین ۱۶ ساله در طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ میلادی پرداخته شد. بررسی آماری رخداد گردوغبار ایستگاه هواشناسی اهواز نشان داد از نظر مقیاس زمانی سالانه، بدون در نظر گرفتن شدت وقوع این پدیده سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بیشترین رخداد روزهای همراه با گردوغبار را داشته است. از نظر ایستگاهی نیز ایستگاه (رامهرمز) طی این دو سال حداکثر فراوانی وقوع گردوغبار ثبت شده است. و از نظر مکانی ایستگاه‌های واقع در اهواز از فراوانی رخداد گردوغبار بیشتری نسبت به ایستگاه واقع در رامهرمز برخوردارند.

جدول ۱- مساحت تحت پوشش هر کلاس کاربری اراضی در سال های ۱۹۹۷، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷

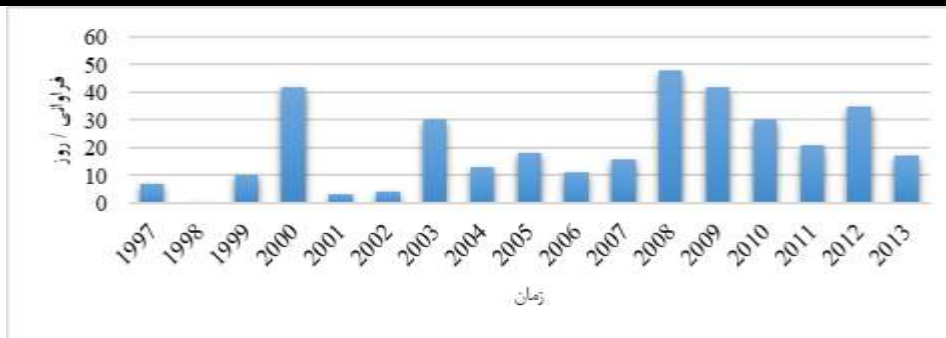
کاربری	مساحت به هکتار			درصد		
	۱۹۹۷	۲۰۱۰	۲۰۱۷	۱۹۹۷	۲۰۱۰	۲۰۱۷
اراضی بایر	۱۲۱۶۴۳،۹۶۸۹۱	۲۲۲۵۵۹،۸۰۴۰۸	۲۰۰۴۵۵،۶۷۱۳	۲۳،۹۹	۴۵،۹۲	۹۷۳۷،
اراضی تپه ماهوری	۳۴۱۸۷۶،۱۹۳۳	۱۳۱۸۲۴،۰۸۳۳	۲۴۷۹۵۳،۹۱۰۷۴	۶۳،۶۰	۵۲۶۲،	۴۶،۱۲
پهنه های آبی	۷۴۴۶،۴۲۴۹۰۶	۴۷۳۲،۳۷۸۹۷۲	۲۵۸۴۹،۱۶۴۴۲	۱،۳۸	۰،۸۸	۴،۸۰
شوره زار	۱۱۸۰۹،۲۹۹۰۵	۳۰۵۷۵،۲۳۲۸۷	۲۰۹۲۴،۹۰۹۵۲	۲،۱۹	۰،۶۸۶	۳،۸۹
زمین های کشاورزی آبی	۱۱۸۵۵،۲۸۷۳	۳۳۳۸،۳۷۷۵۷	۱۹۰۲۳،۶۸۸۰۱	۲،۲۰	۰،۶۲	۳،۵۳
زمین های کشاورزی دیم	۱۲۰۶۰،۳۵۷۹۴	۱۷۱۴۰،۹۱۱۲۲	۳۳۸۹،۰۱۶۰۸۴	۲،۲۴	۳،۱۸	۰،۶۳
تپه ماسه ای	۱۲۱۸۷،۸۳۰۱۳	۱۹۷۷۴،۱۷۰۸۳	۱۷۱۴۵،۵۷۹۲۸	۲،۲۶	۰،۶۷۷	۳،۱۹
مناطق مسکونی	۱۱۱۹۹،۱۲۴۳۷	۱۰۴۷۰،۰۸۹۴۶	۹،۱۰۶۲۱۶	۲،۰۸۳	۰،۴۸۸	۰،۰۰۱
جمع کل	۵۳۷۴۶۰،۷۳۶	۵۳۷۴۵۳،۱۳۹۸	۵۳۷۴۶۸،۱۷۷۲	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

بررسی گردوغبارهای شدید (با میزان دید افقی ۱۰۰۰ متر و کمتر) نشان داد در حالت کلی بیشترین گردوغبارهای این طبقه به ترتیب طی سال های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۰ ثبت شده است. در مقابل کمترین رخداد برای سال ۱۹۹۸ است. نکته قابل توجه روند صعودی این پدیده از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۱۲ می باشد. بررسی رخداد این پدیده با دید ۱۰۰۰ متر و کمتر در این ایستگاه نیز شرایطی مشابه با وضعیت کلی گردوغبار در اهواز و محدوده مورد مطالعه دارد. با توجه به داده های ثبت شده بیشتر رخداد گردوغبار در دید افقی ۱۰۰۰ و کمتر از ۱۰۰۰ اتفاق افتاده است.



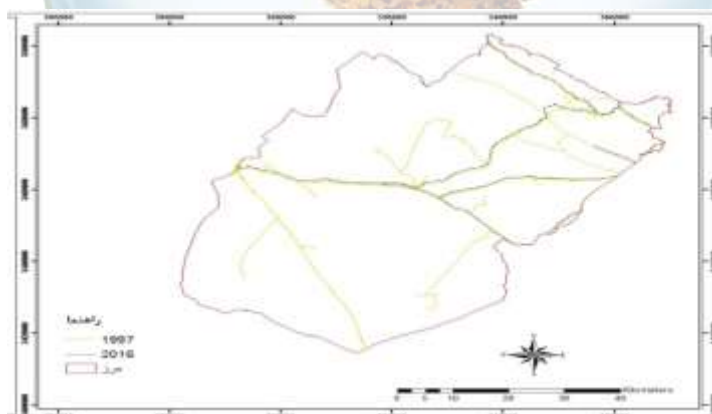
شکل ۲- فراوانی رخداد گردوغبار با میزان دید افقی مختلف در ایستگاه هواشناسی اهواز در طی دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳

در بررسی آماری رخداد گردوغبار ایستگاه رامهرمز بیشترین پایش گردوغبار در سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ ثبت گردیده است. کمترین پایش گردوغبار مربوط به سال ۱۹۹۸ می باشد که هیچ گونه رخداد گردوغباری در این ایستگاه برداشت نشده است که نسبت به داده های ثبت شده در ایستگاه اهواز تفاوت قابل توجهی را نشان می دهد (شکل ۳). با بررسی شدت گردوغبار باید دید افقی ۱۰۰۰ متر و پایین تر در حالت کلی نشان داد که بیشترین رخداد های گردوغبار همانند برداشت ها صورت گرفته در ایستگاه اهواز مربوط به سال های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹ و ۲۰۰۰ می باشد. و همچنان روند صعودی رخداد گردوغبار نیز در این ایستگاه به چشم می خورد.



شکل ۳- فراوانی رخداد گردوغبار با میزان دید افقی مختلف در ایستگاه هواشناسی رامهرمز در طی دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳

بررسی ارتباط بین تغییرات کاربری اراضی و گردوغبار نشان می دهد که با افزایش اراضی بایر و کاهش پهنه های آبی و زمین های کشاورزی تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی به همراه کاهش رطوبت خاک بر میزان رخداد های طوفان گردوغبار اضافه شده است. در هر دوره که میزان آب کاهش یافته است سطح زمین های کشاورزی پایین آمده و اراضی بایر رشد پیدا کرده است و برعکس، مانند سال ۲۰۱۰ که بیشترین رخداد طوفان های گردوغبار نسبت به سال های ۱۹۹۷ و ۲۰۱۳ به وقوع پیوسته به علت تغییرات کاربری اراضی رخ داده است. به عنوان مثال اختلال در عملکرد طبیعی رودخانه کوپال بر اثر کم آبی و عدم تغذیه طبیعی باعث شده است که تبادل هیدرولوژیکی و توزیع پراکنش مناسب آب در طبیعت به خوبی صورت نگیرد و محیط برای انتقال ذرات در هنگام وزش باد اعم از ماسه یا ذرات ریز دانه با اقطار کمتر از مقیاس ۱ میکرون مساعد شود و در ادامه روند خود در تشدید طوفان هایی با دوره بازگشت کوتاه و تکرارهای زیاد در منطقه مورد مطالعه مؤثر بوده است. یا نهرهای انشعابی به تعداد بسیار زیادی در سراسر طول مسیر رودخانه تا مقطعی که جریان پایه در آبراهه اصلی تداوم دارد به فواصل مختلف احداث شده و از رودخانه کوپال برای به زیرکشت بردن اراضی عمدتاً سمت غرب رودخانه آبیاری می نمایند و برداشت آب توسط همین کانال های فرعی آبیاری و عدم رعایت حقایق پائین دست یکی از دلایل خشک شدن هور شریفیه در انتهای سیستم زهکشی این زیرحوضه است. همچنین از عوامل انسانی نیز می توان به عبور عمده مسیرهای خطوط انتقال گاز، نفت، جاده ها و بزرگراه ها و سایر پروژه های طولی (شکل ۴) به صورت عمود بر مسیر جریان سیلاب رودخانه اشاره کرد که موجب تغییر رژیم سیلاب عبوری و نهایتاً تغییر در وضعیت پوشش گیاهی بالادست و پایین دست مسیر گردیده اند. شکل (۵) مسیر خط لوله گاز و خاکریز احداثی آن عمود بر مسیر جریان سیلاب و تأثیر آن بر وضعیت پوشش گیاهی منطقه را نشان می دهد.



شکل ۴- مسیر راه های اصلی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۹۷ و ۲۰۱۶، ماخذ: نگارنده



شکل ۵- تأثیر مسیر خط لوله گاز و خاکریز حادثاتی آن بر وضعیت پوشش گیاهی

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از طبقه بندی های مختلف نشان داد. یکی از عوامل مهم در تشدید گردوغبار منطقه تغییرات اراضی بایر می باشد. این کاربری در سال ۱۹۹۷ و ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ به ترتیب ۲۲,۶۲ درصد، ۴۱,۴ درصد، ۴۶,۱۲ درصد می باشد. اما برعکس پهنه های آبی روند نزولی را طی کرده که در سال ۱۹۹۷، (۱,۳۸ درصد) سال ۲۰۱۰، (۰,۸۸ درصد)، سال ۲۰۱۷ (۰,۶۳ درصد) می باشد. با افزایش روند تغییرات اراضی بایر و در مقابل آن کاهش پهنه های آبی رابطه مستقیمی با افزایش گردوغبار در محدوده دارد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی فراوانی وقوع گردوغبار طی دوره ۱۶ ساله مشخص گردید که در ایستگاه اهواز طی سال های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ بیشترین رخداد گردوغبار ثبت شده است. از نظر ایستگاهی نیز در ایستگاه بعدی (رامهرمز) طی این دو سال حداکثر فراوانی وقوع گردوغبار ثبت شده است. از نظر مکانی ایستگاه های واقع در اهواز از فراوانی رخداد گردوغبار بیشتری نسبت به ایستگاه واقع در رامهرمز برخوردارند. در ایستگاه اهواز از سال ۱۹۹۹ تا سال ۲۰۱۲ پدیده گردوغبار روند صعودی پیدا کرده است. کمترین پایش گردوغبار مربوط به سال ۱۹۹۸ می باشد که هیچ گونه رخداد گردوغباری در این ایستگاه برداشت نشده است که نسبت به داده های ثبت شده در ایستگاه اهواز تفاوت قابل توجهی را نشان می دهد.

۵- منابع و مأخذ

- ۱-انصاری قوجقار، م، عراقی نژاد، ش، (۱۳۹۷)، تحلیل و منشایابی طوفان های گردوغبار در استان خوزستان، دومین کنفرانس بین المللی گردوغبار، دانشگاه ایلام.
- ۲-حسین زاده، م. براتی، غ. صابرنیا، ز. (۱۳۹۳). اثرات تغییرات پوشش زمین و کاربری اراضی و فرسایش بادی و وقوع روزهای غبار آلود در منطقه شهریار. پژوهش های دانش زمین، نسخه پنجم.
- ۳-خوش کیش، ا. علیجانی، ب. حجازی زاده، ز. (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه های گردوغباری در لرستان، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱ تابستان ۱۳۹۰، صص ۱۱۰-۹۱.
- ۴-نوروزی، م. میرزایی، س. مرادی، ح. ر. توانگر، ش. (۱۳۹۰). مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی شهرستان نور). مجله کاربرد سنجش از دور و GIS، در علوم منابع طبیعی، ۲، ۱۵-۲۵.
- ۵-نوروزی، ع میری، م، شعاعی، ض، (۱۳۹۷) بررسی اثر تغییرات پوشش سطح زمین بر رخداد گردوغبار مورد مطالعه (استان ایلام)، دومین کنفرانس بین المللی گردوغبار، دانشگاه ایلام.

6-Chen L, Jin Z, Michishita R, Cai J, Yue T, Chen B, Xu B. 2014. Dynamic monitoring of wetland cover changes using time_series remote sensing imagery. Ecological Informatics.

7-Cai, F., van Vliet, J., Verburg, P. H., & Pu, L. (2017). Land use change and farmer behavior in reclaimed land in the middle Jiangsu coast, China. Ocean & coastal management, 137, 107-117.

8-Emadodin, I., & Reinsch, T. (2018). Assessing the impact of land use change on aridification in semiarid land. Land Degradation & Development, 29(10), 3423-3431.



- 9-Earle, E. and Pontius, R. 2012. Land-use and land-cover change". In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). [First published in the Encyclopedia of Earth
- 10-Long, H. Heilig, G. Xiubin, H. And Lic, M. 2007. Socio-Economic Development And Land-Use Chang Anlysis Of Rural Housing Land Transect Of The Yangtse River, China. Land Use Policy, 141-153.
- 11- Longley, P.A. and Mesev, V. 2000. "On the measurement and generalization of urban- form Environment and Planning", Tourism Management. No. 32, pp. 473-488.





Assessment of impacts of land use change in the Kopal watershed in the intensification of the dusts center in south east of Ahwaz

Somayeh Emadodin- Assistant Professor Department of Geography, University of Golestan

Saleh Arekhi- Assistant Professor Department of Geography, University of Golestan

Fereidoon soleimani, expert of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Maryam sadenejad-- MA in Environmental hazards, Department of Geography, University of Golestan

Abstract:

Today, the phenomenon of dust is one of the most serious environmental issues facing humanity. In the last century, human intervention has always been one of the main causes of environmental change. One of the most important environmental impacts is land use change and land cover, regardless of its adverse effects on natural resources. In recent years, the phenomenon of dust with the rapid development, industrialization, unprecedented population growth and land use change in Khuzestan province has doubled the environmental tensions in the region. Land use change is effective in drying wetlands and ponds and consequently increasing dust. The purpose of this study was to investigate the role of land use change in the Kopaal catchment area in the intensification of the dust cores. In this research, Landsat satellite images from 1997, 2010, 2017, land use and land cover changes occurred over a 20-year period was obtained using the method of classification in the studied area. These results indicate that growth bare lands and reduction of water zones during the study period in this study. In addition, the statistics of the Meteorological Organization at two synoptic stations Ahwaz and Ramhormoz from 1997 to 2013 were used to monitor the frequency of dust storms in the study area. Statistical analysis showed that the location of Ahwaz station was more frequent than the station located in Ramhormoz. In terms of time, the dust situation in the studied area has been increasing, and this increase is significant from 2008 onwards. Increasing of ground vegetation under the influence of different natural and human factors along with decreasing of soil moisture is one of the most important reasons for creating internal sources of dust in the study area.

Keywords: Land use, dust storms, copal watershed, land surface changes

تعیین سطح سیلاب در شهرستان‌های سیل‌زده استان خوزستان در فروردین ۱۳۹۸ نسبت به فروردین ۱۳۹۷ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

محمود عبدالله‌زاده^{۱*}، مهران برادران نصیری^۲

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ عضو هیات علمی موسسه پژوهش‌های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی

^{۱*} Abdolah_m@yahoo.com

چکیده

در هفته اول و دوم فروردین ۱۳۹۸، بارش زیاد موجب ایجاد سیلاب و خسارت‌های جانی و مالی در برخی از استان‌های ایران از جمله خوزستان شد و بنا بر آمارهای اعلام شده، حدود نیمی از اراضی آب‌گرفته در استان خوزستان قرار دارد. به منظور پایش سیل و بنا به شرایط و در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای، از تصاویر اپتیکی ماهواره سنیتل ۲ و لندست ۸ به‌دست آمده در سه تاریخ، ۱۹ فروردین ۱۳۹۷، ۱۹ فروردین سال ۱۳۹۸ و ۲۸ فروردین سال ۱۳۹۸ استفاده و مورد مقایسه قرار گرفت. مقایسه این آمار نشان می‌دهد که سطح آب‌گرفتگی (رودخانه و بستر آن، سیلاب حوضچه و تالاب) در شهرستان‌های سیل‌زده استان خوزستان در اواخر فروردین ۱۳۹۸ (۵۶۷۰۰۰ هکتار) نسبت به سال ۱۳۹۷ (۲۷۶۵۰۰ هکتار) حدود ۲٫۱ برابر افزایش داشته است. این نسبت در شهرستان‌های چون باوی، آزادگان، شوش بیش از ۵ و کارون بیش از ۱۰ برابر می‌باشند.

واژگان کلیدی: پایش سیل، تصاویر ماهواره‌ای، خوزستان.

۱- مقدمه

ایران یکی از کشورهای است که در معرض سوانح طبیعی بسیاری قرار دارد که پدیده سیل یکی از جدی‌ترین آنهاست. سیلاب علاوه بر آسیب‌های جانی جبران‌ناپذیر، خسارت‌های مالی فراوانی ببار آورده و به شدت روی فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی مناطق تحت پوشش تأثیر می‌گذارد. در این راستا، بیشترین خسارت به بخش کشاورزی، مسکن و زیرساخت‌ها وارد می‌شود. منظور پایش سیل از علم سنجش از دور استفاده می‌شود. بدین منظور بنا به شرایط و در دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای، از تصاویر راداری و اپتیکی استفاده می‌گردد. امروزه استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به‌دلیل ویژگی‌ها و امکاناتی که در اختیار کارشناسان قرار می‌دهند، به‌عنوان ابزاری کارآمد در نظر گرفته می‌شود. با کمک این فناوری و تحلیل لایه‌های مختلف تولید شده از تصاویر ماهواره‌ای در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌توان اطلاعات مفیدی فراهم نمود.

۲- مواد و روش‌ها

در هفته اول و دوم فروردین ۱۳۹۸، بارش زیاد موجب ایجاد سیلاب و خسارت‌های جانی و مالی در برخی از استان‌های ایران از جمله خوزستان شد. سیلاب شهرستان‌های اهواز، باوی، حمیدیه، کارون، شوش، شوشتر، هویزه، دشت آزادگان، شادگان، خرمشهر و آبان را فرا گرفت. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنیتل ۲ و لندست ۸ به‌دست آمده از، سایت سازمان زمین‌شناسی

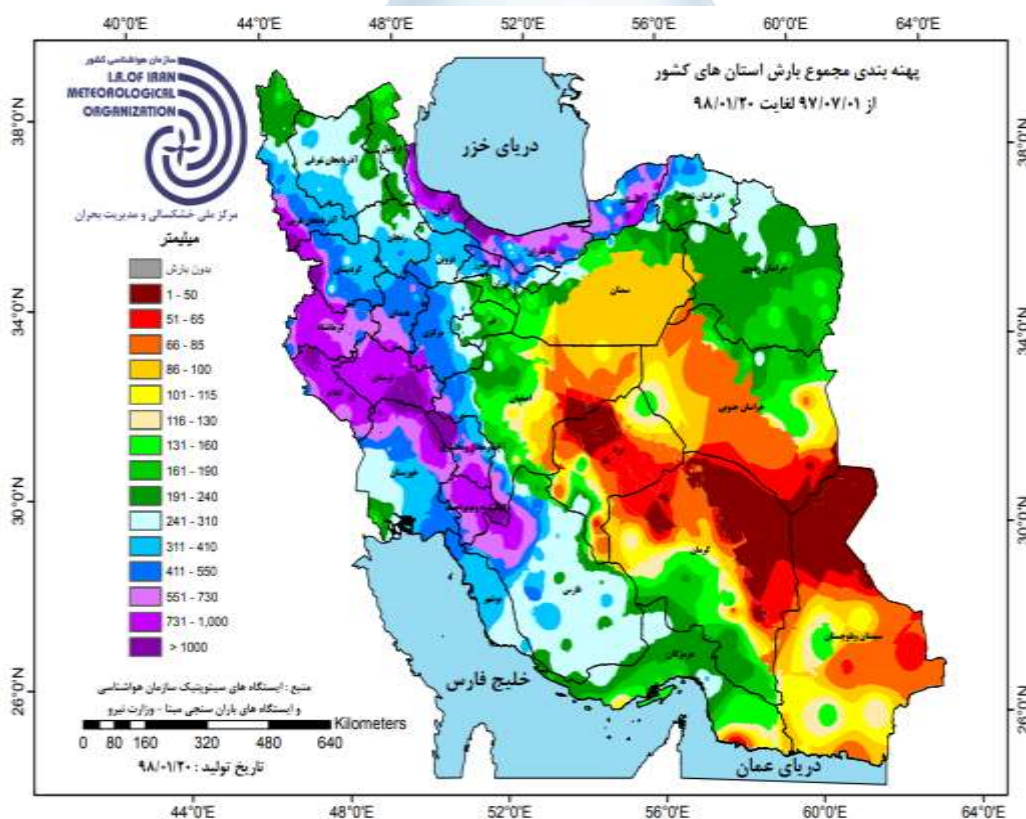
ایات متحده آمریکا ، در دو تاریخ، فرودین ۱۳۹۷ و ۱۹ فروردین سال ۱۳۹۸ مورد مقایسه قرار گرفتند (سازمان زمین شناسی ایات متحده آمریکا، ۱۳۹۸).

سطح آبگرفتگی سال ۱۳۹۷ در استان خوزستان تصاویر به روش طبقه بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر شباهت با دقت خیلی خوب استخراج گردید. به همین روش سطح آبگرفتگی و سیلاب از تصاویر ۱۹ فروردین سال ۱۳۹۸ استخراج و مقایسه گردید.

بعد از ۲۰ فروردین سال ۱۳۹۸ به منظور جلوگیری از هجوم سیلاب به شهر اهواز این سیلاب به سمت مزارع نیشکر هدایت گردید. سطح آبگرفتگی و سیلاب چهار شهرستان اهواز، باوی، حمیدیه و کارون در تاریخ ۲۸ فروردین ۱۳۹۸ مورد بررسی قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

با توجه به نقشه مقایسه میانگین بلند مدت با مجموع بارش تا ۲۰ فروردین سال ۹۸، علت اصلی سیل میزان بارش‌های در حوضه‌های آبریز این استان می‌باشد. شکل شماره ۱ (مرکز ملی خشکسالی سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۸)



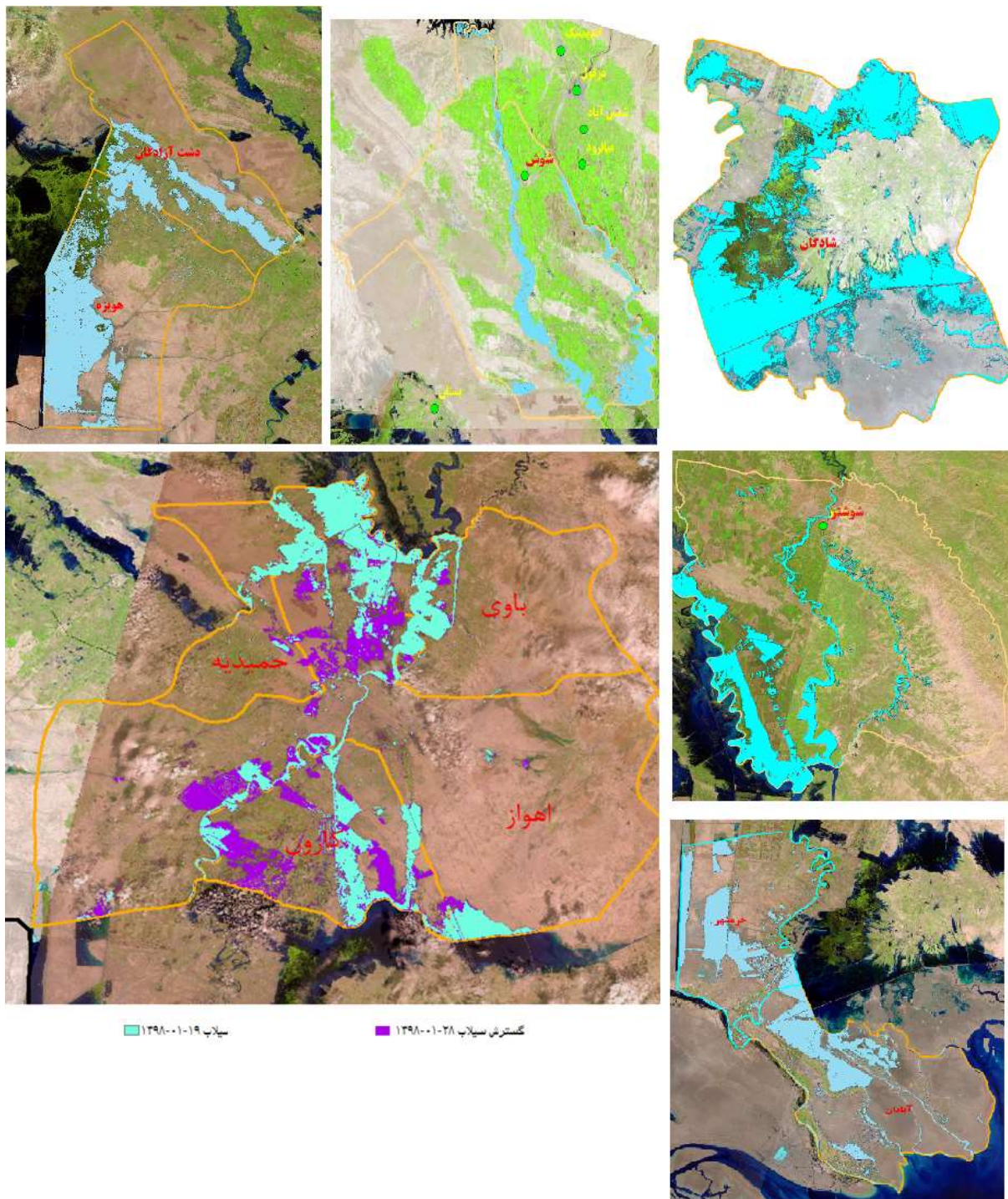
شکل شماره ۱: میزان مجموع بارش‌های در استان‌های کشور از ۹۷/۷/۱ تا ۹۸/۱/۲۰

سیل فروردین سال ۱۳۹۸، اراضی شهرستان‌های اهواز، باوی، حمیدیه، کارون، شوش، شوشتر، هویزه، دشت آزادگان، شادگان، خرمشهر و آبان را زیر آب برد. در شکل ۲ مناطق سیل گرفته نمایش داده شده است.

¹ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

² Supervised Classification

³ Maximum Likelihood



شکل شماره ۲: شهرستاهای اهواز، باوی، حمیدیه، کارون، شوش، شوشتر، هویزه، دشت آزادگان، شادگان، خرمشهر و آبان

مقایسه آمار سطح سیلابی و تالاب‌های شهرستان‌های سیل‌زده استان خوزستان نشان می‌دهد که، سطح آب‌گرفتگی (رودخانه، سیلاب، حوضچه و تالاب) در ۱۹ فروردین سال ۱۳۹۸ به میزان ۵۳۱۸۷۱ هکتار و در سال ۱۳۹۷ به میزان ۲۷۶۴۸۲

هکتار محاسبه گردیده است. در مجموع سطح سطح آبگرفتگی حدود ۲ برابر افزایش داشته است. این نسبت در شهرستان‌های چون باوی، آزادگان، شوش و کارون بیش از ۵ می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- میزان و نسبت سطح آبی و سیلابی در شهرستان‌های سیلابی استان خوزستان در ۱۳۹۸/۱/۱۹ به ۱۳۹۷/۱/۱۹

نام شهرستان	میزان سطح آبگرفتگی ۱۳۹۷/۱/۱۹ (هکتار)	میزان سطح آبگرفتگی و سیلاب ۱۳۹۸/۱/۱۹ (هکتار)	میزان افزایش سطح سیلاب و تالاب‌ها سال ۹۸ به ۹۷ (هکتار)	نسبت افزایش سطح سیلاب و تالاب‌ها سال ۹۸ به ۹۷
اهواز	۱۲,۶۱۸	۳۸,۷۵۲	۲۶,۱۳۴	۳,۱
باوی	۲,۴۰۸	۱۴,۴۰۱	۱۱,۹۹۳	۶
حمیدیه	۲,۲۴۲	۶,۴۷۰	۴,۲۲۸	۲,۹
کارون	۳,۶۵۸	۲۰,۶۵۳	۱۶,۹۹۵	۵,۶
آبادان	۳۰,۶۷۷	۴۹,۷۸۹	۱۹,۱۱۲	۱,۶
خرمشهر	۴۰,۳۹۰	۴۵,۲۶۲	۴,۸۷۲	۱,۱
شادگان	۷۷,۵۳۰	۱۵۶,۷۰۰	۷۹,۱۷۰	۲
شوشتر	۱۰,۷۰۰	۲۹,۰۰۰	۱۸,۳۰۰	۲,۷
شوش	۶,۸۰۰	۳۷,۳۰۰	۳۰,۵۰۰	۵,۵
آزادگان	۵,۸۴۰	۳۳,۹۵۳	۲۸,۱۱۳	۵,۸
هویزه	۸۳,۶۲۰	۹۹,۵۹۱	۱۵,۹۷۱	۱,۲
جمع	۲۷۶,۴۸۳	۵۳۱,۸۷۱	۲۵۵,۳۸۸	۱,۹

با توجه به اینکه بعد از ۲۰ فروردین سال ۱۳۹۸ به منظور جلوگیری از هجوم سیلاب به شهر اهواز این سیلاب به سمت مزارع نیشکر هدایت گردید. سطح آبگرفتگی و سیلاب چهار شهرستان اهواز، باوی، حمیدیه و کارون در تاریخ ۲۸ فروردین ۱۳۹۸ نسبت به ۱۹ فروردین ۱۳۹۸ به میزان ۳۵۲۰۰ هکتار افزایش داشته است (جدول ۲).

جدول ۲- میزان و نسبت سطح آبی و سیلابی در شهرستان‌های اهواز، باوی، حمیدیه و کارون در ۱۳۹۸/۱/۲۸ به ۱۳۹۸/۱/۱۹

نام شهرستان	میزان سطح آبگرفتگی ۱۳۹۷/۱/۱۹ (هکتار)	میزان سطح سیلاب و تالاب‌ها در ۹۸/۱/۱۹ (هکتار)	میزان سطح آبگرفتگی و سیلاب در ۹۸/۱/۲۸ (هکتار)	مقدار افزایش آبگرفتگی ۹۸/۱/۲۸ به ۹۸/۱/۱۹ (هکتار)	نسبت افزایش سطح سیلاب ۹۸/۱/۲۸ به ۹۸/۱/۱۹	نسبت افزایش سطح سیلاب ۹۸/۱/۲۸ به ۹۸/۱/۱۹
اهواز	۱۲,۶۱۸	۳۸,۷۵۲	۵۶,۳۵۵	۱۷,۶۰۳	۱,۵	۴,۵
باوی	۲,۴۰۸	۱۴,۴۰۱	۱۵,۱۵۵	۷۵۴	۱,۱	۶,۳
حمیدیه	۲,۲۴۲	۶,۴۷۰	۶,۵۸۱	۱۱۱	۱	۲,۹
کارون	۳,۶۵۸	۲۰,۶۵۳	۳۷,۳۸۶	۱۶,۷۳۳	۱,۸	۱۰,۲
جمع	۲۰,۹۲۶	۸۰,۲۷۶	۱۱۵,۴۷۷	۳۵,۲۰۱	۱,۴	۵,۵

این افزایش صرفاً بیانگر اراضی آبگرفته نیشکر نیست ضمن این که غرقاب شدن اراضی نیشکر هر چند خسارت محسوب می شود ولی به معنای نابودی آنها نیست و این اراضی اغلب در فصل سرد سال برداشت می شوند و ممکن است که سطح کمی به واسطه بارندگی زمستان، برداشت نشده و تا اردیبهشت برداشت شوند این بخش از مزارع آسیب بیشتری می بینند. در مجموع براساس محاسبات انجام شده سطح آبگرفتگی (رودخانه، سیلاب، حوضچه و تالاب) پایان فروردین سال ۱۳۹۸ نسبت به فروردین سال ۱۳۹۷ به میزان ۲۹۰۵۰۰ هکتار می باشد. که این میزان شامل: اراضی کشاورزی، زمین های بایر، حاشیه رودخانه ها و تالابها می باشد.

به منظور ارزیابی دقیق خسارت ناشی از سیل به اراضی کشاورزی نیاز به نقشه های رقومی بزرگ مقیاس اراضی کشاورزی می باشد.

۴- منابع

۱. سازمان زمین شناسی ایات متحده آمریکا. ۱۳۹۸. داندلود تصاویر لندست و سنتینل. سایت <https://earthexplorer.usgs.gov/>
۲. مرکز ملی خشکسالی سازمان هواشناسی کشور. ۱۳۹۸. بولتن روزانه بارش ۹۸۰۱۲۰. سایت: <http://ndc.irimo.ir>



بررسی اهمیت حفظ و بهداشت محیط زیست در متون دین اسلام

علی نوری

عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس

Alinori57@yahoo.com

چکیده:

در آموزه های دینی ما مسلمانان توجه ویژه ای به محیط زیست و اهمیت حفظ و نگه داری آن شده است و برای کسانی که در احیا و نگهداری آن می کوشند پاداش مادی و معنوی فراوانی بیان شده است. با نگاهی به آیات و روایات و سیره ی اهل بیت (ع) روشن می گردد که هیچ مکتبی مانند اسلام به طبیعت و محیط زیست اهمیت نداده است. برخی از سوره های قرآن به نام یکی از عناصر موجود در طبیعت خوانده می شود، مانند سوره های بقره، رعد، نحل، نور، عنکبوت، نجم، فجر، شمس، حدید، لیل، قمر، تین، ناس و... . خداوند متعال، سرنوشت بشر را به گونه ای رقم زده که در دامن طبیعت رشد کند و به آن محتاج باشد. طبیعت به شکلی خلق شده است که در خدمت انسان باشد و نیازهای او را برطرف کند. سلامت محیط زیست پیوندی تنگاتنگ با حیات سالم جامعه دارد همان گونه که در مورد بدنپیشگیری و بهداشت بر درمان و معالجه مقدم است تامین فضای سالم و محیط زیست مناسب بر جبران خسارتهای ناشی از تخریب محیط زیست مقدم می باشد. فعالیت های انسان برای رسیدن به رفاه و توسعه اقتصادی و اجتماعی، خود باعث تخریب محیط زیست شده است. این تخریب آنچنان در وضعیت آب و هوای کره زمین، دگرگونی ایجاد کرده که سلامتی و حیات او و سایر موجودات زنده را به خطر انداخته است. در قرآن کریم از نابود کردن و تخریب محیط زیست به عنوان اعتداء (تجاوز) نام برده شده است و بر این اساس کسانی که رفتار ناشایست نسبت به محیط زیست داشته باشند، از رحمت و محبت خداوند محروم خواهند بود. (مانده، ۸۶) درست است که خداوند طبیعت را مقهور انسان آفریده و انسان را به عنوان جانشین خود در زمین قرار داده است، اما این به آن معنا نیست که او آزاد باشد تا هر گونه که مایل است رفتار کند. انسان در برابر خداوند و تمامی آفرینش مسئول است. در این پژوهش به گوشه ای از احادیث و روایات وارده در اهمیت محیط زیست و ارزش حفظ و نگهداری آن از منابع معتبر دینی پرداخته و امید آن داریم که برای زیست بهتر ما با محیط مفید باشد.

واژگان کلیدی: محیط زیست، اسلام، متون دینی، بهداشت

۱- مقدمه

بر طبق آموزه های دین اسلام، ما مسلمانان نسبت به طبیعت اطراف خود وظایف شرعی داریم و باید برای حفظ، نگهداری و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست خود یک سری کارها را انجام دهیم. در دین اسلام حفاظت از محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعدی باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، یک وظیفه ی دینی تلقی می شود. خداوند، طبیعت را هدفمند و هدفدار خلق و تمام مخلوقات را به لحاظ کمیت و کیفیت به اندازه و متناسب آفریده است بدون شک محیط زیست سالم یکی از نعمات الهی و بخشی از نظام خلقت می باشد که ریشه در جهان بینی توحیدی دارد؛ یعنی

جهان و هر آنچه که در اوست، تصویری از خداوند واحد است. در اسلام هر گونه رفتاری که منجر به فساد در عرصه محیط زیست شود نپسندیده شده است، چرا که خداوند بارها در قرآن کریم درباره ایجاد فساد در روی زمین هشدار داده است. از این روست که حکومت اسلامی، کردار انسان را در مواجهه با محیط زیست، نظارت و کنترل کرده و علاوه بر تنبیه افرادی که به محیط زیست آسیب می‌رسانند، به آنهایی که از نتیجه سوء کردارشان بر محیط زیست بی‌خبرند هشدار می‌دهد.

بهداشت محیط زیست در اسلام

اسلام نشان دهنده راهی برای زندگی است که دیدگاه جامعی نسبت به هستی، حیات انسان و روابط بین آنها دارد. حکمت الهی مقدر کرده است که انسان وارث زمین شود، بنابراین انسان علاوه بر اینکه جزئی از جهان هستی است، مجری دستورات الهی نیز می‌باشد. از پیامبر اکرم (ص) روایت شده است که فرمودند: «خداوند پاک است و پاکی را دوست دارد. . . پس آستان زندگی خود را پاکیزه کنید. (الجامع الصغیر، ج ۱، ص ۲۶۷) عالم فرزانه حضرت آیت الله جوادی آملی با عنایت به این حدیث شریف برداشت‌های نغزی دارند که دو مورد آن از قرار زیر می‌باشد. «الف) اصول زیست محیطی از منظر رسول گرامی (ص) صبغه ملکوتی دارد و رعایت طهارت و پاکیزگی در بدن، منزل، محل کار محیط‌های علمی و مراکز فرهنگی و . . . برای آن است که انسان خلیفه خداست و به پاکی و پاکیزگی از آن رو که محبوب خداست علاقه مند باشد. ب) فرمان مذکور از منظر حدیث شناسی همگانی، همیشگی و همه جانبه و فراگیر است به گونه ای که تمام انسانها اعم از زن و مرد، ناتوان و توانا و در تمام دوران زندگی و از هر جهت باید بدن، منزل و محل کار خود را نظیف و پاکیزه و از آلودگی حفظ کنند. (۷، ص ۶۹۲)

تأثیرات بهداشت محیط زیست

طبق برخی از احادیث موجود در منابع دینی، بهداشت محیط زیست علاوه بر تأثیر در سلامت و بهداشت جسم و جان آدمی، در افزایش روزی انسان نیز مؤثر است. امام حسن مجتبی (ع) می‌فرمایند: «ثمره پرهیز از ناپاکدانی و ثمره نظافت و جارو کردن محیط زندگی و شست و شوی ظرفها، بی‌نیازی آدمی است. (بحار الانوار، ج ۷۳، ص ۳۱۸) امام صادق (ع) نیز می‌فرماید: «شست و شوی ظروف و تمیز و جارو کردن محیط زندگی مایه افزایش روزی است. (۵، ص ۵۴) باید توجه داشت این موارد از کرانه غیب به حضرات معصومین (ع) رسیده و شاید علوم تجربی توانایی درک و تجربه این مسائل را نداشته باشند.

گونه های نگرش انسان به طبیعت در اسلام

الف. جانشینی: انسان در جهان بینی اسلامی، جانشین و خلیفه خداوند در زمین است. باید همان گونه که خدا مهرورزانه زمین را می‌پروراند و از آفتها مصون می‌دارد و باران رحمتش را بر آن می‌باراند و طبیعت را دوست می‌دارد انسان نیز باید چنان باشد و با مهربانی از آن پاس دارد و استفاده اش به گونه ای نباشد که آسیبی به آن برسد. در این نگاه و نگرش زمین به آسمان پیوند خورده و زمین جامه آسمانی به تن کرده است. کار و تلاش بر روی این زمین پیوند خورده با آسمان و جامه آسمانی در پوشیده عبادت و نوعی بندگی خداوند به شمار می‌رود. این بندگی با جانشینی پیوند خورده است. انسان بنده خدا و فرمانبر او در زمین جانشین است. اگر انسان جانشین از مدار فرمانبری رها شود لجام گسیخته می‌گردد و به نابودی خود طبیعت کمر می‌بندد از این روی اسلام بندگی و عبودیت خدا را رکن حرکت انسان قرار می‌دهد. مسلمان هرگز اجازه ندارد خود را رها و لجام گسیخته و آزاد در بهره برداری از طبیعت بداند. او حق ندارد با ویران کردن طبیعت و دست درازی به پدیده های طبیعی خود را تکریم کند. او وظیفه دارد حقوق خداوند حقوق تک تک آفریده ها کوچک و بزرگ را پاس بدارد.

ب. آبادگری: در نگاه و بینش اسلامی پیوند انسان با طبیعت پیوند ویژه است انسان از زمین پدید آمده و باید حرمت آن را نگهدارد مثل مادر و به او ستم روا ندارد که عاق زمین خواهد شد. پاس جایگاه زمین به این است که آن را آبادان سازد و از ویرانی آن جلوگیری کند. (وهو آلدی انشأکم من الأرض واستعمرکم فیها... (هود، ۶۱) او شما را از زمین پدید آورد و خواست

که آبادانش دارید. از نگاه قرآن آبادانی زمین وظیفه انسان است بر اوست که محل رویش و رشد خویش را آباد نگهدارد و از ویرانی آن جلوگیری کند. استعمار در قرآن به معنای آبادانی است. واژه شناسان آبادانی را نقطه مقابل ویران گری دانسته اند. امام علی(ع) در فرمان تاریخی و مهم خود به مالک اشتر، آبادانی شهرها را وظیفه او می داند. (۴، نامه ۵۳) از آنچه یاد شد و ده ها موردی که به خاطر تنگی مجال یاد نشده و در منابع اسلامی وجود دارند به دست می آید که اسلام در ساختن و پرداختن تمدن خود از طبیعت و پدیده های طبیعی بر اساس معیارهای درست و انسانی بهره می گیرد و با هر تمدنی که شالوده اش بر ویرانی طبیعت استوار باشد سر ناسازگاری دارد.

ج. رام کردن طبیعت. در قرآن واژه دیگری که بارها آمده و چگونگی برخورد و تماس انسان مسلمان را با طبیعت نشان می دهد واژه (تسخیر) است. این واژه و واژگان هم معنا و هم ریشه آن مانند (مستخر) و... پیام سازنده ای را می رسانند که گونه نگرش اسلام به طبیعت را می نمایاند. فرهنگ تمدن ساز اسلام طبیعت را گهواره و بستر رشد و تعالی و کمال انسان می داند (نبا، ۶)؛ از این روی با هر کس که بر این گهواره و بستر آتش افروزد و آن را برای رشد و تعالی و کمال انسان ناامن سازد در می افتد و او را در زمره سیاهکاران و ستم پیشگان و ناسپاسان قرار می دهد که عذاب سخت الهی را خواهند چشید.

د. حفظ طبیعت: پیامبر اسلام(ص) زمین را مادر انسان قلمداد فرموده که بر عهده اوست از مادر خویش که شیره جانش را به او می دهد تا او زنده بماند و بسان گهواره ای به او آرامش می دهد و با گوناگون مانده های خود جسم او را می پروراند باید نگهداری کند. پس زمین در این نگاه مقدس است مانند مادر و مقدس است چون امین خداوند است و کارهای نیک و بد انسان را به او گزارش می دهد. اسلام با تمدن غرب در یک اقلیم نمی گنجد. اسلام این نگاه به طبیعت را بر نمی تابد و با این نگاه از بنیان سر ناسازگاری دارد و نمی تواند بپذیرد که طبیعت با همه زیباییهایی که دارد با آن آغوش گرم و مهرورزانه و گهواره بودن انسان در دست بی تقوایان و از خدا و آموزه های الهی دور افتادگان اسیر باشد. تا هر زمان که بی تقوایان بر تمدن غرب حکم برانند و بر شریانه های مهم اقتصادی چیره باشند نمی توان امید به طبیعت سالم داشت که این مهم با تقوای الهی به نتیجه می رسد. از این روی حضرت امیر(ع) می فرماید: «تقوای الهی را در تمام زمینه های هستی حتی گیاهان و حیوانات رعایت کنید». (۴، خ ۱۶۷)

هـ. پاکی و پاکیزگی: از این که اسلام بسیار روی پاکی و پاکیزگی و دوری گزیدن از پلیدیها و ناپاکیها تأکید می ورزد به دست می آید که اسلام از انسان مسلمان می خواهد که محیط زیست خود را پاک و پاکیزه و به دور از هر گونه آلودگی و پلیدی نگهدارد. در این جا دو روایت از آموزه های اسلام را درباره پاکی و پاکیزگی ارائه می دهیم تا چگونگی نگرش اسلام به پاکی و پاکیزگی محیط زیست روشن شود. رسول مکرم اسلام(ص) مسلمانان را از تخیلی در زیر درختان میوه یا نخل یکه خرما دارد نهی کرده است، زیرا فرشتگان گماشته شده بر آن درختان در آنجا حضور دارند. (۷، ص ۶۹۴) در دو حدیث دیگر از تخیلی در محل ریزش میوه ها و زیر درختان میوه دار نهی شده است. (۶، ص ۴۱۱).

حفظ محیط زیست در قانون اساسی

در اصل پنجاه از قانون اساسی آمده است: «در جمهوری اسلامی حفظ محیط زیست که نسل امروز و نسلهای بعد باید در آن حیات اجتماعی روبه رشدی داشته باشند وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو فعالیتهای اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند ممنوع است». حفظ محیط زیست هم وظیفه ای عمومی معرفی شده هم برای آیندگان باید بماند و همچنین فعالیت های اقتصادی باید با نگاه به حفظ محیط زیست انجام پذیرد.

۲- نتیجه

از آنجا که دین اسلام هم جامع است و هم جاودانه می باشد، لذا به همه ابعاد زندگی بشر توجه داشته است و محیط زیست ما انسانها مورد توجه متون دینی ما بوده و درباره حفظ، نگهداری و بهداشت آن سفارشات زیادی انجام شده است همان گونه که در تعدادی از احادیث بیان شده در متن، هم درباره بهداشت محیط زیست به ما سفارشات زیادی شده و هم درباره اثرات منفی

عدم رعایت بهداشت که موجب بی برکت شدن روزی انسان خواهد شد به ما تذکر داده است. ما به نگرش های انسان به طبیعت مواردی را نام برده و با عنایت به متون دین و قرآن کریم به نقش و وظیفه انسان اشاره کردیم از طرفی به عنوان فردی که به قانون اساسی پایبند می باشیم در اصل پنجاهم قانون اساسی تصریح به حفظ همگانی محیط زیست و وظیفه مردم و مسئولان می باشد. امید است با توجه به آموزه ها و قوانین موجود بتوانیم وظیفه خود را در قبال طبیعت و حفظ محیط زیست انجام بدهیم و برای آیندگان میراثی گرانبها را به یادگار بگذاریم.

۳- منابع

۱. قرآن کریم
۲. پاینده، ابوالقاسم، نهج الفصاحه، چاپ چهارم، تهران، دنیای دانش، ۱۳۸۳ش.
۳. سیوطی، جلال الدین، الجامع الصغیر، چاپ یکم، بیروت، دارالفکر، ۱۴۰۱ق.
۴. الشریف الرضی، محمد بن حسین بن موسی، نهج البلاغه، تصحیح صبحی صالح، قم، دار الهمجره، [بی تا].
۵. صدوق، محمد بن علی بن بابویه القمی، الخصال، تصحیح علی اکبر غفاری، چاپ دوم، قم، انتشارات جامعه مدرسین، ۱۴۰۳ق.
۶. حرانی، ابن شعبه، تحف العقول، تصحیح علی اکبر غفاری، چاپ دوم، قم، موسسه انتشارات اسلامی، ۱۳۶۳ش.
۷. جوادی آملی، عبدالله، مفاتیح الحیاء، مرکز نشر اسراءف چاپ هفتم، ۱۳۹۱ش.
۸. مجلسی، محمد باقر بن محمد تقی، بحار الانوار الجامعه لدرر اخبار الائمه الاطهار، بیروت، موسسه الوفاء، ۱۴۰۴ق.



ارزیابی آماری داده‌های بارش GPCC با داده‌های مشاهده‌ای در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان

مژگان احمدی^۱، عباس کاویانی^{۲*}، پیمان دانش کار آراسته و زهره فرجی

^۱ دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ^۲* استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ^۳ دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ^۴ دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

Abbasskaviani@gmail.com

چکیده

بارش از جمله مهم‌ترین عواملی است که در تخمین بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی در سطح حوزه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت داده‌های بارش در علوم مختلف و عدم وجود شبکه باران‌سنجی گسترده و مناسب، لازم است داده‌های بارش به نحوی برآورد شوند. یکی از راه‌های برآورد بارش، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است. در این پژوهش به ارزیابی داده‌های بارش مدل GPCC با داده‌های ایستگاهی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان پرداخته شد. نتایج نشان داد که در این مناطق بارش GPCC نتایج خوبی را داشتند. در ارزیابی GPCC با میانگین وزنی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در پیکسل ۱ در سال ۲۰۰۷ ضریب تبیین (R^2)، ضریب کارایی مدل (EF)، خطای اریب میانگین (MBE)، میانگین مطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب برابر ۰/۹۹، ۰/۹۸، ۰/۰۴، ۳/۹۰ و ۵/۰۲ میلی‌متر بر ماه به دست آمد.

کلمات کلیدی: بارش، سنجش از دور، آزمون‌های آماری، میان‌یابی.

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین پارامترهای ورودی مدل‌های مختلف هیدرولوژی و گیاهی بارش می‌باشد. بنابراین کیفیت و فراهم بودن داده‌های مناسب بارش در مناطق مختلف جهت استفاده در زمینه‌های کشاورزی، هیدرولوژی و مدیریت منابع آب و آبیاری دارای اهمیت زیادی است. هم‌اکنون بیشترین داده‌های بارش از ایستگاه‌های زمینی هواشناسی و باران‌سنجی گردآوری می‌شود. این درحالی است که شبکه ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در بیشتر مناطق و به ویژه در کشورهای در حال پیشرفت از پوشش مکانی خوبی برخوردار نمی‌باشد. از طرفی برای تخمین بارش در مناطق فاقد ایستگاه از روش‌های مختلف درون‌یابی استفاده می‌شود. از این رو مقدار درون‌یابی در مناطق با تراکم ایستگاهی زیاد با دقت بیشتری صورت می‌گیرد در حالی که در مناطق با تراکم ایستگاهی کم، دقت برآوردها حتی با روش‌های کارآمد زمین‌آمار نیز کم است (۲). نتایج به دست آمده از روش‌های گوناگون درون‌یابی در مناطق با مقدار واقعی بارش فاصله زیادی دارد (۷). در سال‌های اخیر و با پیشرفت‌های به دست آمده در زمینه فناوری‌های ماهواره‌ها، سنجش از دور، رایانه و بانک اطلاعاتی، نسل جدیدی از داده‌های هواشناسی پدید آمده است که

برخی از مشکلات موجود در داده‌های مشاهده‌ای مانند دسترسی محدود به داده‌ها، هزینه خرید داده‌ها، وجود داده‌های گم شده، پراکندگی نامناسب ایستگاه‌ها و نیز روزآمد نبودن داده‌ها را ندارند. طی دهه‌های اخیر، ماهواره‌ها، مراکز دانشگاهی، ملی و بین‌المللی در راستای مطالعه‌ی تغییرات آب و هوایی شبکه‌ای از داده‌های آب و هوایی را تولید و گسترش داده‌اند. این داده‌ها به طور معمول از درون‌یابی مشاهدات نامنظم فضایی حاصل می‌شوند و از جهات مختلف حائز اهمیت هستند. تخمین بهتر متغیرهای آب‌وهوایی در نواحی فاقد ایستگاه و امکان مطالعه مناسب‌تر آب و هوایی یکی از مهم‌ترین مزایای این داده‌ها است. با ارزیابی هفت پایگاه داده بارش از جمله^۱NCEP،^۲CMAP،^۳GPCC و^۴GPCP در ده حوزه آبریز اصلی چین طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ بیان کردند که داده‌های GPCC بالاترین همبستگی را با باران‌سنج‌ها دارند و مقدار خطای آن در همه حوزه‌های مورد مطالعه کمترین است (۵). درستی و دقت داده‌های بارش پایگاه‌ها از جمله^۴GPCC و^۵GLDAS را در نظارت بر خشکسالی در ایران طی بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج این پژوهش مقادیر بارش پایگاه‌های به‌کار گرفته شده در مناطق غربی رشته‌کوه زاگرس بهترین عملکرد را دارند، ولی تمامی پایگاه‌های مورد استفاده در سواحل دریای خزر عملکرد نسبتاً ضعیفی دارند (۶). محصول بارش دو پایگاه داده GPCC و CRU را با اطلاعات ایستگاهی در نواحی کوهستانی آفریقا مقایسه نمودند. نتایج حاکی از ارتباط بسیار قوی داده‌های شبکه‌ای (ضریب همبستگی ۰/۹ و بیشتر) با داده‌های مشاهده‌ای است. دقت داده‌های GPCC نیز مقداری بیش از داده‌های CRU^۵ بود (۴). مدل‌های سطح زمین بروز شده با مشاهدات ماهواره‌ای به‌دلیل ارائه پارامترهای هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی از اهمیت بالایی در مناطق فاقد آمار برخوردار می‌باشند. قبل از استفاده از داده‌های سنجش از دور لازم است با داده‌های زمینی مقایسه شده و دقت آنها مشخص شود. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی امکان استفاده از نتایج مدل GPCC انجام شد و به ارزیابی داده‌های بارش مدل GPCC با داده‌های ایستگاهی در پنج استان البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان در ایران پرداخته شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش استان‌های همجوار البرز، زنجان، قزوین، کردستان و همدان می‌باشد. به دلیل عدم پراکندگی مناسب ایستگاه‌ها و عدم دسترسی به ایستگاه‌های بیشتر در برخی از استان‌های مورد مطالعه، از ایستگاه‌های کمکی رشت در استان گیلان، سیاه‌بیشه و نوشهر در استان مازندران، شمال تهران در استان تهران، میانه در استان آذربایجان شرقی، سردشت و مهاباد در استان آذربایجان غربی و خلخال در استان اردبیل استفاده شد تا داده‌ها پراکندگی بهتری در پیکسل‌های مدل‌های مورد مطالعه داشته باشند. نام ایستگاه‌های مورد استفاده در جدول ۱ و شکل ۱ زیر آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	طول دوره آماری
قزوین	سینوپتیک	۵۰/۰۳	۳۶/۱۵	۱۲۷۹/۲	۲۰۰۱-۲۰۱۰
رشت	سینوپتیک	۴۹/۳۷	۳۷/۱۹	-۸/۶	۲۰۰۱-۲۰۱۰
سیاه‌بیشه	سینوپتیک	۵۱/۱۸	۳۶/۱۵	۱۸۵۵/۴	۲۰۰۱-۲۰۱۰
پل‌اروان	باران‌سنجی	۴۹/۲	۳۵/۶۳	۱۷۵۰	۲۰۰۱-۲۰۱۰

¹ National Centers for Environmental Prediction –National Center for Atmospheric Research

² CPC Merged Analysis of Precipitation

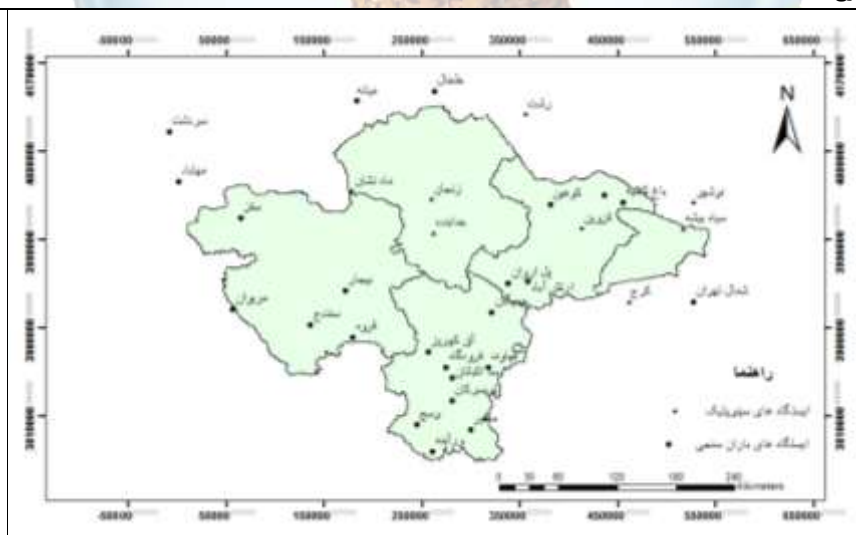
³ Global Precipitation Climatology Center

⁴ Global Land Data Assimilation System

⁵ Climatic Research Unit

۲۳ آبان ۱۳۹۸

۲۰۰۱-۲۰۱۰	۹۶۸	۳۶/۴۵	۵۰/۲۸	باران سنجی	رجایی دشت
۲۰۰۱-۲۰۱۰	۱۲۸۳	۳۶/۳۹	۵۰/۵	باران سنجی	باغ کلایه
۲۰۰۱-۲۰۱۰	۱۵۱۰	۳۶/۳۷	۴۹/۶۷	باران سنجی	کوهین
۲۰۰۱-۲۰۱۰	۱۷۵۰	۳۵/۶۶	۴۹/۴۳	باران سنجی	ارتش آباد
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۸۶۹	۳۵/۳۷	۴۹/۰۲	باران سنجی	خمیگان
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۷۸۳	۳۴/۵۵	۴۸/۶	باران سنجی	تویسرکان
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۷۲۵	۳۴/۲۸	۴۸/۸۲	باران سنجی	ملایر
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۷۴۹	۳۴/۸۵	۴۸/۵۳	باران سنجی	همدان
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۹۵۷	۳۴/۷۶	۴۸/۶	باران سنجی	سداکباتان
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۵۶۶	۳۴/۳۲	۴۸/۲۲	باران سنجی	وسج
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۷۹۵	۳۴/۰۸	۴۸/۴	باران سنجی	ورآینه
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۸۴۴	۳۴/۹۹	۴۸/۳۳	باران سنجی	آق کهریز
۲۰۰۷-۲۰۱۶	۱۵۵۴	۳۴/۸۶	۴۸/۹۹	باران سنجی	قهاوند
۲۰۰۰-۲۰۱۰	-۲۰/۹	۳۶/۳۹	۵۱/۳	سینوپتیک	نوشهر
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱۵۴۹/۱	۳۵/۴۸	۵۱/۲۹	باران سنجی	شمال تهران
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱۷۹۶	۳۷/۳۸	۴۸/۳۱	باران سنجی	خلخال
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱۱۱۰	۳۷/۲۷	۴۷/۴۲	بارن سنجی	میانه
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۵۲۲/۸	۳۶/۱۵	۴۶/۱۶	بارن سنجی	سفر
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۲۸۶/۸	۳۵/۳۱	۴۶/۱۲	بارن سنجی	مریوان
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۹۰۶	۳۵/۱	۴۷/۴۸	بارن سنجی	قروه
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۸۸۳/۴	۳۵/۵۳	۴۷/۳۷	بارن سنجی	بیجار
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۳۷۳/۴	۳۵/۲	۴۷	بارن سنجی	سنندج
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۳۵۱/۸	۳۶/۴۵	۴۵/۴۳	بارن سنجی	مهاباد
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۵۵۶/۸	۳۶/۹	۴۵/۲۹	بارن سنجی	سردشت
۲۰۰۲-۲۰۱۰	۱۲۸۲	۳۶/۴۴	۴۷/۴۱	سینوپتیک	ماه‌نشان
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱۶۶۳	۳۶/۳۹	۴۸/۳۱	سینوپتیک	زنجان
۲۰۰۰-۲۰۱۰	۱۸۸۷	۳۶/۰۸	۴۸/۳۵	سینوپتیک	خداینده
۲۰۰۳-۲۰۱۰	۱۲۹۲/۹	۳۵/۴۸	۵۰/۵۷	سینوپتیک	کرج



۲-۱-GPCC

در راستای نیازمندی به داده‌های بلندمدت بارش جهان GPCC زیر نظر برنامه پژوهش اقلیم جهان (WCRP) راه‌اندازی شده است. یکی از وظایف GPCC واکاوی بارندگی ماهانه جهان بر روی خشکی‌ها به کمک داده‌های باران‌سنجی ایستگاه‌های زمینی است. هدف اصلی GPCC برآوردن نیاز کاربران به داده‌های بهنگام و دقیق از بارش بر روی خشکی‌های جهان است. داده‌های تولید شده در GPCC بر اساس اندازه‌گیری‌های ایستگاهی جهان و با تفکیک‌های گوناگون 0.5×0.5 ، 1×1 و 2.5×2.5 درجه قوسی در دسترس است (۱). در این مقاله به دلیل ارزیابی داده‌های ایستگاهی با داده‌های یزرگ مقیاس از آخرین اطلاعات این مرکز، اطلاعات بازکاوی شده نسخه ۲۰۱۸V با تفکیک مکانی 2.5×2.5 درجه استفاده شد. اطلاعات بارش این مجموعه برای سال‌های ۱۸۹۱ تا ۲۰۱۶ موجود است. در این مقاله از اطلاعات این پایگاه مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شد.

۲-۲- روش پژوهش

این پژوهش با هدف ارزیابی امکان استفاده از نتایج مدل GPCC انجام شد و به ارزیابی داده‌های بارش مدل GPCC با داده‌های ایستگاهی در پنج استان البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان پرداخته شد. فرمت داده‌های GPCC به صورت NetCDF است که توسط نرم افزار MATLAB قابل مدیریت هستند. پس از فراخوانی در نرم‌افزار MATLAB منطقه مورد مطالعه و بازه زمانی مورد نظر از تصویر اصلی جدا و ذخیره شد. برای ارزیابی آماری این دیتاست‌ها با داده‌های ایستگاهی میانگین وزنی ایستگاه‌ها در هر پیکسل به روش چندضلعی تیسن محاسبه شد. با استفاده از نرم‌افزار ArcMap10.2 چندضلعی تیسن رسم و مساحت آنها محاسبه شد.

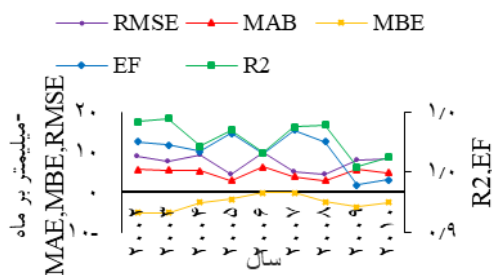
برای ارزیابی دقت برآورد بارش در محل هر یک از ایستگاه‌های مورد بررسی از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین خطا یا اریبی (MBE) و ضریب کارایی مدل (EF) استفاده شده است. ارزیابی آماری در نرم‌افزار اکسل انجام شد.

۳- نتایج و بحث

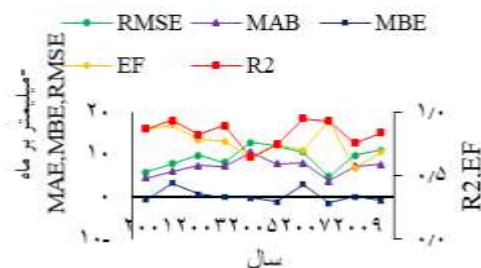
در پایگاه GPCC پیکسل ۱ با مرکز مختصات $36/25N-46/25E$ درجه ایستگاه‌های مهاباد، سقز، قروه، بیجار، مریوان، سنندج، سردشت، میانه و ماه‌نشان قرار گرفتند. در پایگاه GPCC پیکسل ۲ با مرکز مختصات $36/25N-48/75E$ درجه ایستگاه‌های رشت، خلخال، زنجان، خدابنده، کوهین، پل‌اروان، ارتش‌آباد و خمیگان قرار گرفتند. در پایگاه GPCC پیکسل ۳ با مرکز مختصات $36/25N-51/25E$ درجه ایستگاه‌های شمال تهران، نوشهر، سیاه‌بیشه، کرج، باغ‌کلاویه، رجایی‌دشت و قزوین قرار گرفتند. در پایگاه GPCC، پیکسل ۴ با مرکز مختصات $33/75N-48/75E$ درجه ایستگاه‌های ورآینه، ملایر، وسج، تویسرکان، سداکباتان، همدان (فرودگاه)، قهاوند و آق‌کهریز قرار گرفتند. میانگین وزنی بارش (میلیمتر بر ماه) این ایستگاه‌ها محاسبه شد و ارزیابی آماری انجام شد. در شکل‌های زیر ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل‌های ۱ تا ۴ آورده شده است.

¹ The World Climate Research Program

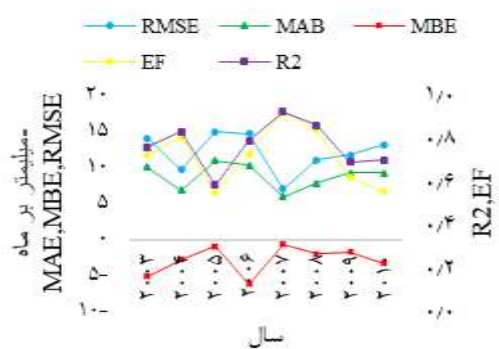
² Network Common Data Form



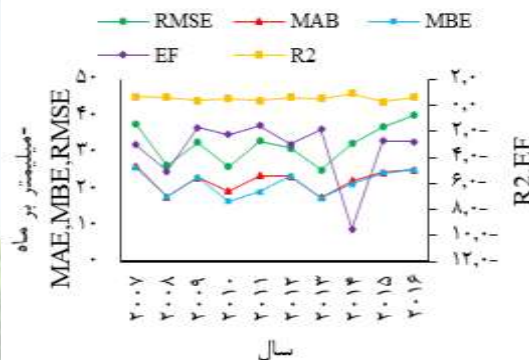
شکل ۲- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲



شکل ۱- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱



شکل ۴- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴



شکل ۳- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳

نتایج نشان داد که مقادیر ضریب تبیین بیانگر دقت مناسب داده‌های GPCC می‌باشد. زیرا مقدار آن در بیشتر سال‌های مورد بررسی بیش از ۰/۶ به دست آمد که این نشان دهنده دقت قابل قبول داده‌های GPCC در برآورد بارش در منطقه مورد مطالعه است. بیشترین ضریب تبیین برابر ۰/۹۹ مشاهده شد. مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۰ در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های بارش این ایستگاه‌ها با داده‌های GPCC توصیف می‌شود. مقدار ضریب کارایی مدل (EF) در پیکسل ۱ و ۲ برای داده‌های GPCC نتایج بهتری نسبت به سایر پیکسل‌ها داشت که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های GPCC با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها است. به رغم توان زیاد GPCC در پیش‌بینی قابل قبول بارش در برخی از پیکسل‌ها، مقدار بسیار کم EF در برخی از سال‌ها در برخی پیکسل‌ها (مانند پیکسل ۴) نشان از ناتوانی مدل در پیش‌بینی بارش در این پیکسل‌ها دارد. در مقابل در پیکسل ۱ در سال خشکسالی (۲۰۰۸) و پیکسل ۳ در تمام سال‌های مورد ارزیابی مقدار بارش کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است. در مقابل GPCC در پیکسل‌های ۱ و ۳ در تمام سال‌های مورد ارزیابی کم برآورد داشته است.

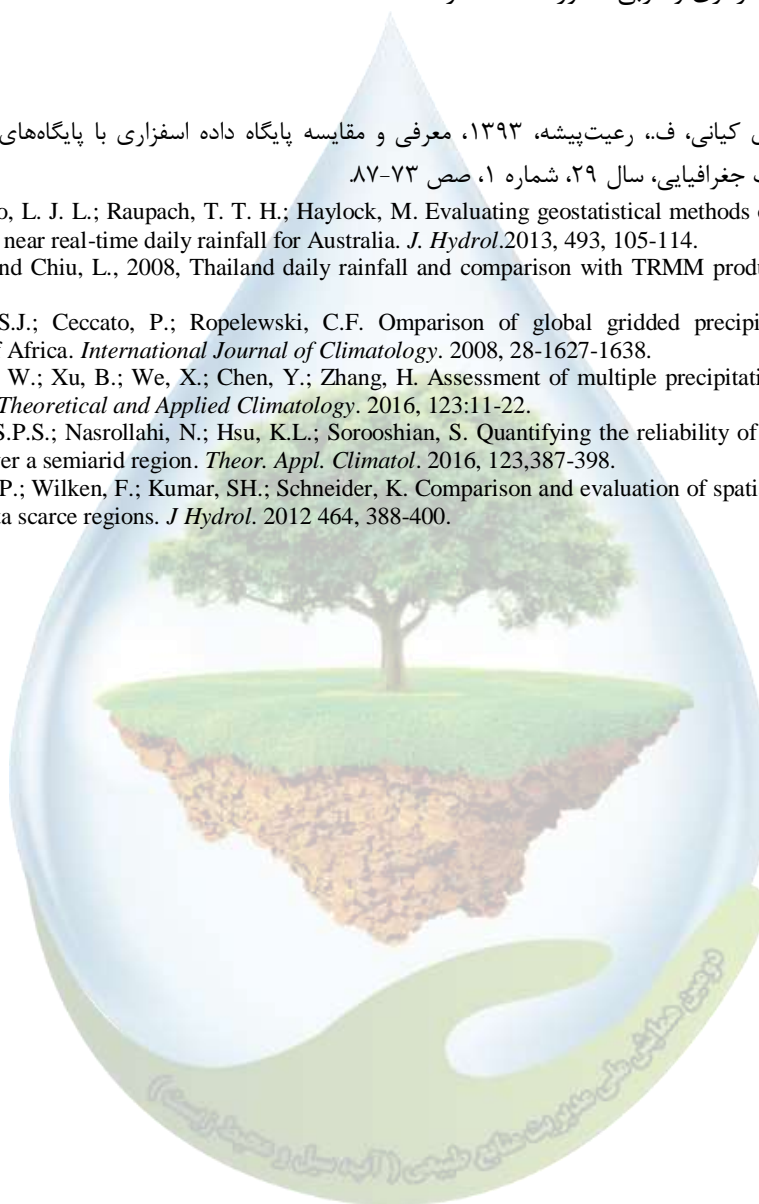
به مقایسه داده‌های بارش ماهواره‌ای و ایستگاه‌های زمینی در تایلدن دوره آماری ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷ پرداختند. آنها با مقایسه داده‌های بارش روزانه حاصل از ۱۰۰ باران‌سنج با داده‌های GPCC نشان دادند که مقدار ارزیابی GPCC در مقایسه با داده‌های زمینی بسیار اندک است (۳). بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر پژوهشگران همخوانی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

در خصوص GPCC در صورت چشم‌پوشی از مواردی که در آن پیش‌بینی درستی از بارش برخی ایستگاه‌ها به دست نیامد که آن هم به دلیل توپوگرافی پیچیده در برخی مناطق، پراکندگی نامناسب ایستگاه‌ها در پیکسل و تراکم کم شبکه ایستگاهی در ارزیابی برخی پیکسل‌ها باشد، به‌طور کلی این‌گونه نتیجه گرفته شد که برآورد خوبی از بارش در منطقه مورد مطالعه می‌کنند. با توجه به پیش‌بینی تقریباً خوب بارش GPCC در بیشتر پیکسل‌ها و نیز با توجه به روزآمد بودن این داده‌ها و پوشش مکانی و زمانی بسیار خوب آنها می‌توان از آنها در حکم یک منبع اطلاعاتی آرمانی برای تحقیقات گوناگون اقلیمی و آب‌شناسی در پنج استان در مناطق مرکزی و غربی کشور استفاده کرد.

۵- منابع

- مسعودیان، ا.، م. کیخسروی کیانی، ف.، رعیت‌پیشه، ۱۳۹۳، معرفی و مقایسه پایگاه داده اسفزاری با پایگاه‌های داده GPCC، GPCP و CMAP، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره ۱، صص ۷۳-۸۷.
- Chappell, A.; Renzullo, L. J. L.; Raupach, T. T. H.; Haylock, M. Evaluating geostatistical methods of blending satellite and gauge data to estimate near real-time daily rainfall for Australia. *J. Hydrol.* 2013, 493, 105-114.
- Chokngamwong, R. and Chiu, L., 2008, Thailand daily rainfall and comparison with TRMM products, *J. H. Geomorphol.* 9(2), 256-266.
- Dinku, T.; Connor, S.J.; Ceccato, P.; Ropelewski, C.F. Omparison of global gridded precipitation products over a mountainous region of Africa. *International Journal of Climatology.* 2008, 28-1627-1638.
- Fu, Y.; Xia, J.; Yang, W.; Xu, B.; We, X.; Chen, Y.; Zhang, H. Assessment of multiple precipitation products over major river basins of China. *Theoretical and Applied Climatology.* 2016, 123:11-22.
- Katiraie-Boroujerdy, S.P.S.; Nasrollahi, N.; Hsu, K.L.; Sorooshian, S. Quantifying the reliability of four global datasets for drought monitoring over a semiarid region. *Theor. Appl. Climatol.* 2016, 123,387-398.
- Wagner, P. D.; Finer, P.; Wilken, F.; Kumar, S.H.; Schneider, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. *J Hydrol.* 2012 464, 388-400.



(زیست‌سنجی روغن معدنی روی پوره سن سوم و حشره بالغ شپشک آردآلود مرکبات)

محمدیان، ع.م.^۱، دماوندیان، م.ر.^۲^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساریAlimohammadM63@gmail.com * و ^۱

چکیده

شپشک آردآلود مرکبات (*Planococcus citri*) از آفات مهم مرکبات است که از مهمترین گونه‌های فعال شپشک آردآلود، بر روی درختان مرکبات در شمال ایران می‌باشد. در این تحقیق اثر غلظت‌های ۱۰۰۰، ۱۳۰۰، ۱۶۰۰، ۱۹۰۰ و پی‌پی‌ام روغن معدنی روی افراد بالغ و ۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰، ۱۴۰۰ و ۲۰۰۰، پیام روی پوره سن سوم در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. از برج پاشش^۱ (و ظروف پتريدیش به منظور زیست‌سنجی‌های آزمایشگاهی استفاده شد و میزان مرگ و میر ۱۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار ثبت شد. براساس نتایج به دست آمده، تمامی غلظت‌های به کار برده شده روغن معدنی سبب تلفات معنی‌دار در پوره سن سوم و افراد بالغ این آفت شدند. نتایج زیست‌سنجی آزمایشگاهی نشان داد، در افراد بالغ حساسیت کمتری نسبت به پوره سن سوم مشاهده شد. در بالاترین غلظت به کار برده شده، ۲۰۰۰ ppm در پوره سن سوم و ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام در افراد بالغ (با گذشت ۷۲ ساعت از زمان تیمار به ترتیب مرگ و میر ۹۳/۲ و ۹۶/۲ درصدی مشاهده گردیده شد. میزان LC50 روغن معدنی برای پوره های سن سوم و افراد بالغ باگذشت ۷۲ ساعت از زمان کاربرد تیمار ۷۴۳/۷۹ و ۱۲۸۷ پی‌پی‌ام برآورد گردید. نتایج این تحقیق نشان داد روغن معدنی قابلیت کشندگی مناسبی برای تمامی سنین پورگی و افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات داشته و با توجه به خطرات زیستی ناشی از کاربرد سموم شیمیایی گوناگون، می‌تواند به عنوان جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی در برنامه مدیریت تلفیقی این شپشک آردآلود مرکبات مطرح باشد.

واژگان کلیدی: شپشک آردآلود مرکبات، *Planococcus citri*، روغن معدنی، زیست‌سنجی

۱- مقدمه

از میان آفات مرکبات، شپشک‌های گیاهی به‌ویژه در نوار ساحلی شمال و مناطق گرم جنوب ایران، به علت شرایط مساعد رطوبت و دما جهت رشد و تکثیر آن‌ها، اهمیت فراوانی دارند که از این تعداد ۱۷۴ گونه از منطقه پالئارتیک (گریکا و همکاران، ۲۰۱۷)، در ایران حدود ۲۴ گونه شپشک گیاهی متعلق به چهار خانواده روی مرکبات فعال می‌باشند. آن‌ها تقریباً تمام قسمت‌های گیاهان میزبان را مورد حمله قرار می‌دهند. شپشک‌ها به خوبی توسط باد، آب، خاک، انسان، حیوانات اهلی و وحشی پراکنده می‌شوند و تجارت جهانی نیز یک عامل مهم در انتشار جهانی آنان است. شپشک آردآلود مرکبات (*Planococcus citri*) یکی از آفات مهم مرکبات و مهم‌ترین گونه فعال شپشک آردآلود بر روی درختان مرکبات در شمال ایران می‌باشد (عباس‌پور و تقوی، ۲۰۰۷). دامنه پراکنش این آفت در شمال ایران به ویژه در مازندران از شهرستان گلوگاه تا کتالم در شهرستان رامسر روی انواع مرکبات می‌باشد (عبداللهی آهی، ۱۳۸۹). پوره‌های جوان

¹ Potter tower

این آفت پس از خروج از تخم در پشت برگ‌ها و سرشاخه‌های جوان مستقر می‌شوند، ولی پوره‌های نسل بعد با ظهور میوه خود را به آن‌ها می‌رسانند و از شیرها تغذیه می‌کنند (ارکیلیچ و دمیرباش، ۲۰۰۷). شپشک آردآلود دارای بدن بیضی شکل، با ۱۸ جفت رشته‌های کوتاه و ضخیم در اطراف بدن، جفت انتهایی مختصری بلندتر از بقیه، بدن پوشیده از پودر بومی سفید رنگ، دارای یک برآمدگی طولی مومی در ناحیه میانی پوشتی بدن، سطح پشتی بدن با ترشحات کمی تیره، رنگ بدن متغیر از زرد روشن تا قهوه‌ای، پاها قرمز، فاقد کیسه تخم می‌باشد. پوره‌های جوان این آفت پس از خروج از تخم در پشت برگ‌ها و سرشاخه‌های جوان مستقر میشوند و اما پوره‌های نسل بعد با ظهور میوه خود را به آنها رسانده و از شیرها تغذیه میکنند (ارکیلیچ و دمیرباش، ۲۰۰۷). این حشره یکی از آفات مهم گیاهان زینتی مانند گل میخک، شمعدانی، شمشاد نعنایی و درخت انجیر و گل معین‌التجاری در گلخانه میباشد (زاهدی، ۱۹۹۲). با توجه به اینکه گلخانه مکان مناسبی برای رشد و نمو آفات می‌باشد. همچنان توانایی تولید مثل بالا و طول دوره رشد کوتاه در این آفت سبب شده است تا کشاورزان از حشره‌کش برای کنترل آن استفاده نمایند. استفاده مکرر از آفتکش‌ها برای کنترل این آفت و آفات دیگر در گلخانه، منجر به ایجاد مقاومت به آفتکش می‌گردد. برای کنترل آفت با سموم ثبت شده مبارزه انجام شد. افزایش مقاومت به آفتکش‌ها یک معضل بسیار بحرانی و مهم در سطح جهانی (روش و تاباشینیک، ۱۹۹۰) و یکی از بخشهای بسیار حساس در مدیریت مبارزه با آفات بوجود آمدن پدیده مقاومت نسبت به حشره‌کش‌ها و چگونگی بررسی آنهاست. شپشک آردآلود مرکبات آفتی همه جای است و تقریباً در اکثر مناطق مرکبات خیز جهان گسترش دارد. شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* پلی فاژ و از روی ۱۹۱ جنس و ۸۳ خانواده گیاهی گزارش شده است و مرکبات از میزبان‌ها ترجیحی آن است (گریکا و همکاران، ۲۰۱۶). کشورهای چون ایالات متحد آمریکا (به ویژه کالیفرنیا و فلوریدا) برزیل، کلمبیا، مکزیک، هندوستان، پاکستان، بنگلادش، الجزایر، مصر، فرانسه، یونان، مجارستان، عراق از جمله مناطقی هستند که شپشک آردآلود به عنوان آفت مهم مرکبات مطرح میباشد. (وایر بن دان، ۱۹۹۴). شپشک آرد آلود مرکبات یکی از مهم‌ترین آفات گیاهی است که نه تنها به بسیاری از گیاهان زراعی، درختان در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر خسارت وارد می‌آورد. بلکه خسارت آن در مناطق معتدل به گیاهان زینتی در گلخانه نیز مطرح است (بوندنهایمر، ۱۹۳۰) و (کاستلانو، ۱۹۸۵) سم پاشی مکرر بدون در نظر گرفتن فعالیت پارازیت‌ها، پرادتورها و آلودگی محیط زیست شمال کشور بدلیل استفاده بی‌رویه از سموم (دماوندیان، ۱۳۸۲). برای سلامتی مردم نگران کننده می‌باشد. لذا اجرای طرح‌های که در جهت کاهش مصرف سموم می‌باشند بسیار ضروری به نظر می‌رسد. و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دیوید سن و همکاران (دیوید سن و همکاران، ۱۹۹۱) روغن معدنی را علیه بسیاری از آفات گیاهان مختلف قرار داده که در بین آنها آفات کلیدی مرکبات که شامل انواع کنه و شپشک می‌شد به خوبی توسط روغن معدنی قابل کنترل بود.

دماوندیان (۱۳۸۲) زیست‌سنجی آزمایشگاهی روغن معدنی و محاسبه LC_{50} و LC_{90} را برای پوره سن دوم شپشک مومی فلوریدا *Ceroplastes floridensis* (Homoptera : Coccidae) مورد ارزیابی قرار داد نتایج نشان داد که روغن معدنی در غلظتهای مختلف تأثیرگذار بوده است. بررسی‌های پهلوان (۱۳۹۴) بر روی شپشک بالغ مومی فلوریدا نشان داد که تمامی غلظت‌های به کار برده شده روغن معدنی باعث ایجاد تلفات در پوره‌ها و ماده‌های بالغ می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

روغن معدنی مورد استفاده، روغن ولک (شرکت آریا شیمی) دارای ۸۰ درصد روغن معدنی درجه سولفوناسیون ۹۲ درصد و مواد همراه ۲۰ درصد بود. برای تهیه تیمارهای روغن از سمپلر (sampler) یا میکروپیت و استوانه مدرج استفاده شد. حجم ۱۰۰ سی سی برای هر تیمار درون بشر آزمایشگاهی تهیه شد.

۲-۱- آزمایشات زیست‌سنجی

۲-۲-۱- آزمایشات مقدماتی زیست‌سنجی و تعیین محدود غلظت‌ها

به منظور به دست آوردن غلظت‌های مؤثر روغن معدنی روی پوره‌های سن سوم و ماده‌های بالغ شپشک آردآلود مرکبات، آزمایشات مقدماتی با استفاده از روغن پاشی روی کدو انجام گرفت و با تعیین غلظت‌های حداقل و حداکثر، برای پیش‌بینی ۵ غلظت موردنیاز از معادله خط رگرسیون $(Y=a+bx)$ امپریکال پروپیت $Y = x$ و غلظت استفاده شد. که پس از تجزیه و تحلیل میزان LC_{50} و LC_{90} محاسبه گردید.

۲-۲-۲-۲-زیست‌سنجی آزمایشگاهی :

براساس نتایج این آزمایشات مقدماتی، پنج غلظت برای هرکدام از مراحل رشدی در نظر گرفته شد. غلظت‌های مورد استفاده برای پوره‌های سن سوم (۰/۵-۴/۷-۱-۲/۰-۱ درصد) وحشرات بالغ (۱-۶/۳-۹/۱-۵/۱-۲ درصد) بود. غلظت‌های فوق در بشرهای به حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شدند. از آب مقطر به عنوان حلال استفاده شد. تعدادی پوره هم سن (۲۰ تا) با بینوکلر از روی کدو جداسازی شدند و در داخل پتری دیش‌هایی که کف آنها با پنبه مرطوب کاملاً پوشیده شده قرار گرفتند. ظروف به برج پاشش منتقل شده و در ادامه ۲۰۰۰ میکرو لیتر از محلول سمی با فشار پاشش ۲/۵ بار/اینچ در درون پتری پاشیده شد. برای ظروف شاهد از آب مقطر استفاده شد. سپس ظروف پتری به ژرمیناتور با دمای $C \pm 25 \pm 4$ درجه سانتیگراد منتقل شدند. در ادامه تعداد حشرات مرده و زنده درون پتری‌دیش برای پوره سن سوم و حشرات بالغ با گذشت ۲۴-۴۸-۷۲ ساعت از زمان تیمار شمرده و ثبت شدند. تغییر رنگ، کم شدن آب بدن به عنوان شاخص مرگ و میر در نظر گرفته شد.

۲-۲-۲-۲-تجزیه تحلیل داده‌ها :

مرگ و میر طبیعی ابتدا از روی شاهد محاسبه و سپس با فرمول ابوت $(100 * \frac{Ca-Ta}{Ca}) = \text{درصد مرگ و میر}$ (آبوت ۱۹۲۵) سایر تیمارها تصحیح شد. تجزیه پروپیت داده‌های ثبت شده در آزمایش‌های زیست‌سنجی به کمک نرم افزار آماری P/PROBAN مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند

۲- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج زیست‌سنجی روی پوره سن سوم

نتایج حاصل از بررسی غلظت‌های (۵۰۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰، ۱۴۰۰، ۲۰۰۰) روغن معدنی روی پوره‌های سن سوم شپشک آردآلود مرکبات در جدول (۱) ارائه گردیده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، با افزایش میزان غلظت (پی پی ام) کاربردی و همچنین زمان، میزان تلفات ثبت شده نیز افزایش پیدا نمود کمترین میزان تلفات برای شپشک آردآلود مرکبات در تیمارها برای غلظت ۵۰۰ پی پی ام با مقدار ۱۳/۱۰، ۱۹/۳، ۲۰/۳ درصد به ترتیب برای ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار به دست آمد و این در حالی می‌باشد که با افزایش غلظت، شاهد تفاوت معنی‌داری در میان تمامی تیمارها می‌باشیم. در شمارش پوره‌های تیمار شده با غلظت‌های ۱۴۰۰ و ۲۰۰۰ پی پی ام در تمامی سه مرحله مورد بازرسی (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت)، تلفات بالای ۶۰ مشاهده شد. در میان تیمارها، غلظت‌های ۱۰۰۰، ۱۴۰۰ و ۲۰۰۰ پی پی ام در زمان‌های ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار، تلفات بالای ۵۰ درصد را داشتند. بین تیمارهای مربوط به هر بازه‌ی زمانی، غلظت‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری را از لحاظ آماری را به خود اختصاص دادند. بیشترین میزان تلفات در بازه‌های زمانی مختلف به ترتیب برای ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت برای غلظت ۲۰۰۰ پی پی ام و به ترتیب ۸۲/۵، ۹۰/۱ و ۹۳/۲ درصد به ثبت رسید.

جدول ۱- میانگین درصد مرگ و میر (±خطای استاندارد) پوره سن سوم شپشک آردآلود مرکبات تیمار شده با غلظت های مختلف روغن

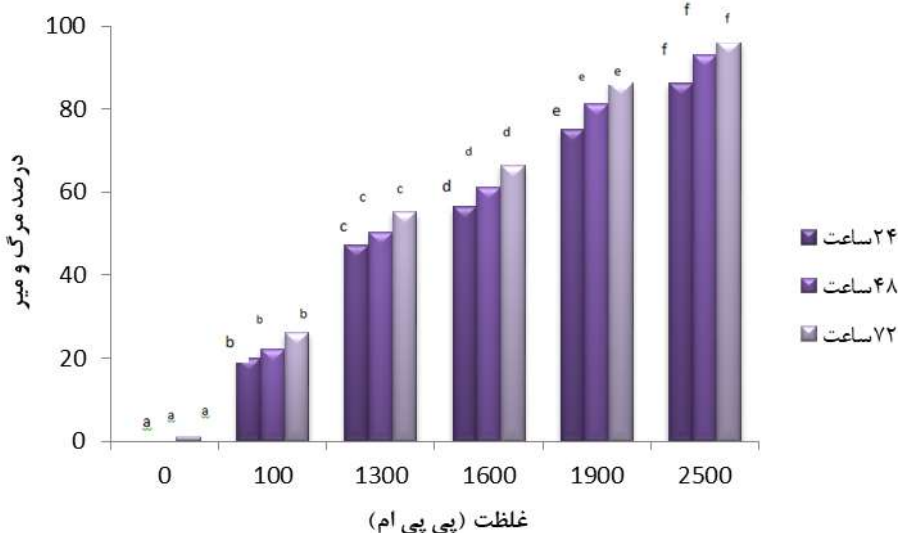
معدنی			غلظت (پی پی ام)
درصد مرگ و میر در تیمارهای مختلف (ساعت)			
۷۲	۴۸	۲۴	
۴/۰±۱/۳ ^a	۲/۰±۵/۱ ^a	۰۰±۰/۰ ^a	۰
۲۰/۱±۳/۲ ^b	۱۹/۲±۳۳/۲ ^b	۱۳/۱±۱/۵ ^b	۵۰۰
۴۹/۲±۷/۳ ^c	۴۲/۱±۳/۵ ^c	۳۴/۱±۵/۷ ^c	۷۰۰
۵۹/۲±۶/۳ ^d	۵۶/۳±۲/۴ ^d	۴۶/۲±۵/۹ ^d	۱۰۰۰
۸۳/۳±۵/۶ ^e	۸۰/۳±۲/۳ ^e	۷۱/۱±۳/۲ ^e	۱۴۰۰
۹۳/۳±۲/۳ ^f	۹۰/۲±۱/۳ ^f	۸۲/۲±۵/۵ ^f	۲۰۰۰

(حروف غیر مشابه اختلاف معنی دار آماری را نشان می دهند)

۲-۳- نتایج زیست سنجی افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات

نتایج حاصل از بررسی غلظت های (۱۰۰۰، ۱۳۰۰، ۱۶۰۰، ۱۹۰۰، ۲۵۰۰ پی پی ام) روغن معدنی روی افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات در نمودار ۱- ارائه گردیده شده است. براساس نتایج به دست آمده، با افزایش میزان غلظت (پی پی ام) کاربردی و همچنین زمان تیمار، میزان تلفات ثبت شده نیز افزایش پیدا نمود. کمترین میزان تلفات برای افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات در تیمارها برای غلظت ۱۰۰۰ پی پی ام با مقدار ۱، ۲۰، ۳، ۲۲ و ۲۶،۲ درصد به ترتیب برای ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از تیمار به دست آمد. این در حالی می باشد که با افزایش غلظت، تفاوت معنی داری در میان تمامی تیمارها مشاهده شد. در شمارش پوره های تیمار شده با غلظت های ۱۶۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۵۰۰ پی پی ام در تمامی سه مرحله مورد بازرسی (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) تلفات بالای ۵۰ درصد اندازه گیری شد. در میان تیمارهای مربوط بازه های زمانی مختلف، غلظت های مختلف تفاوت معنی داری را از لحاظ آماری به خود اختصاص دادند. بیشترین میزان تلفات در بازه های زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت مربوط به غلظت ۲۵۰۰ پی پی ام (بالاترین غلظت) به ترتیب ۳، ۱، ۹۳، ۱ و ۲، ۹۶ درصد به ثبت رسید

نتایج تیمارهای ترکیب غلظت و زمان روی افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات در نمودار (۱) نشان داده شده است. مرگ و میر ایجاد شده در ۷۲ ساعت بعد از تیمار، به طور معنی داری بالاتر از زمان ۲۴ ساعت بود. مرگ و میر ایجاد شده در غلظت های بالای روغن در تمامی زمان های پس از تیمار (۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت) با یکدیگر اختلاف معنی دار آماری داشت (df=29, p=0/0030)



نمودار ۱- مقایسه میانگین درصد مرگ و میر افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات تیمار شده با غلظتهای مختلف روغن معدنی در ساعات مختلف پس از تیمار

۳-۳- غلظت کشنده LC₅₀ و LC₉₀ درصد

نتایج مربوط به تجزیه پروبیت داده‌های زیست سنجی روغن معدنی روی پوره سن سوم و افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات یا گذشت ۲۴ ساعت پس از تیمار در جدول (۲) ارائه شده است. میزان LC₅₀ روغن معدنی در این زمان به ترتیب ۱۰۰۲، ۹۳۰، ۱۴۴۰ پی پی ام برآورد شد. بر این اساس پوره سن دوم و افراد بالغ به ترتیب کمترین و بیشترین حساسیت را به این ترکیب داشتند (جدول ۲)

جدول ۲- نتایج تجزیه پروبیت داده‌های زیست سنجی روغن معدنی روی پوره سن سوم و افراد بالغ شپشک آردآلود مرکبات ۷۲ ساعت بعد از تیمار

p-value	LC ۹۰ (PPM)	LC ۵۰ (PPM) محدوده اطمینان	شیب خط (SE±)	X ²	درجه آزادی	تعداد	مرحله رشدی
۰/۷۴	۲۴۳۹ (۳۰۱۰-۲۰۸۴)	۱۰۰۲ (۱۰۹۰-۹۲۱)	۳/۰±۶۳/۲۴	۱۴/۸	۴	۶۰۰	پوره سن سوم
۰/۶۸	۲۶۷۲ (۳۱۰۰-۲۴۰۷)	۱۴۴۰ (۱۳۲۵-۱۵۲۵)	۲/۰±۸۸/۳۴	۶/۵۴	۴	۶۰۰	افراد بالغ

بر اساس مطالعات صورت گرفته مشخص شد که نحوه‌ی تأثیر روغن معدنی به دلیل خفگی حشرات تیمار شده با روغن دارای پیچیدگی بیشتری نسبت به دیگر روش‌های کنترلی می‌باشد. توصیف مکانیسم نحوه‌ی اثر روغن معدنی که پیش از این توسط سمید و پیرس (۱۹۴۸)، استادلر و همکاران (۲۰۰۲) استارلر و باتلر (۲۰۰۹) مورد بررسی قرار گرفت نشان دهنده محل تأثیر متفاوت روغن‌های معدنی روی حشرات از جمله جلد بدن، سیستم عصبی، سیستم تنفسی و رفتار حشرات بود. برخلاف سایر حشره‌کش‌های سنتتیک، روغن‌ها چندین محل تأثیر دارند و اثرات آنها روی لایه مومی کوتیکول، نرم شدن کوتیکول، بلوکه کردن تراشه‌ها و مسدود کردن گیرنده‌ها و همچنین بازدارندگی تغذیه و سمیت عصبی، از اثرات همزمان روغن‌ها پس از تماس با بدن حشره هستند. در مجموع این پدیده‌ها نقش مهم و برجسته‌ای در اثرات کشندگی روغن‌ها دارند. از این رو تمامی این عوامل بسته به گونه و شرایط زیست محیطی (شمال ایران)، خطرات ناشی از کاربرد سموم شیمیایی و خطر

بروز پدیده مقاومت به آفت کشها در اثر استفاده بی رویه سموم امری کاملاً تأثیرگذار و کلیدی بوده و باتوجه به کم خطر بودن روغن معدنی برای انسان، عدم بروز مقاومت آفات، اقتصادی بودن، ایجاد کمترین اثر سوء روی دشمنان طبیعی آفات و جلوگیری از طغیان سایر آفات، پدیده‌ای بسیار مهم و ارزشمند در کنترل شپشک آردآلود مرکبات در قالب برنامه مدیریت تلفیقی (IPM) مبارزه با آفات می‌باشد و گامی مهم در جهت توسعه پایداری کشاورزی و محیط زیست سالم می‌باشد.

۴- منابع و مراجع

۲۳. گریک، د. ۱۳۸۲. مقدماتی بر جغرافیای کشاورزی، ترجمه علیرضا کوچکی و همکاران، مشهد، دانشگاه فردوسی
۲۴. عبداللهی آهی، غ. ۱۳۸۹. دموگرافی و واکنش تابعی کفشدوزک *montrouzieri Cryptolaemus Mulsant* با تغذیه از شپشکهای آردآلود مرکبات، *Risso citri Planococcus* و چای، *Pseudococcus Signoret viburni* در شرایط آزمایشگاهی. پایان نامه کارشناسی ارشد حشرشناسی کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۳۴ص..
۲۵. [دماوندیان.ر. ۱۳۸۲. زیست سنجی آزمایشگاهی روغن معدنی و محاسبه LC_{50} و LC_{90} برای پوره های سن دوم شپشک مومی فلوریدا *Coccidae: Homoptera (floridensis Ceroplastes)* پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی (۳) خزر ۶۳-۶۹.
26. [3] Ben-Dov, Y. 1994. A systematic Catalogue of the Mealybugs of the World (Insects: Homo.: Coccidae: Pseudococcidae and Putoidae) With Data Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Department of Entomology, Agricultural Research Organization, the Volcani Center, Bet Dagan, Israel. pp: 360.
27. [4] Davidson N, Dibble J, Flint M, Marer P and Guye A, 1991. Managing Insects and Mites with spray oils. Division of Agricultural and Natural Resources, University of California
28. [5] Zahedi, K. (1992). Cumber crops and ornamental plants pests and control in Iran. Iran University Press. 143pp
29. [6] Roush, R.T., and Tabashink , B, E. 1990. Pesticide resistance in Arthropods .chapman & Hall, Inc., NEW York . pp: 303
30. [7] Enayati, A. A., Ranson, H. & Hemingway, J. (2005) Insect glutathione transferases and insecticide resistance. *Insect Molecular Biology*,14, 3-8.
31. [8] Von Ark, H. 1983,Introduction to probit with (LSTATS)P/PROBAN. Science Bulletin Department of Agriculture , Republic of south Africa ,No ,399.
- 32.
33. [9]García, M. M., Denno B.D., Miller, D.R., Miller, G.L., Ben-Dov, Y. and Hardy, N.B. (2016). ScaleNet: A literature-based model of scale

مطالعه بهره‌وری آب محصولات صیفی جات با انتخاب مناسب‌ترین الگوی کشت (مطالعه موردی: دشت سمنان)

محمد قدس پور^{۱*}، طیبه خلیلی^۲، مهدی سرائی تبریزی^۳، علی صارمی^۴

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، ^۳ استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، ^۴ استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده آزاد اسلامی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

*^۱m.ghods64@gmail.com

چکیده

میزان منابع آب قابل‌استحصال کشور، در سال‌های اخیر، روندی رو به کاهش داشته است که این به دلیل کاهش بارندگی‌ها و افزایش برداشت از منابع آبی می‌باشد. افزایش روزافزون جمعیت و نیاز بشر به مواد غذایی و محدودیت منابع آب و خاک به منظور تولید مواد غذایی موجب اهمیت فزاینده کشاورزی شده است. لذا با اجتناب از کشت محصولات با مصرف آب بالا و در نتیجه لزوم انتخاب الگوی کشت مناسب ضروری است. با تدوین و تکمیل پرسشنامه از زارعین دشت سمنان، بهره‌وری فیزیکی محصولات صیفی جات خربزه، هندوانه، بادمجان، خیار و گوجه از طریق شاخص WP_{I+P} به ترتیب ۱،۳۴، ۱،۵۵، ۱،۱۱، ۱،۸۷ و ۱،۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری اقتصادی از طریق شاخص WP_E محصولات به ترتیب ۲،۴۵۸، ۲،۱۳۹، ۲،۴۸۰، ۱۰۷۱۹ و ۱۲۳۲۱ ریال بر مترمکعب تعیین گردید، نتایج نشان داد که بالاترین WP_E و WP_{I+P} در بین محصولات صیفی جات در دشت سمنان محصول گوجه فرنگی می‌باشد.

واژگان کلیدی: بهره‌وری ریالی آب، مدیریت منابع آب، مصرف بهینه آب، الگوی کشت

۱- مقدمه

خشکسالی، کم بارشی و محدودیت منابع آبی در دشت سمنان به علت موقعیت جغرافیایی ایران یک واقعیت اقلیمی و ذاتی است، تلفات تبخیر مستقیم بارش و مصارف غیرمفید آب در اراضی کشاورزی نیز مشهود هست، در چنین شرایطی تأمین آب بخش کشاورزی که بخشی از مصرف آب کشور را به خود اختصاص می‌دهد، با مشکلات زیادی روبرو است (۶). با توجه به شرایط اقلیمی دشت سمنان، کم بارشی، واقعیتی گریز ناپذیر است که می‌بایست با استفاده از راهکارهای مؤثر و عملی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب با اجرای سامانه‌های نوین آبیاری و لزوم اصلاح و بهینه‌سازی الگوی کشت، توجه به کشت محصولات با مصرف اندک آب، جلوگیری از تلفات آب و بالابردن راندمان انتقال و توزیع آب ضروری خواهد بود، که در این وضعیت خاص کم‌آبی، مطالعه و ارائه طرح‌های استراتژیک در جهت استفاده بهینه از پتانسیل و منابع موجود، در ایجاد کشاورزی پایدار حایز اهمیت می‌باشد. بطوری‌که به اعتقاد برخی از کارشناسان تداوم وضع موجود با کاهش بارندگی به همراه افزایش مصرف و مدیریت نامناسب، بحران آب را دامن زده (۲). در کشوری که دارای موقعیت جغرافیایی خشک با توزیع نامناسب بارندگی و تبخیری بیش از سه برابر متوسط جهانی است تدبیر (۸). در چگونگی ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی را با اهمیت تر نموده و آنرا در جایگاه خاصی قرار می‌دهد (۵). هم چنین با توجه به اینکه ارتقاء بهره‌وری آب در سیاست‌های کلی بخش‌های آب، کشاورزی، اصلاح الگوی مصرف و محیط زیست مورد توجه و تأکید قرار داشته و در

سند چشم انداز ۱۴۰۴ نیز هدف تامین امنیت غذایی کشور پیش‌بینی شده است (۱). در بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌وری آب در بخش کشاورزی گزارش کرده اند که از عوامل مهم تأثیرگذار در این زمینه؛ نوع محصول، نحوه مصرف آب، تکنولوژی آبیاری و واریته گیاه می باشد (۴). بهبود شیوه‌های مدیریتی آب و خاک در سال‌های اخیر سبب افزایش مقادیر شاخص بهره‌وری آب شده است و کاربرد روش‌های جدید آبیاری از جمله آبیاری بارانی و قطره‌ای، با توجه به بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه، شاخص بهره‌وری آب را به‌طور معمول افزایش داده است (۷) نتایج مدل بهینه‌سازی الگوی کشت در پروژه آبیاری در کشور چین نشان داد که مدل بهینه‌سازی تأثیر زیادی در صرفه‌جویی مصرف آب و بالا بردن راندمان تولید و آبیاری و سهولت در مدیریت آبیاری دارد (۱۰). دو مفهوم بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب، در مطالعات کاربرد بیش‌تری داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این مطالعه سعی شده است بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب کشاورزی در منطقه دشت سمنان در جهت انتخاب الگوی کشت محصولات صیفی بررسی گردد. مهم‌ترین عامل مؤثر اقتصادی در آبیاری تکمیلی، استحصال و مصرف آب است (۳).

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه جهت برآورد بهره‌وری فیزیکی و بهره‌وری اقتصادی آب محصولات زراعی از دستورالعمل تعیین بهره‌وری آب در مزارع سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی استفاده گردید که جهت تعیین بهره‌وری فیزیکی آب از شاخص $WPI+P$ از رابطه ۱ استفاده گردید که این شاخص با سه عامل، عملکرد، مقدار آب آبیاری و مقدار بارش مؤثر در طی فصل زراعی محاسبه می‌گردد. WP شاخص بهره‌وری آب بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، Y عملکرد تولید بر حسب کیلوگرم در هکتار، P و I به ترتیب مقدار آبیاری و مقدار بارندگی مؤثر در طول فصل زراعی بر حسب مترمکعب در هکتار است.

$$WP_{I+P} = \frac{Y}{I + P} \quad (1)$$

مفهوم بهره‌وری اقتصادی WPE آب به‌صورت ساده این است که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند چقدر درآمد کسب می‌کند. به عبارت دیگر تنها مقدار تولید نباید معیار ارزش آب مصرفی قرار گیرد، بلکه باید به ارزش گیاه علاوه بر مقدار فیزیکی آن نیز توجه کرد. با مصرف مقدار مشخصی از آب، تولید زعفران (ارزش خیلی زیاد) به‌طور یقین بسیار کمتر از تولید سیب‌زمینی خواهد بود، یعنی بهره‌وری فیزیکی آب در زعفران به‌طور طبیعی کمتر از سیب‌زمینی است ولی نباید این عدد معیار تصمیم‌گیری شود چون ارزش زعفران بسیار بالاتر از سیب‌زمینی است. در نتیجه بعد از محاسبه بهره‌وری فیزیکی آب، بهره‌وری اقتصادی آب نیز برآورد می‌گردد. در صورت کسر بالا به جای تولید، مقدار ریالی خالص دریافتی (تفاوت ناشی از درآمد محصول و هزینه‌ها) جایگزین می‌گردد.

$$WPE = \frac{LN}{I + P} \quad (2)$$

در رابطه ۲، WPE و LN به ترتیب بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب) و درآمد خالص (ریال) که از تفاوت هزینه‌های انجام شده در طی فصل و درآمد ناشی از تولید به‌دست می‌آید.

اطلاعات مورد نیاز این پژوهش از پرسش‌نامه دستورالعمل بهره‌وری آب سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جستجوی منابع الکترونیکی و نظرات کارشناسان و افراد متعلق به جامعه آماری مورد نظر گردآوری شده است. برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به زمین‌های تحت کشت، سطح عملکرد، قیمت خرید نهاده‌ها و فروش محصولات و برخی اطلاعات مربوط به هزینه‌های آماده‌سازی زمین، داشت، کاشت و برداشت محصولات از روش پرسشنامه استفاده شده است.

۳- نتایج و بحث

جهت تعیین بهره‌وری فیزیکی آب پنج محصول صیفی جات در دشت سمنان در سال زراعی ۹۷-۹۶، از طریق نرم افزار OPTIWT که با انتخاب استان سمنان- دشت سمنان حجم آب مصرفی هر محصول تعیین گردید. با توجه به این که در این مطالعه جهت تعیین بهره‌وری آب، آب آبیاری همراه با بارش باران مد نظر قرار گرفت و همه مقدار آب باران برای گیاه مؤثر نیست و با توجه به شرایط دشت، بخشی از آن مؤثر واقع می شود، که در دشت سمنان، ۷۵ درصد کل بارش را مؤثر در نظر گرفتیم. با تقسیم میزان تولید و عملکرد محصول بر میزان آب مصرفی، شاخص بهره‌وری فیزیکی آب WP_{HP} محصولات صیفی جات خربزه، هندوانه، بادمجان، خیار و گوجه به ترتیب ۱،۳۴، ۱،۵۵، ۱،۱۱، ۱،۸۷ و ۱،۹۰ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد که در نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- کل آب مصرفی، عملکرد محصول، بهره‌وری فیزیکی در محصولات صیفی جات دشت سمنان

بهره‌وری فیزیکی آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرد دانه کل سطح کشت (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه در یک هکتار (کیلوگرم در هکتار)	کل آب مصرفی کل سطح کشت (مترمکعب در هکتار)	کل آب مصرفی در یک هکتار (مترمکعب در هکتار)	سطح کشت (هکتار)	محصول صیفی جات
1.34	8854650	19677	6606000	14680	۴۵۰	خربزه
1.11	2225410	20231	2002000	18200	۱۱۰	بادمجان
1.55	1263600	21060	813600	13560	۶۰	هندوانه
1.90	2974735	31313	1561800	16440	۹۵	گوجه فرنگی
1.87	1400000	21875	747520	11680	۶۴	خیار

شاخص بهره‌وری اقتصادی محصولات صیفی جات دشت سمنان از طریق تکمیل پرسشنامه از زارعین تعیین گردید که هزینه کل (شامل آماده‌سازی زمین، تهیه بذر، کاشت، آبیاری، کوددهی، مبارزه با علف‌های هرز و برداشت)، بر حسب ریال در هکتار محاسبه گردید، با توجه به عملکرد محصولات بر حسب کیلوگرم در هکتار که در جدول ۱ آورده شده است و با احتساب قیمت محصول در طول فصل زراعی ۹۷-۹۶ از کشاورز، هزینه ناخالص محصولات فوق بر حسب ریال در هکتار به دست آمد، با کسر درآمد ناخالص از هزینه کل، درآمد خالص بر واحد ریال در هکتار و در نهایت از تقسیم درآمد خالص بر آب کاربردی، شاخص بهره‌وری اقتصادی WP_E محصولات صیفی جات دشت سمنان به ترتیب ۲،۴۵۸، ۲،۱۳۹، ۲،۴۸۰، ۱۰،۷۱۹ و ۱۲،۳۲۱ ریال بر مترمکعب به دست آمد، که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- هزینه کل، درآمد ناخالص، درآمد خالص و بهره‌وری اقتصادی در محصولات صیفی جات دشت سمنان

بهره‌وری اقتصادی آب (تومان در هر مترمکعب)	درآمد خالص (تومان)	درآمد ناخالص (تومان)	هزینه کل (آماده‌سازی زمین، کاشت، داشت، برداشت) در کل سطح کشت (تومان)	گیاه زراعی
2458	16234875000	22136625000	5901750000	خربزه
2480	4964630000	6676230000	1711600000	بادمجان
2139	1740300000	2527200000	786900000	هندوانه
12321	19243295000	20823145000	1579850000	گوجه فرنگی

نتایج در این مطالعه نشان می دهد محصول گوجه فرنگی با WPE ۱۲۳۲۱ تومان بر مترمکعب بالاترین بهره وری اقتصادی و در شاخص بهره وری فیزیکی آب $WPI+P$ مقدار ۱,۹۰ مترمکعب درهکتار را در بین محصولات صیفی جات دشت سمنان را نشان می دهد. در بین صیفی جات، گوجه فرنگی سودآورترین محصول می باشد (۹). لذا لازم به ذکر است مقدار آب کاربردی محصول گوجه فرنگی بالا بوده و می بایست کشاورزان و مسئولان گامی بلند در راستای افزایش بهره وری بهینه آب با توسعه کشت گلخانه ای و انتقال برخی محصولات از جمله سبزی و صیفی از فضای آزاد به فضای گلخانه ای و کشت نشائی و همچنین اجرای سیستم آبیاری نواری بردارند.

۴- منابع و مراجع

- ۱- ادریس مرسلی، نادر حیدری، عباس زارع و حمیدرضا حاتمی نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۱ / شماره ۲ / ۱۳.
- ۲- ببران، ص، هنریخش، ن، (تابستان ۱۳۸۷)، (بحران وضعیت آب در جهان و ایران، فصلنامه راهبرد، سال شانزدهم، شماره ۴۸.
- ۳- توکلی ع (۱۳۹۰) ارزیابی شاخص بهره وری اقتصادی مدیریت تک آبیاری برای دو رقم گندم دیم (مطالعه موردی: مراغه). مدیریت آب و آبیاری. ۱(۲): ۱۷-۲۹.
- ۴- حقیقی، ب، برومند، س، ناصری، ع، ۱۳۹۴، تأثیر مدیرتهای مختلف کم آبیاری در روش آبیاری جویچه‌های و قطره‌های نواری بر عملکرد سیب زمینی و بهره وری آب، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۲.
- ۵- زمانی، ا، مرتضوی، ا، بلالی، ح، ۱۳۹۳، بررسی بهره وری آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۸، شماره ۱.
- ۶- کریمی م، صدیقی س. و نصر اصفهانی ا (۱۳۸۱) کارآیی مصرف آب در محصولات زراعی کشور. فصلنامه خشکی و خشکسالی. ۴: ۵۲-۵۶.
- ۷- ناصری ا، عباسی ف. و اکبری م (۱۳۹۶) برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیلان آب. تحقیقات مهندسی ساز ه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۸(۶۸): ۱۷-۳۲.
- 8-Alaei .M.T. Goals, Plans & Programs. Collaborative Partnership Forum for Agricultural Development between Korea and Islamic Republic of Iran 1- 14 NOV 2016, Korea.
- 9-Canakci, M. and I. Akinci. 2006. Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy 31: 1243- 1256.
- 10-Zhiliang W and Zhenmin Z (2004) Optimization of water allocation in canal systems of Chengai irrigation area. Nature and Science. 2(1): 89-94.

Study of water productivity of vegetable crops by selecting the most suitable Pattern of cultivation (Study: Semnan Plain)

Mohammad GhodsPour^{1,*}, Tayebeh Khalili², Mahdi Sarai Tabrizi³, Ali Saremi⁴

1- Graduated student, water Engineering Department, Islamic Azad University, Tehran science and research branch, Tehran, Iran. m.ghods64@gmail.com

2- Graduated student, water Engineering Department, Islamic Azad University, Tehran science and research branch, Tehran, Iran. tayebeh.kalili1990@gmail.com.

3- Assistant Professor of Water Engineering Department, Islamic Azad University, Tehran science and research branch, Tehran, Iran. mahdisarai@yahoo.com

4-Assistant Professor of Water Engineering Department, Islamic Azad University, Tehran science and research branch, Tehran, Iran. saremi.ptmco@gmail.com

۱ و * : m.ghods64@gmail.com

Abstract

The amount of available water resources in the country has been declining in recent years, This is due to reduced rainfall and increased water harvesting. Increasing population and human need for food, and limited water and soil resources for food production It has increased the importance of agriculture. Therefore, it is necessary to prevent crops with high water consumption and therefore the necessity of choosing the right cropping pattern. By compiling and completing a questionnaire of Semnan plain farmers, physical productivity of melon, watermelon, eggplant, cucumber and tomato products through index WP_{I+P} 1.34, 1.55, 1.11, 1.87 and 1.90 kg / m³, respectively, And economic productivity through the index WP_E The products were determined ۲۴۵۸, ۲۱۳۹, ۲۴۸۰, ۱۰۷۱۹ and ۱۲۳۲۱ Rials / m^۳, respectively. The results showed that tomato had the highest $WPI + P$ and WPE among the vegetables in Semnan plain.

Keywords: Rial Water Productivity, Water Resources Management, Optimal Water Consumption, Cropping Pattern

اثرات تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذور گونه *Alhagi camelorum*غلامرضا ممشلی^{۱*}، مجید محمداسماعیلی^۲، ابوالفضل طهماسبی^۳، خلیل آق^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مرتع‌داری دانشگاه گنبد کاووس، ^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، ^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، ^۴ کارشناس ارشد منابع طبیعی
*ghr.mamashli@gmail.com

چکیده:

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی جوانه‌زنی بذر گیاه خارشتر *Alhagi camelorum* آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. برای اعمال تنش خشکی هفت سطح پتانسیل اسمزی از پلی‌اتیلن گلیکول (تیمار شاهد، ۲ بار، ۴ بار، ۸ بار، ۱۲ بار، ۱۶ بار و ۲۰ بار) در ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی صفات جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و زمان متوسط جوانه‌زنی) کاهش می‌یابد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بذور گونه خارشتر تا تیمار ۲۰ بار خشکی جوانه‌زنی داشته ولی از تیمار ۱۲ بار به بعد روند کاهشی زیادی را نشان می‌دهد بطوری که میزان جوانه‌زنی از ۹۲ درصد در تیمار ۱۲ بار به ۱۱ درصد در تیمار ۲۰ بار کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: جوانه‌زنی بذر، پلی‌اتیلن گلیکول، تنش خشکی، پتانسیل اسمزی، *Alhagi camelorum*

۱- مقدمه

خشکی مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان به ویژه در مناطق گرم و خشک می باشد که ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی زیرکشت جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (Bray, 1997) جوانه‌زنی بذر شامل انتقال مواد ذخیره‌ای به محور جنین و شروع فعالیت‌های متابولیک و رشد آن است. این مرحله از زندگی گیاهان زراعی نقش تعیین‌کننده‌ای در استقرار مناسب گیاه و عملکرد نهایی آن دارد (المنصوری و همکاران، ۲۰۰۱). خارشتر گیاهی از خانواده باقلائیان است که بوته‌های آن نیمه درختچه‌ای و نیمه‌چوبی است که تا ارتفاع ۵۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد. ساقه‌های آن سبزرنگ با خارهای تیز نوک‌زرد است مصطفوی و گل زردی (۱۳۸۸) با بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه علف هرز پیچک بیان داشتند بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر کلیه مولفه‌های ارزیابی شده جوانه‌زنی تفاوت بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. زیره دار و همکاران (۱۳۸۸)، با بررسی تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی آویشن اظهار داشتند که تنش شوری و خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقچه، ضریب آلومتری، وزن ریشه-چه و ساقچه (صفات جوانه‌زنی) گردید غلامی و همکاران (۱۳۸۸)، با بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی ماشک گرمسیری در شرایط تنش شوری و خشکی دریافتند که تیمارهای شوری و خشکی بر صفات جوانه‌زنی بذر اثر معنی‌دار دارد. بررسی گونه‌های مختلف مرتعی و علوفه‌ای تحت تنش‌های مختلف محیطی، به‌ویژه خشکی، شناخت پتانسیل سازگاری گونه‌ها می‌تواند گامی در جهت رفع کمبود علوفه باشد. هدف از این تحقیق، مطالعه سازگاری گونه مرتعی خارشتر در مقابل تنش خشکی و تعیین حد آستانه تحمل آن به خشکی در جوانه‌زنی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف خشکی بر جوانه‌زنی بذر خارشتر آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. برای اعمال تنش خشکی به ترتیب هفت سطح پتانسیل اسمزی از پلی اتیلن گلیکول (تیمار شاهد، ۲ بار، ۴ بار، ۸ بار، ۱۲ بار، ۱۶ بار و ۲۰ بار) در ۳ تکرار انجام شد. بذور قبل از انجام آزمایش در محلول اسید سولفوریک ۹۸ درصد به مدت ۳۰ دقیقه به جهت شکستن خواب بذر گذاشته شدند. تعداد ۵۰ عدد بذر از هر گونه به‌طور جداگانه در داخل پتری دیش‌ها قرار داده شد و سپس به هر پتری دیش ۳ میلی لیتر از محلول‌های تهیه شده خشکی اضافه گردید. تنش خشکی بوسیله نمک پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در سطوح فوق الذکر بنا بر روش میشل و کافمن ایجاد شد. پتری دیش‌ها در اتاقک رشد با تناوب نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی و دمای ۲۵ درجه روز و ۱۵ درجه شب و رطوبت نسبی ۷۰ درصد قرار داده شد. شمارش بذور جوانه تا زمان ثابت شدن تعداد بذور جوانه زده انجام شد. معیار جوانه‌زنی یک بذر رشد ریشه‌چه به میزان ۲ میلی متر فرض شد. بعد از اتمام دوره جوانه‌زنی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و زمان متوسط جوانه‌زنی اندازه‌گیری شدند. تجزیه‌های آماری به وسیله نرم افزار SAS انجام شدند و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از روش LSD استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

بالاترین درصد جوانه‌زنی با میانگین ۱۰۰ درصد از تیمار شاهد حاصل شد و کمترین درصد جوانه‌زنی از تیمار ۲۰ بار خشکی با میانگین ۱۱ درصد در گونه خارشتر حاصل شد. بالاترین میزان سرعت جوانه‌زنی با میانگین ۴۲٫۵ در تیمارهای ۲ و ۴ بار مشاهده شد که با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و کمترین میزان سرعت جوانه‌زنی از تیمار ۲۰ بار خشکی به دست آمد. بالاترین میزان زمان متوسط جوانه‌زنی در سطح ۲۰ بار تنش خشکی با رقم ۳٫۸ روز تعیین گردید (جدول ۱). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه آماری داده‌ها، مشخص شد که با افزایش تنش خشکی کلیه صفات جوانه‌زنی کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های فالور و همکاران (۱۹۹۸) بر روی گیاهان زراعی، تیموری (۲۰۰۱) بر روی اثرات سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی بذر در سه گونه سالسولا پرداختند، اجمل خان و همکاران (۲۰۰۵) بر روی جوانه‌زنی بذر گیاهان شورپسند و انواری و همکاران (۲۰۰۹) بر روی تأثیر تنش شوری بر هفت گونه مرتعی در مرحله جوانه‌زنی مطابقت دارد. این مطالعه نشان داد که گونه خارشتر بسیار به خشکی مقاوم بوده و می‌توان این گونه را جهت اصلاح و توسعه مراتع و حفاظت خاک در مراتع فقیر پیشنهاد داد.

جدول (۱) مقایسه میانگین صفات مورد اندازه‌گیری در گونه خارشتر تحت تنش خشکی

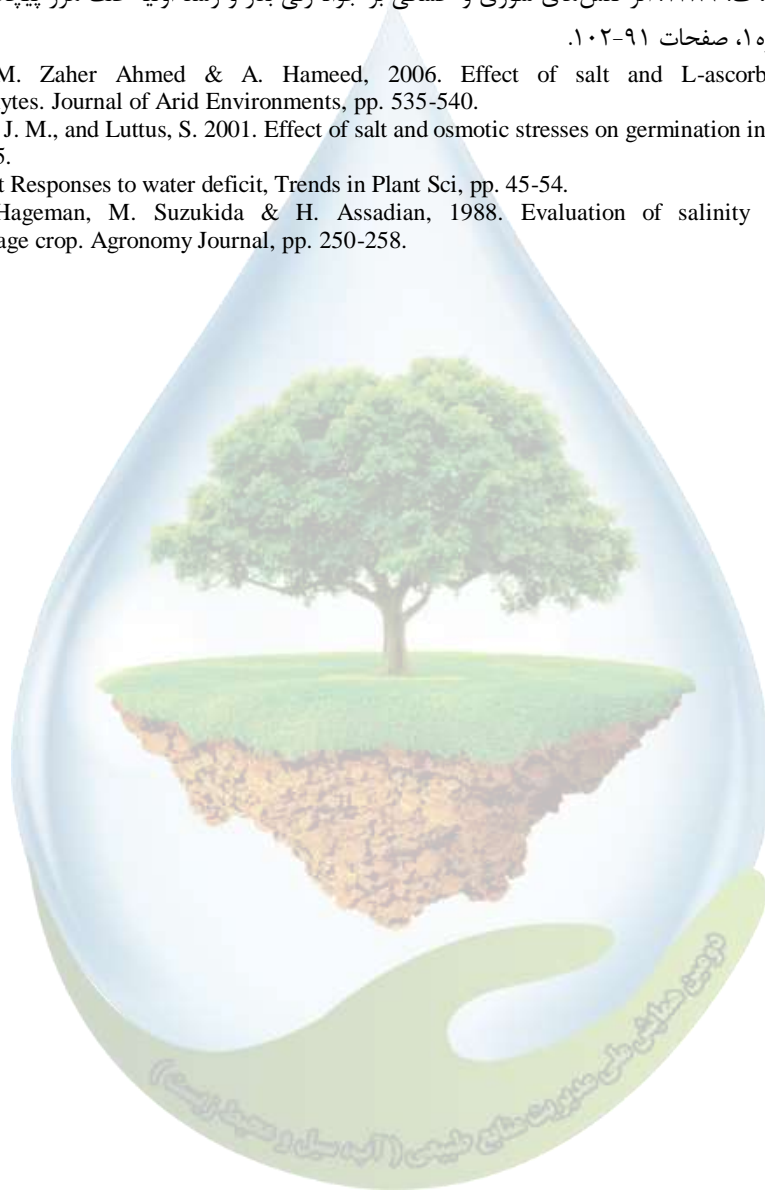
سطوح خشکی (بار)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)	زمان متوسط جوانه‌زنی (روز)
شاهد	۱۰۰ a	۳۷٫۹۴ b	۱٫۶ d
۲	۹۶ b	۴۲٫۵۵ a	۱٫۳ f
۴	۹۸ b	۴۲٫۵ a	۱٫۳ f
۸	۸۹ d	۳۴٫۷۸ c	۱٫۵ e
۱۲	۹۲ c	۲۰٫۲۴ d	۲٫۴۵ c
۱۶	۴۶ e	۱٫۹۱ e	۲٫۹ b
۲۰	۱۰ f	۱٫۵۴ f	۳٫۸ a

* مقایسه میانگین‌ها با روش LSD و در سطح اطمینان ۰/۰۵ انجام شد.

۴- منابع و مراجع

- انواری، م.، مهدی‌خانی، ح.، شهریاری، ا.، و نوری، غ. ۲۰۰۹. اثر تنش شوری بر ۷ گونه مرتعی در مرحله جوانه‌زنی. مجله تحقیقات مرتع و بیابان. جلد ۱۶، شماره ۲، صفحات ۲۶۲-۲۷.
- تیموری، آ.، مقدم، م.، حیدری شریف‌آبادی، ح.، جعفری، م.، و آذرنیوند، ح. تأثیر سطوح شوری بر جوانه‌زنی سه گونه سالسولا. مجله منابع طبیعی. جلد ۵۲، شماره ۳، صفحات ۷۰۱-۷۱۱.

۳. زیره‌دار، م.، شاهین، م.، و توحیدی، م. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی آویشن. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال اول، جلد ۴، صفحات ۶۱-۷۰.
۴. غلامی، پ.، قربانی، ج.، قادری، ش.، سالاریان، ف.، و کریم زاده، آ. ۱۳۸۸. ارزیابی شاخص‌های جوانه‌زنی ماشک گرمسیری در شرایط تنش شوری و خشکی، مجله علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره اول، بهار ۱۳۸۹، صفحات ۱-۱۱.
۵. غنی، ع.، عزیزی، م.، و تهرانی‌فر، ع. ۱۳۸۸. عکس‌العمل گونه‌های مختلف جنس بومادران به تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول در مرحله جوانه‌زنی. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲، شماره ۲۵، صفحات ۲۶۱-۲۷۱.
۶. مصطفوی، خ.، و گل زردی، ف. ۱۳۸۹. اثر تنش‌های شوری و خشکی بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه علف هرز پیچک. فصل‌نامه بوم‌شناختی علف‌های هرز. جلد ۲، شماره ۱، صفحات ۹۱-۱۰۲.
7. Ajmal Khan, M., M. Zaher Ahmed & A. Hameed, 2006. Effect of salt and L-ascorbic acid on the seed germination of halophytes. Journal of Arid Environments, pp. 535-540.
8. Almansuri, M., Kient, J. M., and Luttus, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat. Plant and soil, pp. 243 – 255.
9. Bray, A.E, 1997, Plant Responses to water deficit, Trends in Plant Sci, pp. 45-54.
10. Fowler, J.L., J.H. Hageman, M. Suzukida & H. Assadian, 1988. Evaluation of salinity tolerance of Russian-thistle, a potential forage crop. Agronomy Journal, pp. 250-258.



بررسی خصوصیات اکوفیزیولوژیک گونه‌های هالوفیت گز (*Tamarix*) در اراضی بیابانی و شور ایران (مطالعه موردی فلات ایران)

مجید قنبری^{۱*}، کامران منصور قناعی پاشاکی^۲

^۱ دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ دانشجوی دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گیلان و کارشناس امور زراعی جهاد کشاورزی استان گیلان
^{۱*} majid.ghanbari@modares.ac.ir

چکیده

خصوصیات اقلیمی حاکم بر مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، شرایط حساس و شکننده‌ای را در این مناطق ایجاد کرده است. در این مناطق فرسایش خاک و کویری شدن از جمله فرآیندهایی است که منابع آب و خاک را به صورت مستقیم و غیرمستقیم به شدت تهدید می‌کند. هرچند این دو پدیده طبیعی است و جلوگیری از آن‌ها امکان‌پذیر نیست ولی کاهش سرعت و شدت غیرطبیعی آن‌ها، ضروری است. احیای پوشش گیاهی در اراضی تخریب یافته می‌تواند تأثیر شگرفی بر کاهش فرسایش و تخریب اراضی داشته باشد. گز یکی از گیاهان غالب در اجتماعات گیاهان هالوفیت است و اجتماعات هالوفیت در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان به عنوان یک نوع پوشش گیاهی بسیار مهم هستند. هالوفیت‌ها گیاهانی هستند که چرخه زندگی آن‌ها کاملاً وابسته به رویشگاه‌های شور است، جایی که غلظت نمک محلول در خاک در حدود ۵ گرم بر لیتر در کل مواد حل‌نشده جامد باشد. پوشش گیاهی هالوفیت از گونه‌های مختلف گز، دومین پوشش گیاهی فراوان خاک‌های شور، به خصوص بسترهای رودخانه‌های شور، خاک‌های ماسه‌ای شور و دهانه مرکزی است. این اجتماعات گیاهی هنوز در میان واحدهای پوشش گیاهی کشور، ناشناخته‌ترین پوشش‌های گیاهی هستند. این ناشناخته ماندن به طور عمده به دلیل نبود اطلاعات در مورد گیاهان هالوفیت است. بررسی خصوصیات و شناخت اکوبیولوژیک این جنس کمک بسیاری به شناخت اجتماعات هالوفیت در کشور ایران می‌کند و این مطالعه کتابخانه‌ای با هدف جمع‌آوری اطلاعات در مورد جنس گز برای کمک به شناخت جوامع هالوفیت و احیای پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است.

واژگان کلیدی: تنش شوری، تاکسونومی، بیولوژی، فیزیولوژی.

۱- مقدمه

گونه‌های *T. passerinoides* و *T. tetragyna*، *T. leptopetala*، *T. arceuthoides* عموماً در بستر رودخانه‌های دائمی کارون، دز، کرخه، مارون و رامشیر در خوزستان به فراوانی پراکنده‌اند. گونه *Tamarix aphylla* گونه‌ای همیشه سبز است که در خوزستان در مناطق اطراف اهواز، سوسنگرد، حمیدیه، رامهرمز، بهبهان، امیدیه و آغاچاری به فراوانی کاشته می‌شود (۲). این جنس در ایران دارای چندین گونه اندمیک یا نزدیک به اندمیک مانند *T. hispida* و *T. passerinoides* است. در جنوب غرب ایران در حاشیه خلیج فارس سه گونه *T. arceuthoides*، *T. tetragyna* و *T. leptopetala* به صورت جوامعی از گز به صورت مجزا و یا به همراه هم مشاهده می‌شود. در شمال غربی ایران در دریاچه ارومیه *T. meyeri* و *T. octandra* به صورت جوامعی از گز

۱ و * - نویسنده مسئول: دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲ - دانشجوی دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گیلان و کارشناس امور زراعی جهاد کشاورزی استان گیلان

به صورت مجزا و یا به همراه هم مشاهده می شود. همچنین جامعه *Tamaricetum hispidae* در نزدیک اردستان (کناره وادی ها با پوست های از نمک در بستر وادی ها) به همراه گونه های *Spergula. sp* و *Aeluropus lagopoides* و جامعه *Tamaricetum pycnocapae* (حاشیه دریای نمک نزدیک قم در بستر وادی های گسترده-سطح بستر عموماً با پوسته ای از نمک پوشیده شده) همراه با گونه های *Prosopis farcta*، *T. hispida* و *Halocharis sulphurea* و جامعه *Tamarix-Lycium* (ترانسکت هایی از کرمانشاه تا مشهد) (۱) نمونه های دیگری از جوامع گیاهی زمین های شور است. این مطالعه کتابخانه ای با هدف ارائه اطلاعات در مورد جنس گز برای کمک به شناخت جوامع هالوفیت و احیای پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران است.

۲- مواد و روش ها

به منظور بررسی خصوصیات فیزیولوژیکی، بیولوژیکی و اکولوژیکی گونه های خزان کننده و همیشه سبز گز (*Tamarix*) در اراضی بیابانی و شور ایران، پروژه ای به صورت مطالعه کتابخانه ای و میدانی در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. در این پروژه، پس از بازدید از اراضی شور ایران و جمع آوری اطلاعات میدانی و شناسایی و نمونه برداری از ارقام گز موجود در اراضی شور کشور در استان های خوزستان، هرمزگان، آذربایجان شرقی و قم، گزارشی به تفصیل تدوین گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بیولوژی گونه های گز خزان کننده

۳-۱-۱- رشد و استراتژی تولید مثل

گز درختچه یا درختی طویل العمر است، گیاه وابسته به آب اختیاری است که به وسیله بذرها و تکثیر رویشی از باقیمانده تنه شکسته درختان تولید مثل می کند، که تولیدمثل رویشی به ویژه زمانی موفقیت آمیز است که شاخه ها به وسیله سیلاب شکسته و به پایین دست رودخانه منتقل می شوند (۵). گز در طول فصل رویش جوانه زنی می کند (۳) جوانه ها به آهستگی رشد می کنند، در ۲-۴ هفته اول رشد آنها به خاکهای اشباع از آب نیاز دارند و بدون خاک مرطوب آنها بیشتر از ۱ روز زنده نمی مانند (۶). جوانه های گز دوره نهفتگی گیاه را در اول بهار (فوریه - مارس) می شکنند، (۳) گلدهی به طور کلی در سال سوم رویش یا پس از آن اتفاق می افتد، اما اغلب می تواند در سال اول استقرار انجام شود. به طور کلی گلدهی از مارچ تا سپتامبر انجام می شود. (۶) گز در اثر شرایط محیطی مطلوب می تواند به طور مستمر گل بدهد و در بعضی مواقع گلدهی در سراسر فصل رویش از اول بهار تا انتهای پاییز رایج است. گز به گرده افشانی حشرات برای مستقر شدن بذر نیاز دارد (۴). کپسول های میوه از ماه آوریل تا اکتبر رسیده و دو نیم شده و باز می شوند (۶). در گونه های خزان کننده، برگ های گز در اکتبر می ریزند، به جز جایی که گیاهان ممکن است همیشه سبز بمانند (۳). گز گونه ای با دیر زیستی بالا است و بین ۵۰ تا ۱۰۰ سال عمر می کند (۵).

۳-۱-۲- تولید بذر

یکی از مکانیسم های انتشار گز به وسیله بذر آنهاست. گز مقدار زیادی بذرها را خیلی کوچک تولید می کند (۴) و به طور بالقوه ۱-۰/۵ میلیون بذر در یک گیاه بالغ در فصل رویش تولید کرده و در طول فصل رویش برگ ریزان هستند (۳).

۳-۱-۳- تولید مثل رویشی

استراتژی تولیدمثل گز تکثیر رویشی (غیرجنسی) است. گز می تواند از طریق سطح تاج، تنه ها و ریشه ها جوانه زنی و تولیدمثل کند (۳). همچنین در گونه های گز، وقتی گیاهان به دنبال سیلاب با رسوبات یا ساقه های نیمه مدفون یا قطعات تکه شده ساقه گیاهان پوشیده شدند (۴)، معمولاً به وسیله خوابانیدن تولیدمثل کنند و گیاهان جدیدی را با تولید ریشه های جداگانه تولید می کنند (۳). تنه ها و ساقه های منفصل به آسانی در خاک های مرطوب ریشه زایی می کنند اما وقتی خاک ها

خشک هستند آن‌ها به سرعت قابلیت ریشه‌زایی خود را از دست می‌دهند. وقتی آتش‌سوزی اتفاق می‌افتد سبب می‌شود بخش بالای خاک از بین برود، بافت‌های تاج گز می‌توانند تعداد زیادی شاخه جدید تولید کنند (۳).

۱-۳-۴- پراکنش بذر

بذرهای گز با داشتن یک کلالة متراکم از موروی نوک آن‌ها برای کمک به انتشار بذر به وسیله باد و آب پراکنده می‌شوند. (۵) به علت قابلیت گلدهی طی دوره‌های طولانی از لحاظ زمانی و استقرار، بذرهای مناسب رشد گز، در مسیر باده‌ها و در اثر شناور بودن در مسیرهای آبی در فصل زمستان آماس کرده و منتشر می‌شوند (۹). محتمل است که فعالیت‌های انسانی به طور زیادی در انتشار گزها دخالت داشته باشد و این فعالیت‌ها به عنوان یک عامل ادامه دارد (۴).

۱-۳-۵- زنده‌مانی بذر

بذرهایی که در معرض هوای آزاد هستند قابلیت زنده‌مانی خود را تقریباً در طول ۴ هفته از دست می‌دهند، در حالی که در شرایط آزمایشگاهی به مدت ۴۰ هفته زنده می‌مانند (۶). (بذرهایی که در معرض نور مستقیم خورشید قرار دارند به مدت ۲۴ روز زنده می‌مانند در حالی که آن‌هایی که در شرایط ایده‌آل در طول ماه‌های تابستان در رویشگاه‌های مرطوب و سایه‌افکن قرار می‌گیرند به مدت ۴۵ روز زنده می‌مانند) بذرهایی که در طول ماه‌های زمستان تولید می‌شوند ممکن است مدت زمانی طولانی تری نسبت به آن‌هایی که در ماه‌های تابستان تولید می‌شوند زنده می‌مانند (۱۲).

۲-۳-۲- بیولوژی گونه همیشه سبز *Tamarix.aphylla*

۲-۳-۱- رشد و استراتژی تولید مثل

این گونه همیشه از ماه مارس تا آگوست گل می‌دهد و بذرهای آن‌ها در تابستان می‌رسند و بالغ می‌شوند (۸).

۲-۲-۳- تولید بذر

گز شاهی تعداد زیادی بذر تولید می‌کند که هنوز هم بیشتر آن‌ها عقیم و نابارور هستند (۸).

۳-۲-۳- تولید مثل رویشی

این گونه دائماً از طریق اندام‌های رویشی تولید مثل می‌کند. به این طریق که از نوک ریشه یا از طریق ریشه‌های نابجا غوطه‌ور در آب یا ساقه‌های مدفون یا شکسته شده جوانه‌زنی می‌کنند. *T.aphylla* همچنین می‌تواند از طریق شاخه‌های شکسته شده که به یک محیط مرطوب منتقل می‌شود کلونی ایجاد کند (۷).

۳-۳- اکولوژی گونه‌های خزان‌کننده گز

جنس *Tamarix* در چین تا مغولستان و کره و هند، در خاورمیانه تا شرق مدیترانه، در جنوب اروپا تا اسپانیا، از شرق تا جنوب آفریقا گسترش یافته است (۶). گز در شرق ایالت متحده معرفی و در قلمستان‌های ایالت متحده و باغ‌های گیاهشناسی Bertram در سال ۱۸۲۰ منتشر و فروخته شد (۱۰). سپس به طور وسیعی به عنوان گیاه زینتی، بادشکن و برای استقرار در ساحل رودخانه کاشته شدند، در غرب هم همچنین برای تثبیت جریان آب و بادشکن استفاده شدند (۵) کاتالوگ‌های بذر و قلمستان برای حراج در سال ۱۸۵۶ ارائه شد. بیشتر گونه‌ها در ایالات متحده فقط به صورت ضعیف بومی شده‌اند، شامل چندین گونه در جنوب شرقی است. یکی از این گونه‌ها *Tamarix ramosissima* بومی آسیای مرکزی (شرق ترکیه تا غرب چین) به شدت بعد از اواخر سال ۱۹۲۰ تا ۱۹۷۰ در منطقه بزرگی از پایین رودخانه و کنار دریاچه‌ها در غرب ایالات متحده آمریکا گسترش یافت. در کویرهای بیابانی عربستان سعودی برای محافظت در برابر هجوم ماسه از حصار *Tamarix* استفاده شد (۱۱).

۳-۴- توزیع اکولوژیکی (زیستگاه)

گز بومی حواشی رودخانه و مکان‌های شور و مرطوب نواحی مدیترانه‌ای و قسمت‌های خشک اروپاست (۹). گونه‌های گز در جایی قرار می‌گیرد که آب سطحی یا نیمه سطحی در بیشتر مواقع سال وجود داشته باشد. گونه‌های گز در سواحل مسیره‌های آبی، دریاچه‌ها و تالاب‌ها، کانال‌ها، نهرهای آب، چشمه‌های آب، مرداب‌ها و رویشگاه‌های تخریب شده و سوخته رشد می‌کند و در خاک‌های ماسه‌ای یا سواحل دارای سنگریزه، مسیره‌های آبی و روی دشت‌های سیلابی ماسه‌ای به‌ویژه جایی که ریشه‌های آن‌ها بتوانند به آب‌های زیرزمینی دسترسی پیدا کنند سازگار می‌شوند. از لحاظ آب‌وهوایی گونه‌های گز در نواحی خشک و نیمه خشک، نیمه گرمسیری تاعرض‌های جغرافیایی گرمسیری وجود دارند (۵).

۳-۵- نیازهای آب و هوایی، رویشگاه و محدودیت‌ها

درجه حرارت بهینه برای فتوسنتز گز بین ۷۳-۸۲ درجه فارنهایت (۲۸-۲۳ درجه سلسیوس) است و در درجه حرارت بین (۳۲-۳۸ درجه سلسیوس) فتوسنتز به میزان ۲۰ درصد زیر میزان ماکزیمم کاهش می‌یابد. گز می‌تواند با دریافت ۴۴ درصد انرژی خورشید به ماکزیمم میزان فتوسنتز برسد (۳). Brock در سال ۱۹۹۴ از فرض اینکه کاهش درجه حرارت به‌طور زیادی بر روی فراوانی گز و همچنین احتمالاً توزیع آن‌ها تأثیر می‌گذارد حمایت کرد. توده‌های متراکم در مناطقی که آب زیرزمینی بین عمق‌های ۱/۵ تا ۶ متر واقع شده باشد تشکیل می‌شود (۴). وقتی آب زیرزمینی در عمق بیشتر از ۶ متر باشد، گز به‌صورت درختچه‌زار با تاج پوشش باز تشکیل می‌شود. گز اولویت کمی برای شرایط قلیایی و $\text{PH}=7/5$ دارد و خاک اسیدی را ترجیح می‌دهد (۷). گز های بالغ خیلی حساس به سایه هستند و پایه‌هایی که در معرض سایه هستند، مورفولوژی برگ را تغییر داده و تولید مثل آن‌ها کاهش می‌یابد. بسیاری از گونه‌های گز قادر به مقاومت کردن در برابر گازهای تولیدشده صنعتی شامل SO_2 (دی اکسید گوگرد) هستند (۵). در اکوسیستم‌های حاشیه رودخانه با بارندگی متغیر فصلی، جریان‌های سطحی آب، سفره‌های آب زیرزمینی و منابع آبی گیاهان وابسته به آب مانند گز به سختی یافت می‌شود. تأثیر عمق آب زیرزمینی روی هدایت آبی ویژه مخصوص برگ و روابط آبی برگ در این گیاهان وابسته به آب شبیه ارتفاع در درختان مجزا و مستقل است. در دسترس بودن سفره آب دائمی در عمق حدود ۲۴ متر از لحاظ فیزیولوژیکی، رشد شدید گز را در حالت تبخیر شدید در خاک خیلی خشک و نبود تنش آبی معنادار را نشان می‌دهد. در مجموع ساختار متغیر و پیچیده کلونی‌های قدیمی گز احتمالاً در ارتباط با طول مسیر بافت چوبی با عمق آب زیرزمینی تغییر ایجاد می‌کند (۳).

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق کتابخانه‌ای، استفاده از گونه‌های خزان‌کننده گز با توجه به شرایط آب و هوایی فلات ایران نسبت به گونه‌های همیشه سبز آن در اولویت بوده و جهت مقابله با تنش‌های شوری و خشکی غالب در فلات مرکزی ایران مناسب است.

۵- منابع و مراجع

۳۴. زهری، م. ۱۳۸۳. درباره ساختار ژنوتائیکی ایران. انتشارات دایره سبز. ۱۹۹ ص.
۳۵. مظفریان، و. ۱۳۷۸. فلور خوزستان. انتشارات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خوزستان. ۲۴ ص.
36. Brock, J.H., 1994. Tamarix spp. (Salt Cedar), an Invasive Exotic Woody Plant in Arid and Semi-arid Riparian habitats of Western USA. 27-44pp. In: de Waal, L. C., Child, L. S., Wade, P. M., Brock, J. H. Ecology and Management of Invasive Riverside Plants. John Wiley & Sons, Chichester. 217 pp.
37. Carpenter, A.T. 1998. Element Stewardship Abstract for Tamarix ramosissima Ledebour, Tamarix pentandra Pallas, Tamarix chinensis Loureiro, Tamarix parviflora DeCandolle, saltcedar, salt cedar, tamarisk. Land Stewardship Consulting, 2941- 20th Street, Boulder, Colorado 80304.



38. Csurhes, S., 2008, Pest plant risk assessment Athel pine (*Tamarix* spp.), Biosecurity Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland GPO Box 46, Brisbane Qld 4001, 1-10.
39. Deloach, C.J., Lewis, P.A., Herr, J.C., Carruthers, R.I., Tracy, J.L., Johnson, J., 2003, Host specificity of the leaf beetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, a biological control agent for saltcedars (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the Western United States, *Biological Control* 27: 117-147.
40. DiTomasco, J. M. 1998, 'Impact, biology and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the southwestern United States', *Weed Technology* 12: 326-336.
41. Hoddenback, G. 1987. Vegetation control of saltcedar (*Tamarix* spp.). Paper presented at National Park Service Conference, Tucson, Arizona.
42. Sauer, J.D. 1988. Plant migration: The dynamics of geographic patterning in seed plant species. University of California Press, Berkeley, California. 282 pp.
43. Tellman, B. 2002. Human introduction of exotic species in the Sonoran Region. In: Tellman, B. (ed.). Invasive exotic species in the Sonoran Desert region. The University of Arizona Press and The Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, Arizona. 424 pp.
44. Zaman, S., Padmesh, S., Bahat, N., Tawfiq, H., 2009, Germination characteristics and storage behavior of *Tamarix aucheriana* (Decne.) seeds, *European Journal of Scientific Research*, Vol 26, 4: 532-538.
45. Zimmerman, J.A. 1997. Ecology and distribution of *Tamarix* sp. USGS, Southwest Exotic Plant Mapping Program (SWEMP).





Study of Ecophysiological Characteristics of Tamarix Halophyte Species in Desert and Saline Lands of Iran

Majid Ghanbari* and Kamran Mansour Ghanaei-Pashaki†

¹ Ph.D. Crop Ecophysiology, Tarbiat Modares University, ² Ph.D. Student, Guilan University and Agricultural expert, Agricultural Jihad of Guilan Province

1, * Corresponding Authors Email: majid.ghanbari@modares.ac.ir

Abstract

The existing climatic conditions in arid and semi-arid regions of Iran have created sensitive and fragile conditions in these areas. In these areas, soil erosion and desertification are processes that seriously threaten soil and water resources directly and indirectly. However, these two phenomena are natural and can not be prevented, but decreasing their abnormal speed and severity is essential. Restoration of vegetation in degraded lands, it can have a great impact on reducing erosion and land degradation. Tamarix is one of the dominant plants in the communities of halophyte plants and halophyte communities are very important in the dry and semi-arid parts of the world as a type of vegetation. Halophytes are plants whose life cycle is entirely dependent on saline habitats, where the concentration of soluble salt in the soil is about 5 g/l, solid in solid insoluble matter. Halophyte vegetation from different species of Tamarix, the second rich vegetation is saline soils, especially saline riverbeds, saline soils and central spans. These plant communities are still the most unknown vegetation cover among vegetation units in the country. This remains unknown, mainly due to the lack of information on halophyte plants. Investigating the ecobiological characteristics of this genus helps to recognize the halophyte communities in Iran and this study aims to provide information on Tamarix genus, to help identify halophyte communities and restoration of vegetation in arid and semi-arid regions of Iran.

Keywords: Salinity Stress, Taxonomy, Biology, Physiology.

¹, * Corresponding Authors: Ph.D. Crop Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

² Ph.D. Student, Guilan University and Agricultural expert, Agricultural Jihad of Guilan Province

بررسی قابلیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در پایش تغییرات اراضی جنگلی و مرتعی ایران

مجید قنبری^{۱*}، کامران منصور قناعی پاشاکی^۲

^۱ دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۲ دانشجوی دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گیلان و

کارشناس امور زراعی جهاد کشاورزی استان گیلان

^{۱*} majid.ghanbari@modares.ac.ir

چکیده

یکی از روش‌های تعیین تغییرات پوشش جنگلی استفاده از عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های مختلف و مقایسه روند تغییرات در طول این دوره‌ها می‌باشد. با محاسبه مساحت و تراکم در هر دوره و مقایسه این داده‌ها با یکدیگر در دوره‌های متوالی می‌توان تغییرات را بررسی و مقدار کاهش یا افزایش پارامترهای مورد نظر را محاسبه نمود. بی‌شک جنگل‌های طبیعی زاگرس در استان خوزستان که در زمره ذخایر با ارزش منابع جنگلی کشور می‌باشند نیز از این قاعده مستثنی نبوده‌اند. اهمیت جنگل‌های زاگرس در استان خوزستان از نظر زیست محیطی ایجاب می‌نماید که همواره اطلاعات دقیقی از آن تهیه و میزان تغییرات آن در دوره‌های زمانی مختلف تعیین گردد. تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه آشکارسازی تغییرات پوشش جنگلی و قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تغییرات پوشش در ایران و کشورهای دیگر انجام شده است که این مطالعه کتابخانه‌ای با هدف جمع‌آوری اطلاعات در مورد امکان‌سنجی تغییرات پوشش جنگلی و قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف ایران است.

واژگان کلیدی: اراضی مرتعی، تهیه نقشه، جنگل، عکس‌های هوایی.

۱- مقدمه

برای مطالعه کره زمین به کارگیری تمامی علوم به درک محیط و عوامل مؤثر بر تغییرات آن کمک می‌کند. افزایش جمعیت و رشد فزاینده شهرها و مناطق مسکونی اراضی کشاورزی زیادی را تخریب می‌کند، بنابراین لازم است منابع و مناطق جدید شناسایی شده و به عرصه تولید اختصاص یابد (Bahadur, 2009). یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات محیط زیست و علوم زمین استفاده از فن آوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. شناخت بسیاری از منابع نظیر خاک، آب، معدن و پوشش گیاهی و پایش پدیده‌های زیان‌باری مانند سیلاب‌ها، بیابان‌زایی، فرسایش آبی و بادی، حرکت تپه‌های شنی، شوری آب و خاک، تخریب جنگل‌ها و مراتع، لازمه دست‌یابی به توسعه پایدار است (۲). پژوهشگران در سال ۲۰۰۹ در تحقیقی کاربرد تکنیک‌های مختلف سنجش از دور را در بازبینی تغییرات پوشش گیاهی جوامع مانگرو در رودخانه Danshui در تایوان بررسی کردند. در این مطالعه برای مشخص کردن نواحی گیاهی از یک فرایند تحلیلی دو مرحله‌ای استفاده شد که در اولین مرحله با استفاده از شاخص NDVI که از تصاویر SPOT-LANDSAT-QUICKBERD به دست آمده بود، توزیع طیفی پوشش - های گیاهی را مشخص کردند. در مرحله دوم با روش حداکثر احتمال مناطق جنگلی و غیرجنگلی را طبقه‌بندی کردند. همچنین، محققین در سال ۲۰۰۹ در تحقیق خود تحت عنوان استفاده از سنجش از دور و GIS برای تعیین تغییرات و

۱ و * - نویسنده مسئول: دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲ - دانشجوی دکترای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه گیلان و کارشناس امور زراعی جهاد کشاورزی استان گیلان

پردازش پوشش گیاهی در بنگلادش بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۵ دریافتند که در طی این دوره ۲۳۳۶ هکتار از پوشش گیاهی منطقه کاهش یافته که علت آن را گسترش شهری و مناطق انسان ساخت بیان کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای ابزاری مناسب برای تشخیص مناطق جنگلی از مناطق غیرجنگلی بوده و اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت و افزایش دقت و سرعت می‌گردد. سنجش ماهواره‌ای از جمله ابزارهای نوینی است که دست‌یابی و استخراج اطلاعات پایه برای مدیریت منابع زمین را میسر می‌سازد (۱). هدف این مطالعه کتابخانه‌ای جمع‌آوری اطلاعات در مورد امکان‌سنجی تغییرات پوشش جنگلی و قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در بررسی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف ایران است که در قالب مقاله مروری ارائه شده است.

۲- مواد و روش‌ها

به‌منظور تعیین تغییرات پوشش جنگل‌های ایران با استفاده از عکس‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های مختلف و مقایسه روند تغییرات در طول دوره‌های زمانی، پروژه‌های به‌صورت مطالعه کتابخانه‌ای و میدانی در سال ۱۳۹۳ در دانشگاه تربیت مدرس اجرا شد. در این پروژه، پس از بازدید از اراضی جنگلی البرز و زاگرس و جمع‌آوری اطلاعات میدانی و تهیه تصاویر ماهواره‌ای از روند تغییرات آن در دوره‌های زمانی مشخص، گزارشی به تفضیل تدوین گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی پژوهش‌های انجام شده در ایران

محققان در تحقیق خود، تغییرات کمی و کیفی جنگل‌های مانگرو منطقه قشم را با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در یک دوره ۴۰ ساله مورد بررسی قرار داد. ایشان مساحت این جنگل‌ها را در سال ۱۳۴۶، ۴۰۱۷/۲۷ هکتار و در سال ۱۳۷۳، ۴۳۳۲/۴۳ هکتار تعیین کرد. نتایج این بررسی نشان داد که در طول این دوره، جنگل‌های منطقه دارای تغییر چشم‌گیری بوده و ۲/۱۵ درصد افزایش سطح داشته است (۱).

کارشناسان، به‌منظور بررسی قابلیت داده‌های سنجنده ETM+ در تهیه نقشه اراضی جنگلی مطالعه‌ای را با عنوان ارزیابی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای سنجنده ETM+ در تفکیک اراضی جنگلی مناطق کوهستانی زاگرس در حوزه سرخاب خرم آباد انجام دادند آن‌ها در این مطالعه اقدام به تهیه نقشه‌ی کاربری اراضی حوزه در شش طبقه کاربری کردند که این شش طبقه شامل اراضی جنگلی، مراتع، زمین زراعی، اراضی بدون پوشش گیاهی، مناطق مسکونی و رودخانه‌ها بودند و این نقشه به‌همراه سایر داده‌های مورد نیاز در ارزیابی و آمایش سرزمین منطقه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که تصاویر سنجنده ETM+ دارای قابلیت خوبی جهت طبقه‌بندی نقشه اراضی می‌باشد (۲).

پژوهشگران، اراضی جنگلی استان زنجان را با استفاده از RS و GIS مورد شناسایی و ارزیابی قرار دادند. در این بررسی که از تصاویر ETM+ لندست ۲۰۰۲ استفاده شده است، تعداد ۱۳ کلاس مختلف شامل جنگل و مرتع و مزارع کشاورزی، با دقت کاپای ۰/۸۶ از هم تفکیک شد. در این تحقیق جنگل‌های تنک پسته وحشی، پسته وحشی- ارس، و توده‌های درختچه‌ای از مراتع قابل تفکیک نبودند و در یک کلاس قرار داده شدند. در این تحقیق از شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده شد و مشخص گردید که شاخص NDVI بهتر از بقیه شاخص‌ها مناطق مختلف را نشان می‌دهد و بیشترین صحت مربوط به ترکیب باندهای اصلی نسبت به باندهای مصنوعی بود (۲).

محققین، با هدف بررسی روند تغییرات گستره جنگل با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای IRS-1C و ETM+ به‌صورت مطالعه موردی در جنگل‌های کردکوی از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۰ (۳۵ سال) پرداخت و پس از تهیه نقشه مربوط به هر دوره و مقایسه آن‌ها، میزان و موقعیت تغییرات را به‌دست آورد. نتایج این تحقیق نشان داد که داده‌های ماهواره‌ای دارای قابلیت خوبی برای تهیه نقشه گستره جنگل در جنگل‌های شمال بوده و می‌توان از آنها برای بررسی روند تغییرات این جنگل‌ها استفاده نمود (۱).

محققین، از سه روش فازی، شبکه عصبی مصنوعی و کمترین فاصله برای طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای Quickbird به سه طبقه پوشش گیاهی، منطقه شهری و آب استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که دقت طبقه‌بندی با روش شبکه عصبی در مقایسه با دو روش دیگر در منطقه مورد مطالعه بیشتر است (۲).

پژوهشگران، در تحقیقی تحت عنوان تعیین تغییرات گستره جنگل‌های شمال بین سال‌های ۷۳ تا ۸۰ با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ در جنگل‌های بابل، بیان کرد که در مجموع ۸/۲ درصد سطح اولیه جنگل بین سال‌های فوق از بین رفته است. نقشه جنگل سال ۷۳ از نقشه رقومی جنگل‌های شمال استخراج شد. برای تهیه نقشه جنگل برای آخر دوره تصویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست ۷ مربوط به تاریخ ۸ مرداد ۸۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نقشه جنگل از آن استخراج شد (۱).

کارشناسان، جهت نمایش تغییرات زمانی پوشش گیاهی شهری از اطلاعات باندهای ماهواره لندست در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ استفاده کردند و مقدار شاخص NDVI را برای دو سال محاسبه کردند، در نهایت نتایج این تحقیقات را به صورت نمودارهایی نشان دادند که بیانگر تغییرات پوشش گیاهی در طی ۱۲ سال برای هر یک از محل‌های مورد مطالعه بود (۱).

محققین، با هدف تعیین تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۶۷ تا ۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ و عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی رقومی سال‌های ۱۹۶۷ و ۱۹۹۴ مطالعه‌ای انجام داد. در طی دوره فوق ۲/۹۹ درصد از جنگل‌های منطقه مورد مطالعه کاهش یافته است. مناطق کشاورزی وابسته به آب و شالیزارها به میزان ۶۱/۱ درصد افزایش پیدا کرده است. اکثر تخریب جنگل‌ها در شیب‌های کم اتفاق افتاده است (۲).

پژوهشگران، برای مطالعه پوشش گیاهی، شاخص‌های گیاهی را با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در منطقه نیشابور مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق پس از بررسی تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات اولیه هندسی و رادیومتری روی آنها انجام شده و تصاویر ماهواره‌ای را به روش نظارت شده و نظارت نشده طبقه‌بندی نمودند. در مرحله بعد با تأکید بر شاخص‌های پوشش گیاهی مختلف و توانایی آنها در تعیین مناطق، پوشش گیاهی را مورد مقایسه و بحث قرار داده و به این نتیجه رسیدند که مناسب بودن یک شاخص، دلیلی بر قابلیت آشکارسازی پوشش گیاهی در تمامی شرایط نبوده و حتی ممکن است سایر شاخص‌هایی که در این مطالعه برای تشخیص پوشش گیاهی مناسب تشخیص داده نشده‌اند در شرایط محیطی دیگر کاملاً مناسب باشند (۲).

۲-۳- بررسی پژوهش‌های انجام شده در خارج از ایران

محققین، در سال ۲۰۰۲ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و ETM+، نقشه پوشش گیاهی چوبی (جنگل) را در ایالت کوئیزلند تهیه کرد. تصحیح هندسی با استفاده از آنالیز چندجمله‌ای انجام شد. هم‌چنین از شاخص پوشش گیاهی NDVI استفاده کردند. ولیکن استفاده از این شاخص در بسیاری از موارد جهت طبقه‌بندی در سطوح جزئی‌تر مطلوب ارزیابی نشد. این کار با هدف مدیریت بهتر برای پوشش گیاهی منطقه بود. در بسیاری از موارد طبقه‌بندی در سطح جزئی‌تر نیاز بود که برای این کار از نقشه‌برداری زمینی استفاده شد (۴).

پژوهشگران، در سال ۲۰۰۲ در تحقیقی با استفاده از تصاویر سنجنده TM نقشه کاربری‌های اراضی دلتای رودخانه بی‌آرل واقع در قسمت جنوبی کشور چین را استخراج نمودند و با استفاده از همین تصاویر چند زمانه تغییرات کاربری اراضی را در این منطقه مشخص نمودند (۹).

دانشمندان در سال ۲۰۰۲ در تحقیقی به بررسی مناطق با پوشش گیاهی جدید پرداختند و به کمک تصاویر ماهواره‌ای انواع پوشش گیاهی را طبقه‌بندی کردند. در این مطالعه پوشش گیاهی منطقه مورد نظر با استفاده از تصاویر سال ۲۰۰۰ مشخص شده و با تصاویر سال ۱۹۹۶ مقایسه شدند. سپس به طبقه‌بندی پوشش گیاهی اقدام شد. نتایج نشان داد مساحت مناطق دارای پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۶، ۷۷۲۰۰ هکتار و در سال ۲۰۰۰، ۱۶۲۷۰۰ هکتار بوده است (۱۲).

محققان در سال ۲۰۰۳ در تحقیقی به تهیه نقشه پوشش جنگل و آشکارسازی تغییرات، با استفاده از داده‌های TM و ETM+ پرداخته و نتیجه گرفتند که بررسی تغییرات پوشش جنگلی با استفاده از داده‌های سنجنده از دور امکان‌پذیر می‌باشد (۸).

کارشناسان در سال ۲۰۰۳ برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی منطقه‌ی تالابی ترمینوس در جنوب شرقی مکزیک، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه و الگوریتم پس انتشار خطا را مورد استفاده قرار داد. ورودی‌های شبکه عصبی باندهای طیفی ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ سنجنده ETM+ ماهواره لندست بود و ۶ طبقه پوشش اراضی به‌عنوان خروجی تهیه شد. صحت طبقه‌بندی ۸۲ درصد گزارش گردید (۱۰).

پژوهشگران در سال ۲۰۰۴ در تحقیقی چندین عامل محیطی یعنی شیب، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از جاده و در نهایت فاصله از مراکز مسکونی را به‌عنوان عوامل مؤثر در روند تغییرات جنگل‌ها مورد تأیید قرار داده‌اند. سطح جنگل‌های منطقه ۱۴۱/۵۷۲ هکتار (۷/۱ درصد) کاهش یافته است. هم‌چنین براساس این مطالعه مشخص شده که میزان کاهش سطح جنگل، با فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی و نیز افزایش ارتفاع از سطح دریا و شیب رابطه معکوس دارد و تغییرات جنگل‌ها در جهات مختلف شیب به‌صورت یکنواخت است (۵).

دانشمندان در سال ۲۰۰۴ در آنالیز تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های مختلف تعیین تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ از داده‌های ماهواره IRS در منطقه کولار هند استفاده کردند. منطقه فوق دارای ۵ کلاسه جنگل، جنگل کاری، کشاورزی، مناطق انسان ساخت و مناطق پرت و دور افتاده بود. از اختلاف تصاویر، نسبت‌گیری، شاخص گیاهی و رگرسیون تصویر جهت تعیین تغییرات استفاده شد. نتایج نشان داد ۱۶/۴۶ درصد اختلاف بین پوشش گیاهی دو زمان وجود دارد (۱۰). پژوهشگران در سال ۲۰۰۴ در تحقیقی برای تهیه نقشه تغییرات جنگل از تصاویر سنجنده MSS مربوط به سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۸۹ و تصاویر سنجنده TM مربوط به سال ۱۹۹۱ استفاده شد. پس از تهیه نقشه جنگل مربوط به سال‌های مورد بررسی و مقایسه مساحت جنگل در آنها نتایج نشان داد که بیش از ۴۲ درصد جنگل‌های منطقه در طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۱۹۹۱ تخریب شده‌اند. به‌منظور بررسی عوامل تخریب، نقشه تخریب جنگل با متغیرهای مکانی فاصله از جاده و مناطق مسکونی، شاخص‌های قطعه‌بندی جنگل، نوع خاک منطقه، طبقات ارتفاعی و شیب و هم‌چنین فاصله از مرز جنگل و غیرجنگل روی هم‌گذاری شد. نتایج این بررسی نشان داد که میزان تخریب در مناطق با شیب ملایم و ارتفاع زیاد و هم‌چنین در خاک‌های حاصلخیز بیشتر بوده است. هم‌چنین در قطعات جنگلی گسسته و در مناطق نزدیک به مرز جنگل و غیرجنگل تخریب بیشتری صورت گرفته است. شدت تخریب با فاصله گرفتن از جاده و مناطق مسکونی به سرعت کاهش می‌باید (۳).

محققان در سال ۲۰۰۵ برای طبقه‌بندی پوشش و کاربری اراضی شهر ژیان الگوریتم پس انتشار و روش شبکه عصبی را استفاده کردند. آن‌ها ۶ باند طیفی تصاویر TM و ETM+ را به‌عنوان ورودی به شبکه عصبی معرفی کردند و منطقه را به ۶ نوع پوشش و کاربری اراضی طبقه‌بندی نمودند (۵).

۴- نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با توجه به بررسی‌های انجام شده قابلیت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای کمک شایانی به ارزیابی‌های متنوع از اراضی جنگلی و زراعی کشور نموده و از وزارت محترم جهاد کشاورزی تقاضا می‌گردد در این راستا همکاری‌های لازم را مبذول نمایند.

۵- منابع و مراجع

- ۱- زهری، م. ۱۳۸۳. درباره ساختار ژئوبوتانیکی ایران. انتشارات دایره سبز. ۱۹۹ ص.
- ۲- مظفریان، و. ۱۳۷۸. فلور خوزستان. انتشارات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خوزستان. ۲۴ ص.

- 3- Brock, J.H., 1994. Tamarix spp. (Salt Cedar), an Invasive Exotic Woody Plant in Arid and Semi-arid Riparian habitats of Western USA. 27-44pp. In: de Waal, L. C., Child, L. S., Wade, P. M., Brock, J. H. Ecology and Management of Invasive Riverside Plants. John Wiley & Sons, Chichester. 217 pp.
- 4- Carpenter, A.T. 1998. Element Stewardship Abstract for Tamarix ramosissima Ledebour, Tamarix pentandra Pallas, Tamarix chinensis Loureiro, Tamarix parviflora DeCandolle, saltcedar, salt cedar, tamarisk. Land Stewardship Consulting, 2941- 20th Street, Boulder, Colorado 80304.
- 5- Csurhes, S., 2008, Pest plant risk assessment Athel pine (*Tamarix* spp.), Biosecurity Queensland Department of Primary Industries and Fisheries, Queensland GPO Box 46, Brisbane Qld 4001, 1-10.
- 6- Deloach, C.J., Lewis, P.A., Herr, J.C., Carruthers, R.I., Tracy, J.L., Johnson, J., 2003, Host specificity of the leaf beetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, a biological control agent for saltcedars (*Tamarix*: Tamaricaceae) in the Western United States, *Biological Control* 27: 117-147.
- 7- DiTomasco, J. M. 1998, 'Impact, biology and ecology of saltcedar (*Tamarix* spp.) in the southwestern United States', *Weed Technology* 12: 326-336.
- 8- Hoddenback, G. 1987. Vegetation control of saltcedar (*Tamarix* spp.). Paper presented at National Park Service Conference, Tucson, Arizona.
- 9- Sauer, J.D. 1988. Plant migration: The dynamics of geographic patterning in seed plant species. University of California Press, Berkeley, California. 282 pp.
- 10- Tellman, B. 2002. Human introduction of exotic species in the Sonoran Region. In: Tellman, B. (ed.). Invasive exotic species in the Sonoran Desert region. The University of Arizona Press and The Arizona-Sonora Desert Museum, Tucson, Arizona. 424 pp.
- 11- Zaman, S., Padmesh, S., Bahat, N., Tawfiq, H., 2009, Germination characteristics and storage behavior of *Tamarix aucheriana* (Decne.) seeds, *European Journal of Scientific Research*, Vol 26, 4: 532-538.
- 12- Zimmerman, J.A. 1997. Ecology and distribution of *Tamarix* sp. USGS, Southwest Exotic Plant Mapping Program (SWEMP).



Investigating the use of satellite images in monitoring forest and rangeland changes in Iran

Majid Ghanbari^{1*} and Kamran Mansour Ghanaei-Pashaki²

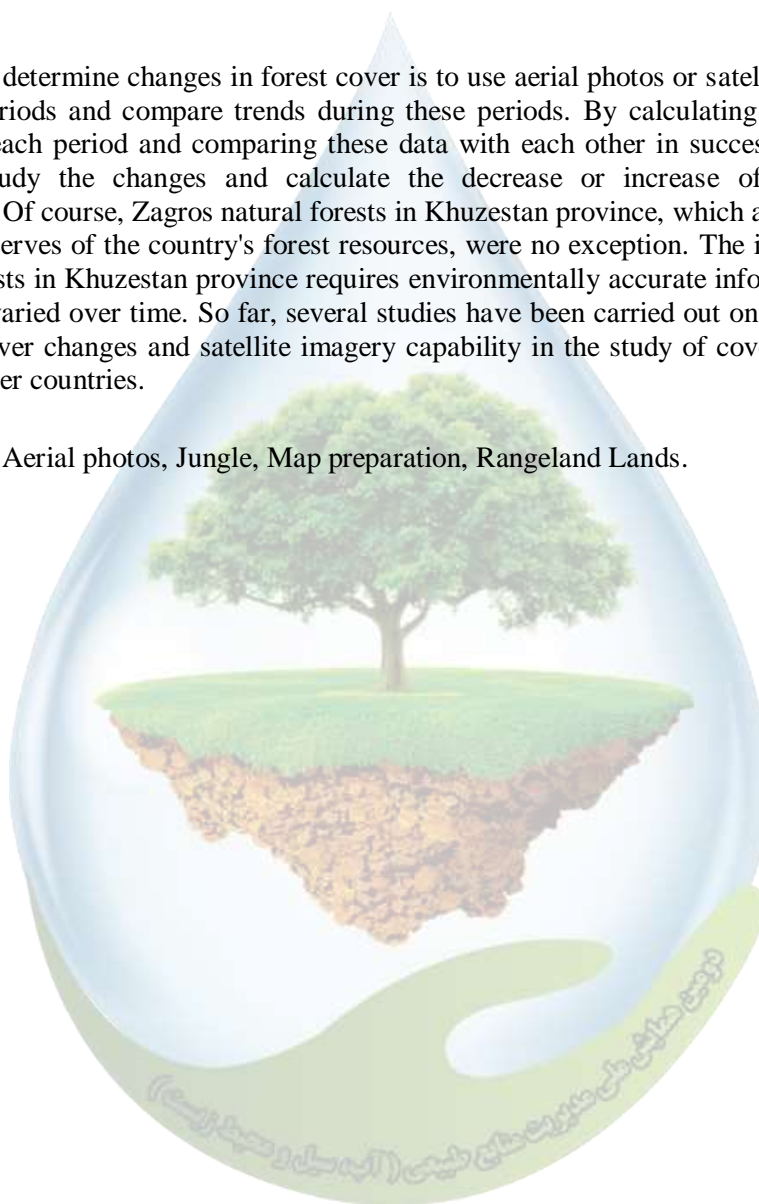
¹ Ph.D. Crop Ecophysiology, Tarbiat Modares University, ² Ph.D. Student, Guilan University and Agricultural expert, Agricultural Jihad of Guilan Province

1, * Corresponding Authors Email: majid.ghanbari@modares.ac.ir

Abstract

One way to determine changes in forest cover is to use aerial photos or satellite images in different periods and compare trends during these periods. By calculating the area and density of each period and comparing these data with each other in successive periods, one can study the changes and calculate the decrease or increase of the desired parameters. Of course, Zagros natural forests in Khuzestan province, which are among the valuable reserves of the country's forest resources, were no exception. The importance of Zagros forests in Khuzestan province requires environmentally accurate information to be constantly varied over time. So far, several studies have been carried out on the detection of forest cover changes and satellite imagery capability in the study of cover changes in Iran and other countries.

Keywords: Aerial photos, Jungle, Map preparation, Rangeland Lands.



¹, * Corresponding Authors: Ph.D. Crop Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

² Ph.D. Student, Guilan University and Agricultural expert, Agricultural Jihad of Guilan Province

تعیین وضعیت رطوبت سطح خاک با استفاده از شاخص‌های گیاهی و دمایی براساس نقش بارندگی

مینا ارست^۱، ابوالفضل رنجبر^{۲*}، سید حجت موسوی^۳، خدایار عبدالهی^۴

۱ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^{۲*} دانشیار گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^۳ استادیار گروه اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^۴ استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران
*^۲ aranjbar@kashanu.ac.ir

چکیده

رطوبت خاک یک مولفه مهم برای تحقیقات هیدرولوژی و خشکسالی است. اما ارزیابی میدانی رطوبت خاک مشکل و پرهزینه است. در مقابل روش‌های سنتی، استفاده از تکنیک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک ابزار مفید جهت پایش رطوبت خاک است. هدف از این مقاله بررسی وضعیت رطوبت سطحی خاک در حوضه زاینده‌رود با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص‌های TVDI، NDVI و LST در روزهای قبل و بعد از بارندگی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در تصاویر مربوط به روز بعد از بارندگی، نقاط با وضعیت نرمال و مرطوب بیشتر از دو تاریخ دیگر (روزهای قبل و بعد از بارندگی) است. نتایج شاخص TVDI نشان می‌دهد بخش اعظم حوضه (۵۸/۸ درصد) در بازه زمانی مورد مطالعه، دارای میزان TVDI بیشتری بوده و در طبقه خشک قرار گرفته‌اند. کم‌ترین میزان رطوبت خاک نیز، مربوط به طبقه مرطوب (۰/۱-۰) با کمترین وسعت، در منطقه قرار گرفته است. همچنین LST و NDVI نیز ارتباط مستقیم و همبستگی زیاد با رطوبت خاک داشتند.

واژگان کلیدی: تابش خورشیدی، دمای سطح زمین، شاخص دما-خشکی گیاهی، مناطق خشک و نیمه‌خشک.

۱- مقدمه

رطوبت سطح خاک به میزان آب موجود در ۱۰ سانتی‌متر افق بالایی خاک اطلاق می‌شود. این در حالی است که رطوبت اصلی خاک، میزان آب موجود برای گیاهان است و معمولاً در ۲۰۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار می‌گیرد. وضعیت رطوبت خاک نقشی مهم در ارزیابی شرایط محیطی و بوم‌شناختی سطح زمین و همچنین فرآیندهای اتمسفری ایفا می‌کند (۷). رطوبت خاک به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترها در مطالعات زیست محیطی شناخته می‌شود که این مطالعات شامل هیدرولوژی، هواشناسی و تغییر اقلیم می‌باشد. دلیل این اهمیت در آن است که این پارامتر می‌تواند تعیین‌کننده‌ی میزان آب موجود برای تبخیر از سطح زمین باشد (۹). تغییرات رطوبت خاک می‌تواند منجر به تغییرات مهم در تعادل انرژی سطح، روان-آب منطقه‌ای و میزان محصولات گیاهی شود (۶).

برآورد رطوبت خاک تنها با استفاده از نمونه‌های هیدرولوژیکی در یک منطقه گسترده همیشه امکان‌پذیر نیست و وابسته به شماری از مولفه‌های محلی است. گزینش این پارامترها سخت و گاهی ناممکن است. از سویی روش‌های زمینی برآورد رطوبت خاک، نقطه‌ای هستند و افزون بر فعالیت‌های میدانی، آنالیزهای پس پردازش مفصلی نیز دارند. در نتیجه، این روش‌ها به شدت هزینه‌بر هستند. سنجش‌ازدور می‌تواند در سطح پوشش گسترده و با هزینه قابل قبول، پارامترهای گوناگونی از علوم زمین را یکی از این متغیرها، رطوبت خاک است که پژوهش‌های زیادی برای برآورد آن در حوزه سنجش از دور انجام شده است (۳). امروزه بسیاری از متخصصان سنجش از دور، ترکیب داده‌های بازتابی و گرمایی را برای به دست آوردن اطلاعات از پوشش گیاهی و

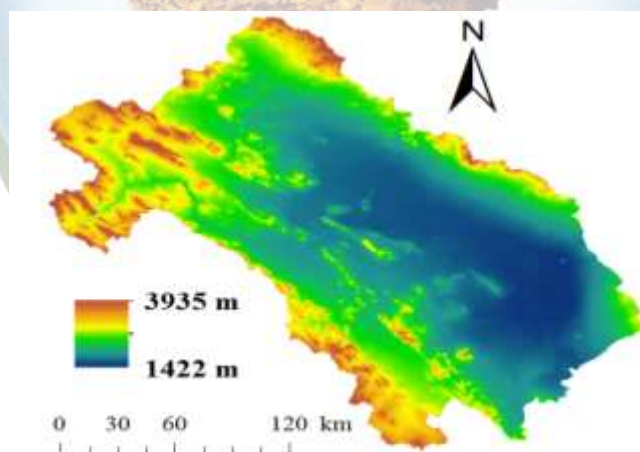
پایش رطوبت خاک مفید می‌دانند. اگر اندازه‌گیری‌های سنجش از دور بتواند با رطوبت لایه سطحی خاک ارتباط برقرار کند، از این راه می‌توان به تغییرات منطقه‌ای و محلی رطوبت لایه سطحی خاک پی‌برد. شاخص $NDVI^1$ (نمایه تفاوت نرمال شده گیاهی) به صورت گسترده‌ای برای پایش و ارزیابی توانایی پوشش گیاهی روی زمین استفاده می‌شود. این شاخص از دو باند فرورسرخ نزدیک و قرمز تشکیل شده است. به دلیل وابستگی نزدیک بین وضعیت پوشش گیاهی و رطوبت در دسترس خاک این شاخص برای بررسی رطوبت خاک، مورد توجه بیشتری بوده است. اما این شاخص برای واکنش به تنش آب محافظه کارانه عمل میکند به عبارتی بعد از تنش آبی، پوشش گیاهی تا مدتی سبز باقی می‌ماند. در برابر دمای سطح به سرعت با تنش آبی تغییر می‌کند (۸). بنابراین شاخص (دما- خشکی گیاهی) $TVDI^2$ می‌تواند بیان‌کننده همه این ویژگی‌ها باشد. گایو و همکاران (۱) از تصاویر ماهواره‌ای TM استفاده کردند و مقادیر دمای سطح زمین و $NDVI$ را در برابر هم رسم کردند و میزان تغییرات بارندگی و تأثیرات آن را بر میزای رطوبت خاک بررسی کردند. نتایج مقایسه شده با مقادیر بارش نشان داد که شاخص $TVDI$ توانسته است به خوبی شرایط خشکی و کمبود باران را نشان دهد. سندهالت و همکاران (۵) تغییرات $TVDI$ را با سنجنده‌ی $AVHRR$ در منطقه‌ی غربی آفریقا مطالعه کردند. نتایج آن‌ها بیانگر توانایی بالای $TVDI$ در بازتاب تغییرات مکانی و زمانی رطوبت خاک بود. پاتل و همکاران (۴) در پژوهشی به کمک تصاویر مودیس، تصاویر حاصل از $TVDI$ را برای هشت روز بررسی کردند. نتایج نشانگر همبستگی بالا بین $TVDI$ و رطوبت خاک بوده است.

با توجه به اینکه حوضه زاینده‌رود تحت تأثیر خشکسالی‌های اخیر و عدم مدیریت‌های مناسب در استفاده از آب و کشاورزی، با کمبود آب در خاک مواجه است، در این پژوهش، با کمک تصاویر ماهواره‌ای مودیس، شاخص‌های سنجش از دور و داده‌های هواشناسی، در حوضه زاینده‌رود در بهار سال ۲۰۱۷ به بررسی وضعیت رطوبت خاک می‌پردازیم.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

حوضه زاینده‌رود بین طول و عرض جغرافیایی $۲۴' ۵۳'' - ۲۲' ۵۰''$ شرقی و $۱۲' ۳۱'' - ۴۲' ۳۳''$ شمالی در مرکز ایران قرار دارد. این حوضه در استان اصفهان و بخشی از استان‌های چهارمحال بختیاری، یزد و فارس قرار گرفته است و دارای بارشی در حدود ۲۷۴-۹۵ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای هوای آن به ترتیب برابر با ۱۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه خطوط ارتفاعی حوضه زاینده‌رود

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

² Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI)

۲-۲- داده‌های مورد نیاز

برای تهیه شاخص‌های LST، NDVI و TVDI که در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد، از داده‌های سنجنده MODIS ماهواره‌ی TERRA و داده‌های سازمان هواشناسی استفاده می‌شود. برای کاهش نوسانات دمایی که به علت ناهمگون بودن شرایط در طول روز برای نقاط مختلف در منطقه بوجود می‌آید، از تصاویر شب ماهواره‌ی مودیس استفاده شد. برای انجام عملیات تصحیح رادیومتریک و ژئومتریک و رسم نقشه‌های مورد نیاز از نرم‌افزارهای ENVI 4.7 و GIS 10.3 استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای مورد نیاز در تاریخ‌های ۲۰۱۷/۰۱/۳۰ و ۲۰۱۷/۰۲/۰۳ و ۲۰۱۷/۰۲/۰۸ تهیه شد. این تاریخ‌ها با توجه به داده‌های هواشناسی و برای بررسی میزان تغییرات رطوبت سطح زمین در قبل و بعد از بارندگی ۲۰۱۷/۰۲/۰۲ می‌باشد.

۲-۳- شاخص نرمال شده‌ی گیاهی (NDVI) و دما-خشکی گیاه (TVDI)

NDVI یا شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده، نمایه‌ای است وابسته به میزان و وضعیت پوشش گیاهی که از داده‌های باندهای قرمز (RED) و مادون قرمز (NIR) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود (۱). در این مطالعه، برای محاسبه این شاخص از تصاویر ماهواره MODIS (MOD13Q1) و از سایت (www.earthexplorer.usgs.gov) استفاده شد.

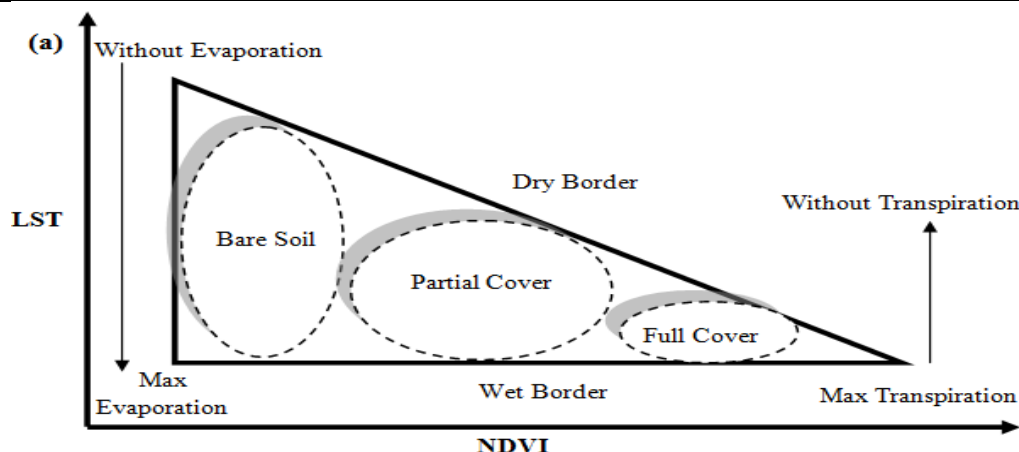
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

شاخص NDVI اطلاعاتی را درباره وضعیت رشد و شرایط پوشش گیاهی در روی زمین به ما می‌دهد و همچنین از طرفی دمای سطح زمین نیز وضعیت رطوبت خاک را منعکس می‌کنند. ترکیب این دو می‌تواند یک رابطه بالقوه را آشکارسازی رطوبت سطح زمین ایجاد می‌کند. یکی از روش‌های ترکیب این دو روش TVDI می‌باشد. TVDI به طور کلی به بررسی روابط و تغییرات بین NDVI و LST می‌پردازد و منعکس کننده درجه خشکی می‌باشد. TVDI ادغام NDVI و LST برای نمایش رطوبت خاک با ترکیب باندهای حرارتی و مادون قرمز نزدیک و باند قرمز می‌باشد که طیف وسیعی از کاربردها را شامل می‌شود (۷) (رابطه ۲). نمودار پراکندگی دمای سطح زمین و شاخص نرمال شده گیاهی تشکیل یک فضای مثلثی می‌دهد (۹). شکل ۲ نشان دهنده نمودار LST و NDVI می‌باشد که TVDI با توجه به آن، قابل تعیین است.

$$LST_{max} = c + d NDVI \quad \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (2)$$

$$LST_{min} = a + b NDVI$$

a و b ضرایب لبه مرطوب و c و d ضرایب لبه خشکی در این رابطه هستند.



شکل ۲- طرح شماتیک تفسیر فیزیکی ارتباط LST و NDVI

۳- نتایج و بحث

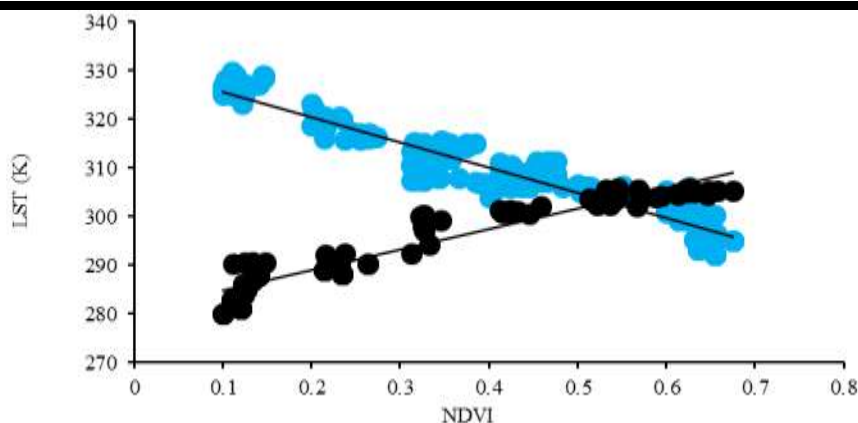
۳-۱- رابطه بین دمای سطح زمین، شاخص‌های NDVI و TVDI

برای بررسی نقش بارندگی بر رطوبت سطح خاک، در این پژوهش از تصاویر مودیس در روزهای قبل و بعد از بارندگی در تاریخ‌های ۲۰۱۷/۰۱/۳۰ و ۲۰۱۷/۰۲/۰۳ و ۲۰۱۷/۰۲/۰۸ استفاده شد. بعد از تجزیه و تحلیل‌های مورد نیاز، ضرایب مربوط به لبه‌های مرطوب و خشک محاسبه شد و ضرایب R^2 برای لبه‌های مذکور استخراج و در جدول ۱ ارائه شده است. براساس این جدول در تاریخ ۲۰۱۷/۰۲/۰۸ بالاترین ضریب R^2 در لبه‌های مرطوب مشاهده شد. هرچند تفاوت میزان R^2 در لبه‌های گرم نیز کم بوده و تنها ۰/۱۲ بیش از لبه مرطوب است. که این موضوع نشان دهنده نزدیک بودن نتایج با یکدیگر است. پایین‌ترین مقدار R^2 نیز در تاریخ ۲۰۱۷/۰۱/۳۰ با مقداری برابر ۰/۷۷ در لبه مرطوب و ۰/۷۱ در لبه خشک است.

در شکل ۲، فضای مثلثی و لبه‌های تر و خشک رطوبت خاک نشان داده شده است. بر پایه چیدمان داده‌ها در این نمودار، همبستگی میان $NDVI$ و LST_{min} و LST_{max} در دماهای کم‌تر و بیش‌تر از ۳۰۰ درجه کلوین (میانگین دمای سطح زمین) برآورد شد. یافته‌های این نمودار نشان می‌دهد که در بازه دماهای کم‌تر و بیش‌تر از ۳۰۰ درجه کلوین با افزایش نمایه $NDVI$ تا رسیدن به لبه‌ی تر، همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری میان LST و $NDVI$ ($R=0.91$) برقرار است. این پدیده نمایشگر آن است که بیشتر تابش خالص خورشیدی در این بازه صرف گرمایش خاک و گیاه و فرآیند تبخیرتعرق شده است. با افزایش دما، فرای این مرز، انرژی خالص در پوشش گیاهی اندک صرف گرمای محسوس و هم صرف انباشت در خاک شده است و با افزایش پوشش گیاهی سهم پاره گرمای محسوس کاهش یافته است. از این‌رو، پیوند میان LST و $NDVI$ ، گرچه بسیار معنی‌دار ($R=0.90$) است ولی دارای شیب منفی است (شکل ۲). Khorchani و همکاران (۲) در بررسی ارتباط میان LST و $NDVI$ در طول سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴، دریافتند که میزان LST در طی این سال‌ها افزایش قابل توجهی داشته و دارای همبستگی قوی با $NDVI$ بوده است. مناطقی که با افزایش LST مواجه بودند، با تغییرات و یا حتی کاهش مقدار پوشش گیاهی روبه‌رو شدند. Sayago و همکاران (۶) در ارزیابی استرس آب در آرژانتین ارتباط مستقیم میان LST و $NDVI$ و همبستگی زیاد بین آن‌ها با رطوبت خاک را نشان دادند.

جدول ۱- مقادیر ضرایب لبه‌های گرم و سرد در دوره مورد مطالعه

تاریخ	a	b	R^2	c	d	R^2
۲۰۱۷/۰۱/۳۰	۲۹۲/۰۱	-۰/۲۷	۰/۷۷	۳۰۴/۰۴	۲۵/۲۲	۰/۷۱
۲۰۱۷/۰۲/۰۳	۲۹۰/۵۲	-۴/۵۱	۰/۸۱	۳۱۸/۲۱	۲۵/۳۴	۰/۷۵
۲۰۱۷/۰۲/۰۸	۲۹۵/۲۸	-۴/۰۲	۰/۹۴	۳۲۱/۵۲	۳۸/۱۴	۰/۸۲



شکل ۲- نمود فضای مثلثی و لبه‌های مرطوب و خشک رطوبت خاک

۳-۲- وضعیت رطوبت خاک با توجه به شاخص TVDI و میزان بارندگی

به وسیله ضرایب مربوط به لبه‌های مرطوب و خشک (شکل ۲ و جدول ۱)، نقشه‌های GIS آن‌ها رسم شد و شاخص TVDI بدست آمد. شاخص TVDI نمایانگر وضعیت رطوبت سطح خاک در حوضه وسیع زاینده‌رود در نقاط مورد مطالعه می‌باشد و به پنج کلاس طبقه‌بندی شده‌اند. جدول ۲ نشان دهنده‌ی کلاس‌ها در این طبقه‌بندی است. با توجه به این که غالب مساحت حوضه پهناور زاینده‌رود اراضی مرتعی و اراضی کشاورزی تشکیل می‌دهند، تنش ناشی از خشکی خاک به وسیله شاخص TVDI به خوبی قابل نمایش است. با توجه به جدول زیر بخش اعظم حوضه (۵۸/۸ درصد) در بازه زمانی مورد مطالعه، دارای میزان TVDI بیشتری بوده و در طبقه خشک قرار گرفته‌اند. کم‌ترین درصد رطوبت خاک (۰-۰/۱) نیز، مربوط به طبقه مرطوب و با کمترین وسعت (۰/۲۵) در منطقه قرار گرفته است.

همانطور که از جدول ۱ و شکل ۲ مشخص است، در تاریخ مربوط به یک هفته قبل از بارندگی (۲۰۱۷/۰۱/۳۰)، وضعیت خشکی در منطقه حاکم است. اما در تاریخ روز بعد از بارندگی (۲۰۱۷/۰۲/۰۳) میزان خشکی کم‌تر بوده و در اثر بارندگی منطقه به سمت نرمال و کمی مرطوب بودن سوق یافته است. همچنین در تاریخ هفته بعد از بارندگی (۲۰۱۷/۰۲/۰۸)، ضرایب لبه‌تر نسبت به دو تاریخ تغییر بیشتری داشته و منطقه از رطوبت کم‌تری برخوردار شده و خشک شده است.

جدول ۲- درصد مساحت و طبقه‌بندی وضعیت رطوبت خاک براساس ارزیابی شاخص TVDI

وضعیت منطقه	TVDI	درصد مساحت
مرطوب	۰-۰/۱	۰/۲۵
نرمال	۰/۱-۰/۵	۷/۵
ملایم	۰/۵-۰/۷	۲۸/۶
خشک	۰/۷-۰/۹	۵۸/۸
خیلی خشک (شدید)	۰/۹-۰/۱۱	۴/۲

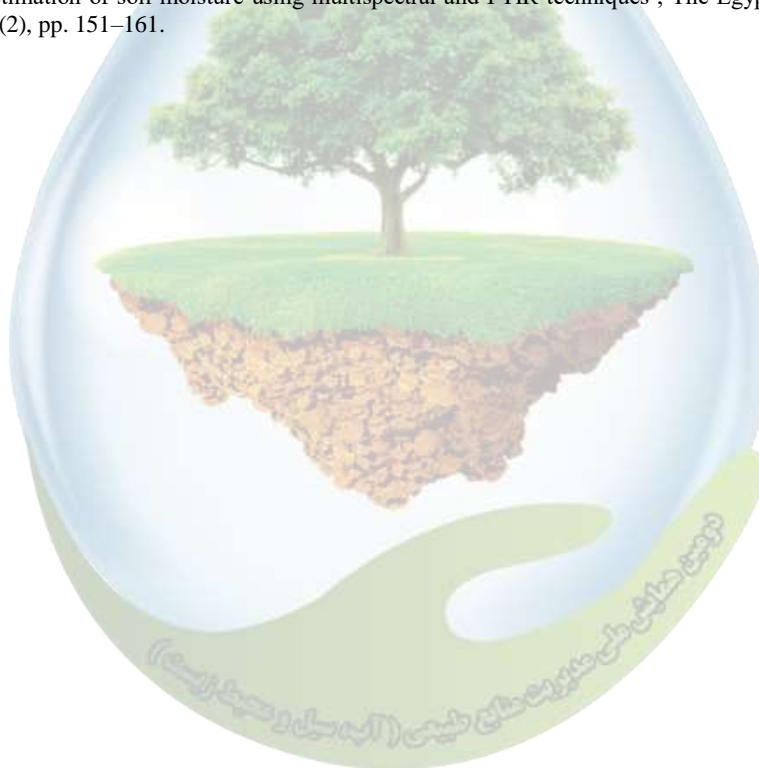
۴- نتیجه‌گیری

با توجه به تحقیق پیش‌رو، به طور کلی می‌توان گفت استفاده از شاخص گیاهی NDVI به تنهایی رابطه قوی با رطوبت سطح ندارند که می‌تواند به دلیل پاسخ تاخیری پوشش گیاهی به تغییرات رژیم رطوبتی خاک باشد. با دخالت شاخص‌های گرمایی LST و استفاده از روش مثلثی و TVDI، رطوبت خاک بدست آمده از مدل‌های دقیق‌تر و نزدیک‌تر به واقعیت خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از NDVI و LST بدست آمده از تصاویر سنجنده می‌تواند ابزاری مناسب در جهت پایش

وضعیت رطوبت خاک در مقیاس‌های زمانی باشد. بارندگی نیز یک عامل مؤثر در میزان رطوبت خاک است که از عوامل تأثیر گذار بر روی شاخص TVDI می‌باشد. با وجود بارندگی رطوبت خاک افزایش یافته و میزان TVDI کاهش می‌یابد.

۵- منابع

1. Gao, Z., Gao, W and Chang, N.B. 2011. Integrating temperature vegetation dryness index (TVDI) and regional water stress index (RWSI) for drought assessment with the aid of LANDSAT TM/ETM+ images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13:495–503.
2. Khorchani, M, Sergio M.Vicente-Serrano, D., Molinab, Monica Garcia, M., et al. 2018. Trends in LST over the peninsular Spain as derived from the AVHRR imagery data. *Global and Planetary Change*, Volume 166, July 2018, Pages 75-93.
3. Mauro E. Holzman, Facundo Carmona, Raúl Rivas, R. N. 2018. Early assessment of crop yield from remotely sensed water stress and solar radiation data', *A ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148, pp. 297–308.
4. Patel, N.R. Anapashsha, R. Kumar, S.S. Saha, K. and Dadhwal, K. 2008. Assessing potential of MODIS derived temperature/vegetation condition index (TVDI) to infer soil moisture status', *International Journal of Remote Sensing*, 30(1), pp. 23–39.
5. Sandholt, I., Rasmussen, K and Andersen, J. 2002. A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*, 79: 213–224.
6. Sayago, S., Ovando, M. B. 2017. Landsat images and crop model for evaluating water stress of rainfed soybean', *Remote Sensing of Environment*, 198, pp. 30–39.
7. Song, P., Huang, J., L. R. M. 2019. An improved surface soil moisture downscaling approach over cloudy areas based on geographically weighted regression', *Agricultural and Forest Meteorology*, 275, pp. 146–158.
8. Yue, J., Tian, J., Tian, Q., Xu, N. X. 2019. Development of soil moisture indices from differences in water absorption between shortwave-infrared bands', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 154, pp. 216–230.
9. Zubair, Y. I. 2015. Estimation of soil moisture using multispectral and FTIR techniques', *The Egyptian Journal of Remote and Space Science*, 18(2), pp. 151–161.



بررسی میزان تبخیر تعرق واقعی با استفاده از سنجش از دور

مینا ارست^۱، ابوالفضل رنجبر^{۲*}، سید حجت موسوی^۳، خدایار عبدالهی^۴

۱ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۲* دانشیار گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۳ استادیار گروه اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران

۴ استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

*^۲aranjbar@kashanu.ac.ir

چکیده

برآورد دقیق و به موقع تبخیر تعرق نقش مهمی در برنامه‌ریزی منابع آب دارد. هدف از این تحقیق، برآورد تبخیر تعرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبس و تصاویر ماهواره‌ای مودیس در حوضه زاینده‌رود است. بدین منظور، برای هر پیکسل از تصویر، شارهای سطحی بیلان انرژی محاسبه و میزان تبخیر تعرق به صورت باقیمانده‌ی معادله‌ی توازن انرژی برآورد می‌شود. سپس نتایج به دست آمده از الگوریتم سبس با نتایج حاصل از رابطه پنمن-مانتیث فائو مقایسه شد. نتایج نشان داد بیشترین وسعت منطقه دارای تبخیر تعرقی در بازه ۳/۵-۰/۱ میلی‌متر در روز می‌باشد و دلیل آن نیز وسعت مناطق فاقد پوشش گیاهی نسبت به مناطق دارای پوشش گیاهی می‌باشد. ضریب R^2 مربوط به مقایسه‌ی تبخیر تعرق پنمن-مانتیث فائو و الگوریتم سبس برابر با ۰/۸۴ است که نشان دهنده‌ی همبستگی خوب بین این دو روش می‌باشد.

واژگان کلیدی: تکنیک سنجش از دور، دمای سطح زمین، شاخص گیاهی، مدل‌های بیلان انرژی، مناطق خشک و نیمه‌خشک.

۱- مقدمه

محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب و غیر اقتصادی از آن عامل اصلی محدود کننده توسعه کشاورزی و کلیه فعالیت‌های مرتبط است. یکی از روش‌هایی که باعث بهبود مدیریت بهره برداری آب و در نهایت افزایش راندمان مصرف می‌شود، برآورد دقیق تبخیر تعرق یا تخمین میزان آب مصرفی گیاهان می‌باشد (۲). تبخیر تعرق یکی از مؤلفه‌های اصلی بیلان آبی هر منطقه و همچنین یکی از عوامل کلیدی برنامه‌ریزی درست و مناسب آبیاری می‌باشد. تبخیر تعرق یک فرآیند پیچیده است که شامل تعاملات طیف وسیعی از متغیرهای زمینی و جوی، می‌باشد (۴).

پیشرفت روزافزون تکنولوژی سنجش از دور، امکان برآورد تبخیر تعرق واقعی آن را در سطح وسیعی فراهم نموده است. برآورد تبخیر تعرق واقعی و پراکنش مکانی آن از مواردی است که به کمک سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای امکان پذیر بوده و اهمیت زیادی نسبت به روش‌های تجربی دارد (۶). روش‌های مبتنی بر سنجش از دور می‌توانند برای برآورد تبخیر تعرق واقعی به کار روند، به طوری که میزان تبخیر تعرق را در مقیاس پیکسل در پیکسل برای دوره‌های زمانی کوتاه در یک سطح فضایی بزرگ فراهم کند (۷).

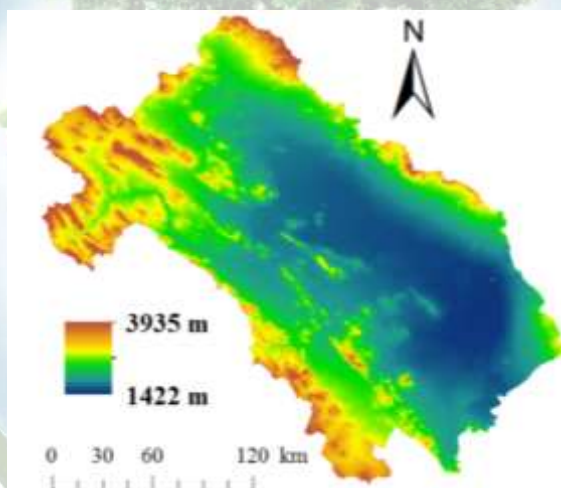
جهت تعیین تبخیر تعرق با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای الگوریتم‌های متعددی مانند بیلان انرژی، تدوین شده است. با استفاده از این الگوریتم، مؤلفه‌های بیلان انرژی در مقیاس منطقه‌ای و با کمترین داده‌های زمینی محاسبه می‌شود. به طور

خلاصه ارتباط بین تشعشعات دریافتی توسط ماهواره‌ها از سطح زمین از باندهای مرئی و مادون قرمز حرارتی و نیز تفاوت پوشش و بازتابش سطوح زمین، پایه و اساس روابط در الگوریتم‌های بیلان انرژی می‌باشد (۷). مانند مدل تبخیرتغرق سبس^۱. این مدل‌ها با اعتبارسنجی خوب در مقیاس مکانی از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح مناسب توسعه یافتند. مطالعاتی در این زمینه با استفاده از مدل‌های سنجش از دور انجام شده است که در ادامه به چند مورد آن‌ها اشاره می‌شود: Muthuwatta و همکاران (۸) برای ارزیابی میزان آب در دسترس، از ۱۹ تصویر خالی از ابر سنجنده‌ی مودیس^۲ و الگوریتم سبس در یک دوره یکساله استفاده کردند. Jia و همکاران (۴) مقدار تبخیرتغرق روزانه و سالیانه را با استفاده از داده‌های مودیس و مدل سنجش از دور تخمین زدند. Elhag و همکاران (۳) با انجام تحقیقی بر روی دلتای رودخانه‌ی نیل برآورد تبخیرتغرق از مدل سبس استفاده کردند. در این پژوهش برای صحت‌سنجی مدل از یک شبکه‌ی نقاط اندازه‌گیری واقعی استفاده شد که نتایج مدل سبس در مقایسه با این مقادیر سطح دقت قابل قبولی داشت، از این رو کارایی مدل سبس در برآورد تبخیرتغرق اثبات شد. در پژوهش حاضر نیز میزان تبخیرتغرق واقعی با استفاده از الگوریتم سبس و تصاویر سنجنده‌ی مودیس در حوضه‌ی زاینده‌رود برآورد و بررسی می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه زاینده‌رود بین طول و عرض جغرافیایی $۲۴^{\circ} ۵۳' - ۲۲^{\circ} ۵۰'$ شرقی و $۳۱^{\circ} ۱۲' - ۳۳^{\circ} ۴۲'$ شمالی در مرکز ایران قرار دارد. این حوضه در استان اصفهان و بخشی از استان‌های چهارمحال بختیاری، یزد و فارس قرار گرفته است و دارای بارشی در حدود ۹۵-۲۷۴ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای هوای آن به ترتیب برابر با ۱۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه خطوط ارتفاعی حوضه زاینده‌رود

تهیه داده‌ها، الگوریتم سبس و تصاویر مودیس

به منظور برآورد تبخیرتغرق واقعی از مدل سبس استفاده شد. ابتدا برای مدل‌سازی اطلاعات استاندارد هواشناسی مانند سرعت باد، ساعات آفتابی، دماهای بیشینه، کمینه و نقطه‌ی شبنم به عنوان اطلاعات زمینی مدلاز سازمان هواشناسی کشور تهیه و استفاده می‌شود. تصاویر مورد نیاز در این پژوهش از سنجنده مودیس در فصل رشد در سال ۲۰۱۷ و از تارنمای مربوط به

¹ Surface Energy Balance System (SEBS)

²Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

آن (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>) تهیه شد. در هنگام دانلود سعی شد تا تصاویر بدون پوشش ابر انتخاب شوند. برای رسم و تهیه نقشه‌های مورد نیاز در این تحقیق از نرم افزار GIS 10.3 استفاده شد.

مدل سبب، بر پایه معادله توازن انرژی است (رابطه ۱) (۹). در این مدل، مقدار تبخیرتغرق از تصاویر ماهواره‌ای با به کارگیری یک بیلان انرژی از سطح تعیین می‌شود. جایی که انرژی مصرف شده توسط تبخیرتغرق به عنوان یک باقی‌مانده از معادله‌ی انرژی سطحی محاسبه می‌شود (۵):

$$R_n = G_0 + H + \lambda E \quad (1)$$

در رابطه ۱، R_n ، شار تابش خالص، G_0 ، شار گرمایخاک، H ، شار گرمای محسوس و λE شار گرمای نهان است و تمام این مولفه‌های این رابطه بر حسب وات بر مترمربع بیان می‌شود.

اطلاعات ورودی به مدل سبب از سه مجموعه تشکیل شده است: مجموعه اول شامل آلبیدوی سطح زمین، گسیلندگی، دما، کسر پوشش گیاهی و شاخص سطح برگ گیاه و ارتفاع زبری. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات گیاه، می‌توان شاخص نرمال شده‌ی گیاهی (NDVI) را جایگزین کرد. این مجموعه می‌تواند از داده‌های سنجش از راه دور با دیگر اطلاعات سطحی منطقه به دست آید. مجموعه دوم شامل فشار بخار، دما، رطوبت و سرعت باد در ارتفاع مرجع (ارتفاع اندازه‌گیری شده در لایه-ی مرزی سیاره‌ای یا نقطه کاربردی است. سومین مجموعه شامل تابش خورشیدی ورودی و تابش طول موج بلند ورودی که به طور مستقیم می‌تواند اندازه‌گیری شود و یا به صورت خروجی مدل، پارامترسازی شود. پس از محاسبه جداگانه اجزای بیلان انرژی در رابطه، شار گرمای نهان برآورد می‌شود که در نهایت میزان تبخیرتغرق به دست می‌آید. برای برآورد تبخیرتغرق روزانه‌ی ماهواره از مقدار لحظه‌ای آن، از نسبت تبخیرتغرق گیاه مرجع حاصل از روش پنمن ماتیت فائو در مقیاس ساعتی (میلی‌متر در ساعت) استفاده شد.

$$ET_{act-24} = ET_{r-24} \frac{ET_{inst}}{ET_{r-inst}} \quad (2)$$

در این رابطه، ET_{act-24} برابر با میزان تبخیرتغرق واقعی روزانه‌ی مدل‌های ماهواره‌ای (میلی‌متر)، ET_{r-24} و ET_{r-inst} به ترتیب تبخیرتغرق گیاه مرجع در مقیاس ساعتی (میلی‌متر در ساعت) در لحظه‌ی گذر ماهواره و مقدار روزانه آن (میلی‌متر در روز) در نقاط مورد مطالعه است. در نهایت با ضرب کردن مقادیر روزانه‌ی تبخیرتغرق پتانسیل در مقادیر به دست آمده برای هر روز (از رابطه ۲)، مقدار تبخیرتغرق واقعی برای آن روز حاصل می‌شود.

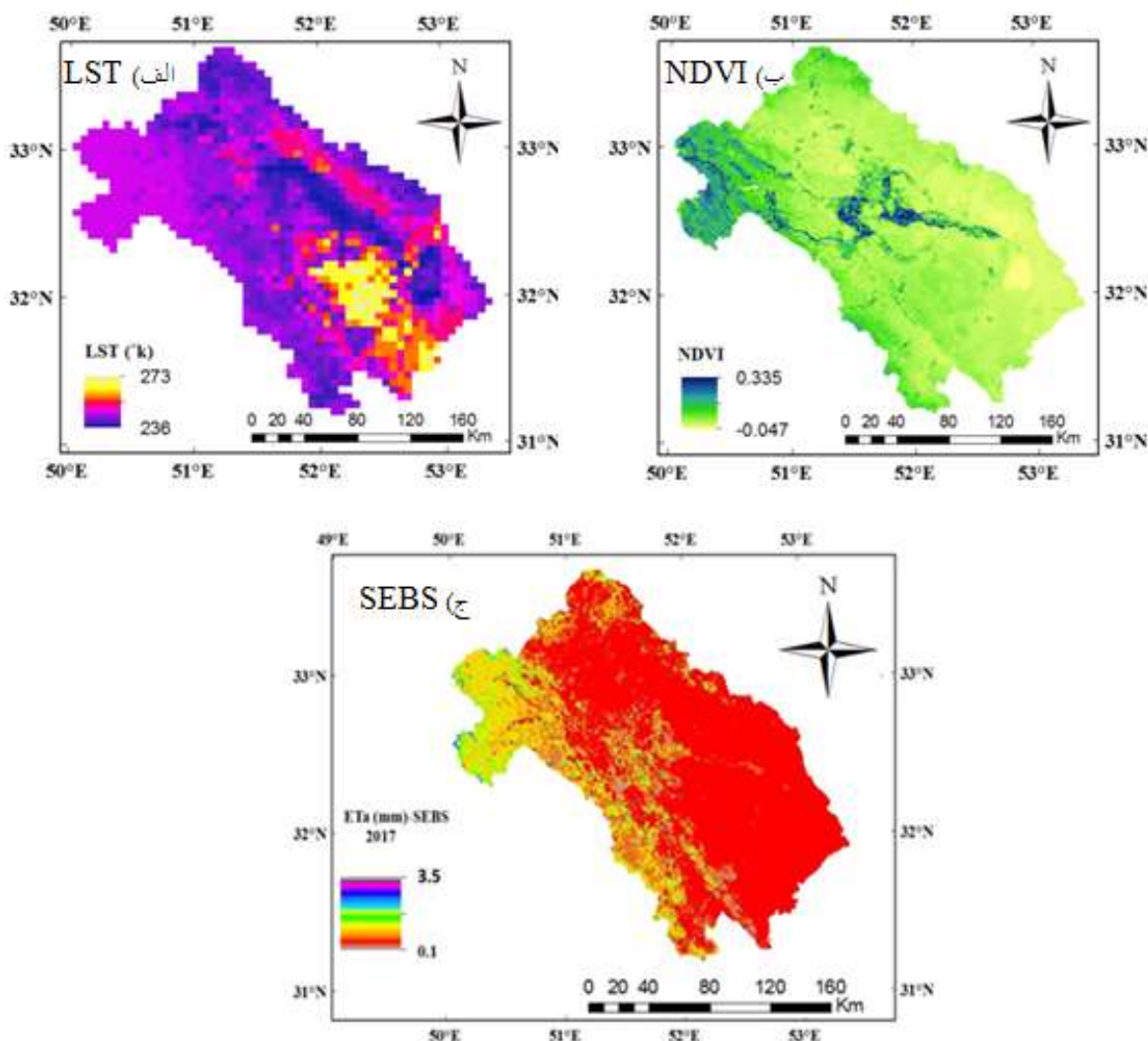
۳- نتایج و بحث

تبخیرتغرق واقعی در حوضه زاینده‌رود براساس یک فرآیند طولانی و پیچیده به کمک الگوریتم سبب و تصاویر سنجنده-ی MODIS، در دوره مورد مطالعه و از تصاویر ماهواره‌ای با درجه ابرناکی کم بدست آمد. شکل ۲، نشان دهنده‌ی توزیع NDVI، LST و تبخیرتغرق حاصل از سبب است. نتایج حاصل از برآورد تبخیرتغرق روزانه نشان داد در مکان‌های دارای پوشش گیاهی بیشتر به دلیل تبخیرتغرق بیشتر دمای کمتری مشاهده می‌شود و در نواحی با پوشش گیاهی تنک و یا خاک فاقد از پوشش گیاهی، دمای سطح زمین به دلیل نبود منبعی برای تبخیرتغرق، زیاد می‌باشد. Badola (۱) همچنین بیان کردند که سبب به گرادیان دمای هوا حساس است. براین اساس، سبب براساس دمای هوا تنظیم شده و از گرمای محسوس در رابطه آن استفاده شده است. پوشش گیاهی در حوضه زاینده‌رود بسیار ضعیف و کم و وابسته به گیاهان خشک و بیابانی و یا نواحی که دارای زمین‌های کشاورزی هستند، که البته بسیاری از این زمین‌ها به دلیل نبود آب کافی برای زراعت، رها شده و یا چند سال یکبار، گیاهان یکساله در آن کشت می‌شود. عمق آب زیرزمینی نیز در این حوضه بسیار پایین و اکثراً با شوری بالا به همراه است. با توجه به شکل ۲، بیشترین وسعت منطقه دارای تبخیرتغرق نزدیک به ۰/۱ میلی‌متر در روز می‌باشد و دلیل آن

نیز وسعت مناطق فاقد پوشش گیاهی نسبت به مناطق دارای پوشش گیاهی می‌باشد. بیشترین تبخیرتعرق نیز مربوط به نواحی شمال غرب و غرب حوضه با میانگین مقداری برابر ۳/۲۷ میلی‌متر در روز می‌باشد. براساس نتایج جدول ۱، الگوریتم‌سبس دارای میانگین تبخیرتعرق معادل ۱/۴۴۵ میلی‌متر در روز می‌باشد. بنابراین نسبت به تبخیرتعرق حاصل از روش پنمن مانتیث فائو، دارای برآورد مناسبی می‌باشد.

جدول ۱- مقایسه‌ی آماره‌های دو روش الگوریتم سبس و پنمن مانتیث فائو

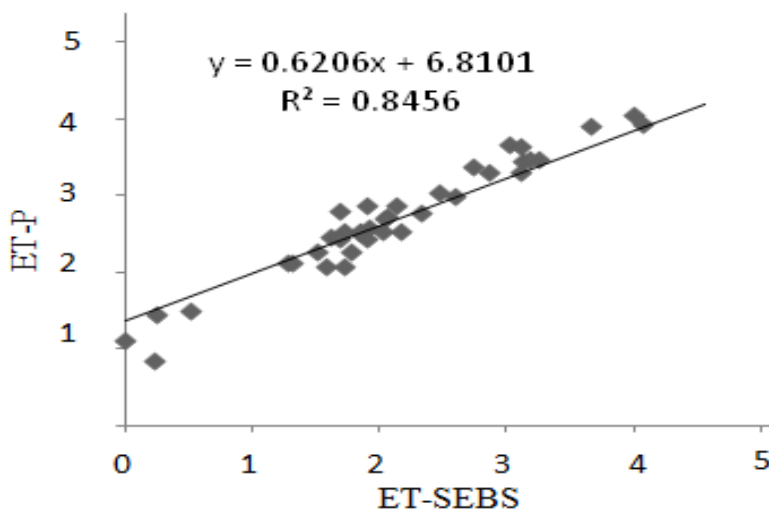
روش	بیشترین تبخیرتعرق (میلی‌متر در روز)	کمترین تبخیرتعرق (میلی‌متر در روز)	میانگین تبخیرتعرق	انحراف معیار
سبس	۳/۵۳	۰/۱	۱/۴۴۵	۱/۲۲
پنمن مانتیث فائو	۳/۴۲	۰/۱۵	۱/۷۸۲	۱/۶۳



شکل ۲- الف) نقشه توزیع مکانی دمای سطح زمین (LST)، ب) نقشه توزیع مکانی شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و ج) نقشه توزیع مکانی تبخیرتعرق روزانه سبس

شکل ۳، نشان دهنده‌ی مقادیر تبخیر و تعرق سبس و پنمن مانتیث فائو می‌باشد. در این شکل مقایسه-یضرب‌گرسیوندردوروشدرمنطقهمورد مطالعه، انجام شده‌است. همانطور که مشاهده می‌شود ضریب R^2 مربوط به تبخیرتعرق پنمن

مانتیت فائو والگوریتم سبس برابر با ۰/۸۴۵۶ و به یک نزدیک است که دارای همبستگی خوب و سطح معنی دار بالایی هستند. این نتایج با تحقیق Jin و همکاران (۵)، Muthuwatta و همکاران (۸) و Elhagh و همکاران (۳)، Jia و همکاران (۴) مطابقت دارد که همه این محققین تبخیرتغرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم سبس برآورد کرده و کارایی این الگوریتم را نیز تایید نموده‌اند.



شکل ۳- مقادیر تبخیر و تغرق با استفاده از دوروش الگوریتم سبس (ET-SEBS) و پنمن مانتیت فائو (ET-P)

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه الگوریتم توازن انرژی (سبس) برای برآورد توزیع تبخیرتغرق واقعی در حوضه زاینده‌رود در فصل رشد در سال ۲۰۱۷ بررسی شد. به طور کلی بیشتر نواحی حوضه زاینده‌رود به استثنا ناحیه کوچکی در قسمت شمال غربی، دارای نواحی خشک و با تبخیرتغرق زیادتر بوده که دامنه میانگین تبخیرتغرق واقعی آن از ۰/۱ تا ۲/۵ میلی‌متر در روز در بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. اما در نواحی غرب و شمال غربی دامنه تغییرات تبخیرتغرق متفاوت‌تر از سایر قسمت‌های حوضه، بود و تا ماکزیمم مقدار ۳/۵ میلی‌متر در روز نیز پیش رفته است. وجود الگوریتم‌های متعدد بیلان انرژی همچون سبس برای برآورد تبخیرتغرق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که تکنولوژی سنجش از دور گرچه با سرعت زیادی در حال پیشرفت است، اما هنوز راه زیادی تا تکامل در پیش رو دارد. بنابراین ضروری است تا روش‌های موجود با دقت بیشتری در بازه‌های زمانی متفاوت و طولانی مدت بررسی شود.

۵- منابع

1. Badola, A. 2009. Validation of Surface Balance Systems SEBS over forest land cover and sensitivity analysis of the model. Master thesis, faculty of geo-information and earth observation (ITC), university of Twente, Enschede, The Netherlands.
2. Denis, D. M.; Timmermans, J.; Tol, C. V. D. 2013. Disaggregating SEBS medium resolution evapotranspiration to crop scale.
3. Elhag M, Psilovikos A, Manakos I, Perakis K. 2011. Application of the SEBS water balance model in estimating daily evapotranspiration and evaporative fraction from remote sensing data over the Nile Delta. *Water Resources Management*. 2011. 25(11): 2731-2742.
4. Jia L, Xi G, Liu S, Huang C, Yan Y, Liu G. 2009. Regional estimation of daily to annual regional evapotranspiration with MODIS data in the Yellow River Delta wetland. *Hydrology and earth system sciences*. 13(10): 1775-1787.
5. Jin, X.; Guo, R.; Xia, W. 2013. Distribution of Actual Evapotranspiration over Qaidam Basin, an Arid Area in China. *Remote Sens*. 5, 6976-6996.
6. Mahour, M., V. Tolpekin., A. Stein., A. Sharifi. 2017 "A comparison of two downscaling procedures to increase the spatial resolution of mapping actual evapotranspiration." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 126:56-67.
7. Mohammadian, M.; Ramin Arfania, R.; Sahour, H. 2017. Evaluation of SEBS algorithm for estimation of daily evapotranspiration using landsat-8 dataset in a semi-Arid region of central Iran. *Open Journal of Geology*, 7, 335-347.



- Muthuwatta LP, Bos M, Rientjes T. 2010. Assessment of water availability and consumption in the Karkheh River Basin, Iran—using remote sensing and geo-statistics. *Water Resources Management*, 24(3): 459-484.
- Su, Z. 2002. Aggression effects of surface heterogeneity in land surface processes. *Hydrology and earth system science*, 3, pp. 549–563.



بررسی تغییرات پوشش گیاهی، دما و رطوبت خاک با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور

مینا ارست^۱، ابوالفضل رنجبر^{۲*}، سید حجت موسوی^۳، خدایار عبدالمهی^۴

^۱ دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^{۲*} دانشیار گروه کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^۳ استادیار گروه اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران، ^۴ استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران
aranjbar@kashanu.ac.ir

چکیده

یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات منابع طبیعی، استفاده از فناوری دور سنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. سنجش از دور کاربردهای گوناگون و متنوعی دارد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و سنجش از دور اقدام به برآورد شاخص‌های رطوبت خاک (NDMI)، دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ شد. نتایج نشان داد که میزان شاخص NDMI وابسته به تغییرات شاخص LST می‌باشد. به علاوه با افزایش مقدار شاخص LST مقدار NDMI کاهش می‌یابد. با کاهش میزان NDMI میزان پوشش گیاهی کمتر شده است. میزان هر سه شاخص در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۰ کم‌تر بوده است. بین مقادیر رطوبت خاک سطحی و شاخص‌های NDVI، NDMI و LST همبستگی خوبی وجود دارد. به علاوه میان دو شاخص LST و NDMI همبستگی بالا و R^2 برابر با ۰/۹۳ بود.

واژگان کلیدی: خشکسالی، رطوبت سطحی خاک، سنجش از دور، شاخص‌های دمایی و گیاهی

۱- مقدمه

پژوهشگران از آغاز دهه ۱۹۸۰ شروع به استخراج اطلاعات از پوشش گیاهی زمین به وسیله سنجنده‌های ماهواره‌ای کردند. از مهم‌ترین نمایه‌هایی که برای نشان دادن وضعیت پوشش گیاهی، رطوبت خاک و خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت می‌توان به استفاده ترکیبی از اطلاعات ماهواره‌ای دمای سطح زمین LST و نمایه‌های گیاهی را در برآورد رطوبت خاک اشاره کرد. پژوهشگران باور دارند که ترکیب این داده‌ها می‌تواند اطلاعات بهتری از تنش‌های گیاهی و شرایط رطوبتی سطح زمین فراهم آورد (۱).

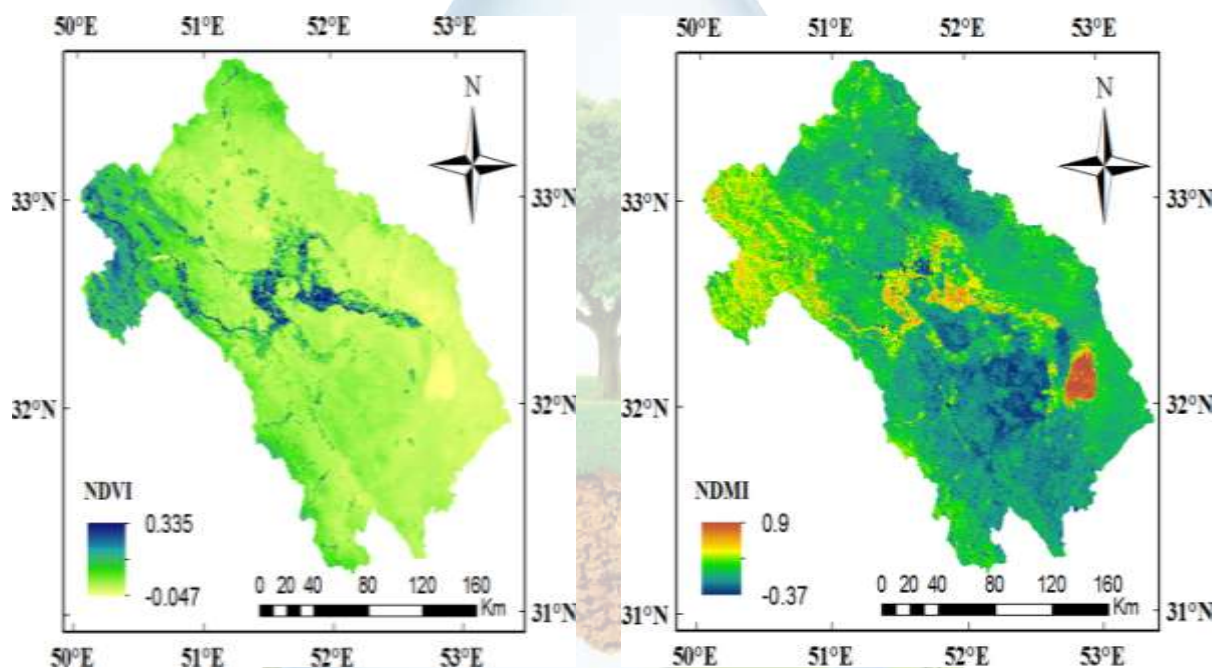
پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، وابستگی پیچیده‌ای بر روی رطوبت خاک دارند. Carlson و همکاران (۴) و Zarei و همکاران (۶) نشان دادند از ترکیب این دو شاخص می‌توان برای برآورد خاک با دقت قابل قبول استفاده کرد. تغییرات رطوبت خاک، تأثیرات فراوانی بر ویژگی‌های حرارتی خاک دارد. به عبارت دیگر تغییرات روزانه دما، همبستگی بالایی با مقدار رطوبت خاک دارد. Wang و همکاران (۵) با تلفیق داده‌های رطوبت خاک زمینی با شاخص‌های NDVI و LST حاصل از محصولات شاخص گیاهی و دمای سطحی مودیس، روابط رگرسیونی را برای برآورد رطوبت خاک به دست آوردند که نتایج حاصله همبستگی بالایی را با مشاهدات زمینی نشان داده است. یکی دیگر از شاخص‌های حرارتی، شاخص NDMI است که با تلفیق با شاخص NDVI، برای بررسی وضعیت خشکسالی و همچنین برآورد مقدار رطوبت خاک استفاده شده است.

هدف از انجام این پژوهش بررسی امکان برآورد رطوبت لایه سطحی خاک با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس در اراضی با اقلیم نیمه‌خشک و خشک حوضه زاینده‌رود می‌باشد. برای این منظور وجود همبستگی بین شاخص‌های NDVI، NDMI و LST به دست آمده از تصاویر سنجنده مودیس بررسی می‌شود. نتایج این بررسی می‌تواند به‌عنوان روشی کاربردی در مطالعات محیطی توسط پژوهشگران علوم گوناگون مورد استفاده قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

حوضه زاینده‌رود بین طول و عرض جغرافیایی $53^{\circ} 24' - 50^{\circ} 02'$ شرقی و $31^{\circ} 12' - 33^{\circ} 42'$ شمالی در مرکز ایران قرار دارد. این حوضه دارای بارشی در حدود ۲۷۴-۹۵ میلی‌متر و حداقل و حداکثر دمای هوای آن به ترتیب برابر با ۱۰ و ۱۷ درجه سانتی‌گراد است. این حوضه با کمبود میزان بارش و رطوبت در خاک مواجه است از این رو میزان تراکم پوشش گیاهی این منطقه نیز با چالش‌های جدی مواجه است (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه NDVI و NDMI از حوضه زاینده‌رود در سال ۲۰۱۸

روش تحقیق

در این بررسی از تصاویر سنجنده مودیس واقع بر ماهواره Terra، برای فروردین ۲۰۰۰ تا فروردین ۲۰۱۸، به ترتیب ابتدا و پایان دوره استفاده گردید. در این دوره زمانی سه شاخص LST، NDVI و NDMI از سنجنده مودیس تهیه شد (۱). محاسبه شاخص در سنجنده مودیس باندهای حرارتی ۳۱ و ۳۲ برای برآورد دمای سطح زمین قابل استفاده هستند (۲). شاخص پوشش گیاهی NDVI نمایه‌ای است وابسته به میزان و وضعیت پوشش گیاهی که از MOS13Q1 تهیه می‌شود. در رابطه ۱ شاخص NDVI از باندهای قرمز و مادون قرمز بدست می‌آید.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

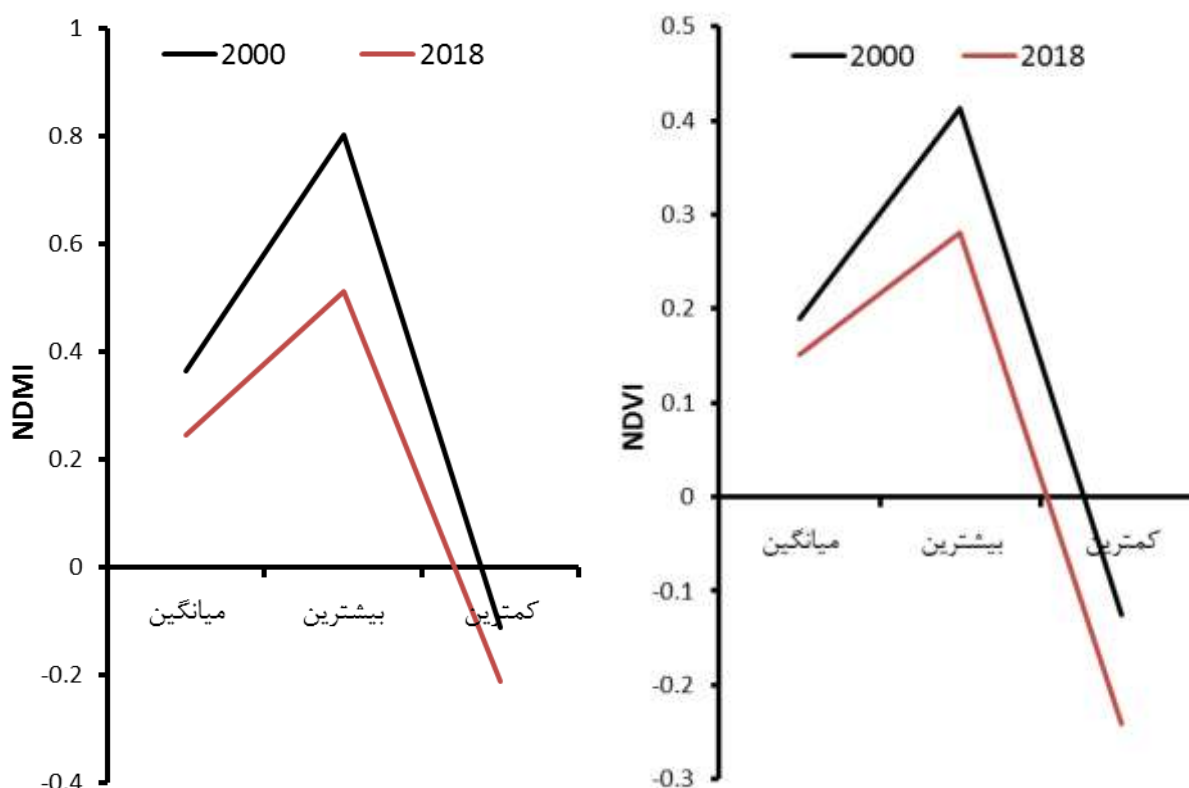
NDMI یا شاخص اختلاف رطوبتی نرمال شده، از باندهای مربوط به طول موج مادون قرمز نزدیک و میانی در سنجنده مودیس به ترتیب باندهای ۲ و ۶ می‌باشند. در رابطه ۲، شاخص NDMI از طول موج مادون قرمز نزدیک و میانی بدست می‌آید.

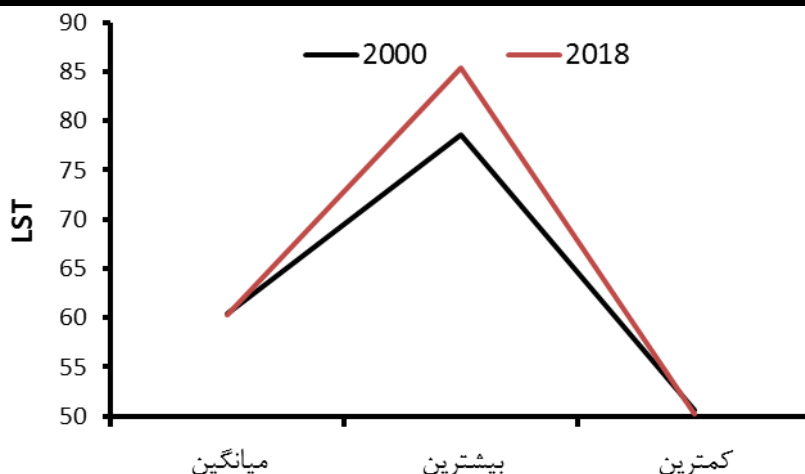
$$NDMI = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR} \quad (2)$$

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش پس از پیش پردازش‌های لازم بر تصاویر مودیس، شاخص‌های NDVI، LST و NDMI تهیه شد. نتایج مقایسه‌ی داده‌های این سه شاخص در شکل ۲ مشخص است.

براساس شکل ۲، میزان NDVI از سال ۲۰۰۰ (ابتدای مطالعه) تا سال ۲۰۱۸ (انتهای مطالعه) در نواحی مورد مطالعه کاهش پیدا کرده است. تنها در بعضی سال‌ها میزان آن بیش از سال ۲۰۰۰ بوده است به ویژه در سال‌های میانی، ماکزیمم مقدار در نقاط مورد مطالعه مشاهده شد. البته دلیل این افزایش در این سال‌ها ممکن است وجود باران‌های فصلی که اکثرا موقت و با مقدار کم، هستند، باشد که باعث افزایش کشاورزی و تراکم پوشش گیاهی شده است (۳). میزان شاخص‌های LST و NDMI نیز در سال ۲۰۱۸ نسبت به سال ۲۰۰۰ کم‌تر بوده است. این دو شاخص نیز مشابه با شاخص NDVI بوده و در سال‌های میانی مقدار بیشتری نسبت به دو سال ابتدا و انتهای مطالعه نشان دادند.





شکل ۲- مقایسه شاخص‌های NDVI، LST و NDMI در سال‌های ابتدایی و انتهای دوره مطالعاتی در نقاط مورد مطالعه

در جدول ۱ همبستگی و ارتباط سه شاخص NDVI، LST و NDMI با هم مقایسه شده است. براساس این شکل این سه شاخص دارای همبستگی معنی‌دار هستند و با یکدیگر دارای ارتباط مستقیم هستند. همانطور که از این جدول مشخص است هر سه شاخص در ارتباط با یکدیگر دارای مقادیر R^2 بالایی هستند. این نتایج نشان می‌دهد که این سه شاخص در کنار هم، قادر به برآورد دقیق مقدار رطوبت خاک و پوشش گیاهی در حوضه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۱- ارتباط میان سه شاخص LST، NDVI و NDMI در دوره مورد مطالعه

نوع شاخص	R^2
NDVI و LST	$y = 0.0332x + 10.356$ $R^2 = 0.9054$
NDMI و LST	$y = 0.103x - 203.81$ $R^2 = 0.884$
LST و NDMI	$y = 0.7318x - 3.4353$ $R^2 = 0.9324$

۴- نتیجه‌گیری

رطوبت خاک، به‌ویژه رطوبت سطحی خاک نقش بسیار مهمی در مدیریت پوشش گیاهی دارد. به علاوه نقش تأثیرگذاری در چرخه آبی طبیعت و توزیع آب باران و نفوذ آن به داخل خاک دارد. بنابراین تعیین روش مؤثر برای برآورد رطوبت خاک و عوامل متأثر از آن ضروری است. نتایج پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص NDVI در پهنه وسیع همچون حوضه زاینده‌رود با دقت مناسب قابل قبول است و علاوه بر آن شاخص‌های NDVI و LST برآورد خوبی از دمای سطح زمین و تراکم پوشش گیاهی در دراز مدت نشان می‌دهند. سه شاخص LST، NDVI و NDMI دارای رابطه خطی با یکدیگر هستند. به علاوه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در حوضه‌ی مورد مطالعه برای محاسبه‌ی هر سه شاخص بسیار کارآمد و مقرون به صرفه است.

۵- منابع

- خانمحمدی، ف.، همایی، م.، نوروزی، ع. ۱۳۹۳. برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح خاک شاخص نرمال شده رطوبت با استفاده از تصاویر مودیس، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۴(۲): ۳۷-۴۵.

۲. خردمند، ر.، جلالی مجیدی، م.، و خزامی، س. 1395. بررسی امکان برآورد رطوبت سطحی خاک از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نمایه گرمایی، کنگره بین‌المللی توانمندسازی جامعه در حوزه مدیریت، اقتصاد، کارآفرینی و مهندسی فرهنگی، مرکز توانمندسازی مهارت‌های فرهنگی و اجتماعی جامعه، تهران، 11 ص.
۳. فشایی، م.، ثنایی نژاد، س.ح.، و داوری، ک. 1394. تخمین رطوبت خاک با استفاده از سنجنده مودیس (مطالعه موردی: محدوده دشت مشهد)، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۶(۲۹): ۱۷۴۸-۱۷۳۵.
4. Carlson T, Gillies R, Perry E. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sensing Reviews*, 9: 161-173.
 5. Wang, L. and J. Qu, J. 2009. Satellite remote sensing applications for surface soil moisture monitoring. *Earth Science*, 3: 237-247.
 6. Zarei, Gh., Homaei, M., Liaghat, A.M. and Hoorfar, A.H. 2010. A model for soil surface evaporation based on Campbell's retention curve. *Journal of Hydrology*, 380:356-361.



معرفی نرم افزارهای کیفیت آب در مورد خود پالایی رودخانه

فاطمه کمال غریبی^۱ مهدی مفتاح هلقی^۲

^۱ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی لقمان حکیم شهر گرگان، ^۲ دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

امروزه توسعه صنعتی آثار مخرب و زیان باری بر محیط زیست انسان در سراسر جهان از جمله کشورمان گذاشته است، بنابراین با توجه به اینکه ایران در شمار کشورهای در حال توسعه می باشد، چنانچه همزمان با توسعه، به مسائل زیست محیطی و به خصوص کیفیت آب توجه نشود، نه تنها توسعه اقتصادی حاصل نخواهد شد، بلکه این امر مشکلات و پیامدهای جبران ناپذیری را به دنبال خواهد داشت. رودخانه‌ها به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین آب شیرین مصرف بخش‌های صنعت، کشاورزی و شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. لذا با توجه به بحران کمبود آب و توسعه صنعتی در ایران، برنامه‌ریزی و رسیدگی جدی به کیفیت آب رودخانه‌های کشور از حیاتی‌ترین موضوعاتی است که بایستی توجه بسیاری به آن شود. با توجه به بحران کمبود آب انجام تحقیقاتی جامع پیرامون آلودگی رودخانه‌ها از لحاظ کمی و کیفی و استفاده از ابزارهای مدیریتی همچون مدل‌های ریاضی و کامپیوتری به منظور پیش‌بینی وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها و پیشگیری از آلودگی فزاینده آن امری ضروری به نظر می‌رسد. در مطالعات ظرفیت خود پالایی، تفکیک تأثیر منابع مختلف آلودگی بر کیفیت آب امری ضروری و منطقی است. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیلی و توصیفی و کتابخانه‌ای و با استفاده از بررسی مقالات علمی به بررسی نرم افزارها و مدل‌های مورد استفاده در خود پالایی رودخانه‌ها پرداخته شد و به تفکیک مورد مقایسه قرا گرفتند.

کلیدواژگان: خود پالایی، رودخانه، کیفیت آب، آلاینده‌ها.

۱- مقدمه

توسعه روزافزون فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و افزایش قابل توجه حجم فاضلاب‌های شهری موجب آلودگی منابع آب، به ویژه رودخانه‌ها شده است. شناخت رابطه علت - معلولی بین کیفیت آب رودخانه و بارگذاری آلاینده‌ها، از اولین اقدامات لازم برای تعیین ظرفیت خود پالایی یک رودخانه است (واکراچیان، ۱۳۸۲). این رابطه تابع عوامل مختلف فیزیکی و ویژگی‌های شیمیایی - زیستی مانند اکسیژن خواهی بستر، فتوسنتز، تنفس جلبک‌ها و نیتریفیکاسیون است. (محمدی خلف بادام، ۱۳۸۳) در این مقاله، روش‌ها و مدل‌های خود پالایی رودخانه‌ها بیان و مکانیزم تأثیر هر یک تشریح می‌گردد و تأثیر هر عامل بر غلظت اکسیژن محلول رودخانه، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. (رضایی بنیس، ۱۳۷۶) در نهایت با ارائه گرافهای ساده، نحوه اثر هر یک از عوامل ترسیم و دستورالعمل کلی بهبود کیفیت آب، با توجه به شرایط رودخانه، ارائه می‌گردد که منجر به تسهیل و افزایش دقت در اتخاذ تصمیم‌های اجرایی خواهد شد (فصلنامه الکترونیکی محیط زیست و کیفیت منابع آب ایران، ۱۳۹۵).

خود پالایی، توانایی یک توده آبی در زدودن آلاینده‌ها از خود است. به بیان دیگر، حذف یا کاهش مواد آلی، مواد مغذی گیاهان و سایر آلاینده‌ها از رودخانه‌ها به واسطه فعالیت جوامع زیستی ساکن در آن، خود پالایی نامیده می‌شود (معاونت برنامه‌ریزی و

نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، وزارت نیرو، ۱۳۸۷). (طی این فرآیند، مواد قابل تجزیه‌ای که وارد آب شده‌اند به تدریج توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و آلودگی آب کاهش می‌یابد. در صورتی که آلاینده‌های دیگری در مسیر پایین دست وارد نشود، آب خود را پالایش خواهد کرد. این فرآیند بر ترکیبات آلی غیرقابل تجزیه یا فلزات قابل اعمال نیست. میزان بارگذاری قابل تحمل برای رودخانه‌های مختلف تابع عوامل زمانی و مکانی مختلف مرتبط با نوع و شدت بار مواد زاید ورودی و هم چنین شرایط محیطی داخل رودخانه است (علائی، ۱۳۶۴). با توجه به تنوع و تعداد منابع آلاینده و متفاوت و متغیر بودن توان خودپالایی رودخانه‌ها از جنبه مکانی و زمانی، اعمال استانداردهای تخلیه پساب برای جلوگیری از تخریب کیفیت آب رودخانه‌ها و حفظ سلامت این زیست بوم‌ها در همه جا و همه شرایط کافی نیست (محبوبی، ۱۳۹۷).

از این رو، علاوه بر ضرورت اعمال استانداردهای تخلیه پساب برای کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای و اجرای اقدامات مدیریتی در سطح حوضه آبریز برای کنترل آلاینده‌های نقطه‌ای، متناسب کردن میزان بارگذاری مواد زاید با توان خودپالایی یک رودخانه براساس وضعیت اقلیمی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی، هیدرولیکی و هندسی رودخانه، اهمیت نسبی فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی و شرایط اقتصادی، اجتماعی و سیاسی برای حفظ سلامت زیست‌بوم‌ها و کیفیت آب رودخانه براساس استانداردهای کیفیت آب مربوط به کاربری‌های موجود یا آینده امری ضروری است (نصراللهی، ۱۳۹۵). در فرآیند مدل‌سازی، روابط حاکم بر فرآیندها به هم دیگر مرتبط می‌شوند تا بتوان رابطه علت و معلولی بین بار آلاینده‌های ورودی به رودخانه و تغییرات کیفیت آب را تعیین نمود. سپس از این رابطه می‌توان میزان تصفیه بهینه و مطلوب (ولی نه لزوماً اجباری) و مقرون به صرفه اقتصادی، برای دستیابی به استانداردها و معیارهای کیفیت آب را مشخص کرد (Martin, 1939).

۱-۱- سوابق موضوع

بررسی سابقه تحقیقات علمی انجام شده در بحث آلودگی و کیفیت آب رودخانه‌ها و بررسی مدل‌های نرم افزاری گوناگون در این زمینه تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است، در دو بخش زیر شرح داده شده است.

۱-۱-۱- تحقیقات انجام شده در جهان

شروع مطالعات دقیق و مدون کردن کیفیت آب رودخانه‌ها را می‌توان از سال ۱۹۲۵ دانست که استریتر و فلیس رابطه‌ی بین مواد آلی آب و کاهش اکسیژن محلول را با معرفی پارامتر Bod بیان کردند که نهایتاً به ارائه‌ی مدل کاهش اکسیژن محلول منجر شد.

در سال ۱۹۹۹ تریالت و میز برای تعیین پارامترهای مدل کاهش اکسیژن محلول، روش‌های دیگری را نیز به دست آوردند. در ۱۹۴۸، توماس مقدار Bod را تحت تأثیر تخ نشینی در معادله کاهش اکسیژن محلول تخمین زد (Tryalt G, Miz, 1999).

در سال ۱۹۹۶ ملچینگ و همکارانش تحقیقی با عنوان «عدم قطعیت منابع کلیدی و مهم در مدل Qual2 e برای رودخانه پاسانیک در نیوجرسی» انجام دادند که در آن، در مورد روش محاسبه داده‌های مورد نیاز مدل که منجر به کاهش کیفیت آب آن شده است پیش‌بینی می‌شود، توضیح داده شده است. ضمناً پیش‌بینی عدم قطعیت برای پارامترهای Bod, Do, آمونیاک و کلروفیل نیز در این طرح مورد توجه بوده است. ملچینگ نهایتاً با بیان اثر کاهش عدم قطعیت در سرعت هوا دهی و سرعت ماکزیمم رشد مخصوص جلبک روی عدم قطعیت پیش‌بینی Do و کلروفیل آ، نتیجه گرفته است که سرعت هوادهی مجدد و سرعت ماکزیمم رشد مخصوص جلبک در عدم قطعیت پیش‌بینی نقش بسیار مهمی را ایفا می‌نماید (Melching, 1996).

در اسلونی که در ۱۹۹۲، رولک و همکارانش کیفیت آب رودخانه ساوا را مدل کرده‌اند. در این طرح فاضلاب‌ها و مواد عالی قابل تجزیه که به رودخانه ساوا تخلیه می‌شدند مورد بررسی قرار گرفته و مدل با اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی متعدد کالیبره شده است. ضمناً آنالیز حساسیت نیز برای فاکتورهای بسیار مهمی که بر غلظت اکسیژن محلول آب رودخانه اثر داشتند، انجام گرفته است (Rolk, Brocksen, 1992).

۱-۱-۲- تحقیقات انجام شده در ایران

در بخش قبل به توضیح مختصری از تحقیقات انجام گرفته در کشورهای مختلف جهان در زمینه کیفیت آب رودخانه‌ها پرداخته شد. در ادامه مطالعات و تحقیقات صورت گرفته در سالهای گذشته که پیرامون مدل‌سازی و مبحث کیفیت آب رودخانه‌های ایران انجام شده است؛ بیان خواهد گردید. مطالعات مذکور با مراجعه به پایان‌نامه‌های دانشجویان و طرح‌های تحقیقاتی دانشگاهی کشور گردآوری شده است.

در سال ۱۳۶۴ علائی و قاسمی زرحی تحت عنوان ارزیابی مقدماتی خودپالایی رودخانه زاینده رود و بررسی منابع آلوده کننده آن از سد آبشار تا ورزنه « انجام دادند که هدف از آن بررسی مقدماتی وضعیت خود پالایی رودخانه زاینده رود در ارتباط با تخلیه فاضلاب‌های صنعتی و انسانی بود. در این طرح وضعیت زاینده رود از اصفهان تا ورزنه، منابع آلوده کننده رودخانه در این فاصله، بیلان اکسیژن محلول، منحنی افت اکسیژن محلول و همچنین محاسبات ریاضی مربوط به مقادیر اکسیژن‌زدایی و اکسیژن رسانی رودخانه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. آن‌ها همچنین در ۱۳۶۵ مزالعات خود را با عنوان ارزیابی مقدماتی خودپالایی رودخانه زاینده رود و بررسی منابع آلوده کننده آن در دو مرحله ادامه دادند که شامل تعیین ظرفیت خود پالایی رودخانه و منابع آلوده کننده آن و محاسبه و بررسی خود پالایی زاینده رود در بالا دست بود.

محبوبی در سال ۱۳۹۷ در پژوهش خود با عنوان بررسی پتانسیل خود پالایی رودخانه‌های ایلگینه، زرنکاب و سد باطله در مجاورت معدن سونگون به این نتیجه دست یافت که پتانسیل خود پالایی رودخانه‌های ایلگینه، زرنکاب و سد باطله در مجاورت معدن سونگون مورد بررسی قرار گرفت. کانسار سونگون در ۸۵ کیلومتری شمال غربی شهرستان اهر و ۲۵ کیلومتری شمال ورزقان، در آذربایجان شرقی قرار دارد. برای بررسی تغییرات آلودگی در دو مرحله (زمستان ۹۷ و تابستان ۹۶) در حوضه ایلگینه از ۹ ایستگاه و در حوضه زرنکاب از ۷ ایستگاه نمونه‌برداری انجام گرفت که پارامترهای کیفی آب و غلظت عناصر سنگین و سمی مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین آلودگی در حوضه ایلگینه‌چای در ایستگاه‌های ST-I-R-006 و ST-I-R-007 بود که در پاشنه محل انباشت باطله قرار دارند. در حوضه زرنکاب بیشترین آلودگی مربوط به ایستگاه‌های ST-A-TD و ST-A-SD بود که به ترتیب در سد باطله و سد نشت گیر قرار دارد. براساس شاخص MI و HPI در حوضه ایلگینه چای اکثر ایستگاه‌ها آلوده ارزیابی شد و در حوضه زرنکاب به غیر از ایستگاه ST-A-TD و ST-A-SD واقع در سد باطله و سد نشت گیر در بقیه ایستگاه‌ها غیر آلوده ارزیابی شد. همچنین از جلبک‌های موجود در آب و جلبک‌های شناور در سطح نمونه‌برداری شد و میزان تراکم جمعیتی جلبک‌ها و میزان تجمع عناصر مس، کادمیوم، روی و منگنز (به‌عنوان اصلی‌ترین آلاینده‌ها در رودخانه‌های مورد مطالعه) در جلبک‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان تراکم جمعیتی جلبک‌ها به شدت تحت تأثیر آلودگی در محل انباشت باطله‌ها قرار دارد. به طوری که با حرکت به از سرشاخه سونگون چای به سمت پایین دست جمعیت آن روند افزایشی داشته و با پیوست رودخانه پخیر چای که از محل دپو باطله عبور می‌کند به شدت کاهش و در ایستگاه‌های پایین تر جمعیت جلبکی به صفر می‌رسد. فاکتورهای تغلیظ BCF نشان دهنده تجمع بالای عناصر سنگین در جلبک‌های موجود در رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه می‌باشد که عنصر مس در بین آلاینده‌ها اصلی موجود در منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان خاصیت تجمع زیستی را دارد. با دور شدن از معدن و تماس آب با سنگ‌های آهکی موجود در بستر رودخانه به دلیل افزایش pH عناصر سنگین و سمی از فاز محلول وارد فاز رسوب می‌شود به عبارت دیگر بین pH پایین و غلظت بالای فلزات در آب رودخانه‌های مورد مطالعه رابطه مستقیم مشاهده می‌شود. به طور کلی در اثر پتانسیل خودپالایی رودخانه با دور شدن از معدن میزان آلودگی کاهش می‌یابد. فرآیند خودپالایی در رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه فعال بوده و تحت تأثیر سه عامل الف) بستر آهکی رودخانه ایلگینه چای، ب) رقیق شدگی آلاینده‌ها در اثر ورود آب از شاخه‌های فرعی و ج) نقش جلبک‌ها در جذب عناصر سنگین و تجمع زیستی قرار دارد.

نصراللهی در سال ۱۳۹۵ در پژوهش خود با عنوان بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی جریان بر خودپالایی رودخانه بابلرود به این نتیجه دست یافت که رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب شیرین مصرف بخشهای صنعت، کشاورزی و شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. لذا با توجه به بحران کمبود آب و توسعه صنعتی در ایران، برنامه‌ریزی و

رسیدگی جدی به کیفیت آب رودخانه‌های کشور از حیاتیترین موضوعاتی است که بایستی توجه بسیاری به آن شود. با توجه به بحران کمبود آب انجام تحقیقاتی جامع پیرامون آلودگی رودخانه‌ها از لحاظ کمی و کیفی و استفاده از ابزارهای مدیریتی همچون مدل‌های ریاضی و کامپیوتری به منظور پیشبینی وضعیت کیفی آب رودخانه‌ها و پیشگیری از آلودگی فزاینده آن امری ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش به مطالعه ظرفیت خود پالایی رودخانه بابلرود به طول ۱۰/۵ کیلومتر (محدوده شهری) پرداخته شده است. نرم‌افزار Mike11 جهت مدل‌سازی استفاده گردید. پس از وارد نمودن اطلاعات اولیه و اجرای مدل، نتایج با داده‌های واقعی سنجیده شد. شوری به‌عنوان شاخص کیفیت در نظر گرفته شد. پس از اعتبار سنجی، میزان غلظت شوری بر حسب زمان و مکان مختلف بدست آمد. نتایج نشان می‌دهد که در فصل تابستان که دبی رودخانه حداقل می‌باشد رودخانه بیشترین غلظت شوری و توان خود پالایی کمتری را دارد.

۲- مواد و روش:

۱-۲- انتخاب مدل:

انتخاب مدل مناسب، از بررسی تطابق ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولوژیکی و کیفی مربوط به محل مورد بررسی با توانایی‌های مدل برای شبیه‌سازی این ویژگی‌ها صورت می‌گیرد. دو دسته مدل برای استفاده در تحلیل ظرفیت خودپالایی و فرآیند TMDL موجود است. دسته اول شامل مدل‌های حوضه‌ای است که می‌توانند جهت تعیین بارهای نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای به‌کار روند. (Martin, 1939)

مدل‌های حوضه‌ای مبتنی بر:

۱- فرآیندهای هیدرولوژیکی و بیلان آب در حوضه آبریز و (۲) ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز شامل کاربری اراضی و پوشش گیاهی، خاک، توپوگرافی، کاربری‌های آب و رواناب‌ها و فاضلاب‌ها شهری و صنعتی ورودی به توده‌های آبی می‌باشند. دسته دوم، مدل‌های آب پذیرنده است که می‌توانند جهت ارزیابی تأثیر بارهای آلاینده بر توده آبی به‌کار روند. این مدل‌ها مبتنی بر:

۱- ویژگی‌های آب‌های پذیرنده از نظر انتقال آلاینده‌ها شامل بده جریان، ریخت شناسی و مرزهای رودخانه و عوامل هواذهی و پخش و ۲- زوال آلودگی درون بازه‌های آب پذیرنده می‌باشند. طیف مدل‌های حوضه‌ای و مدل‌های کیفیت آب پذیرنده از روش‌های تجربی و آماری ساده تا مدل‌های قطعی‌تر و چند بعدی متغیر است. به علاوه، مدل‌ها را می‌توان براساس معیارهایی متمایز کرد. این معیارها شامل موارد زیر است:

- اجزای کیفیتی آب که مدل می‌شوند;
 - وضوح (مقیاس) زمانی و مکانی نتایج مدل;
 - میزان جزییات شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و فرآیندهای کیفی آب;
 - حجم کار و داده‌های موردنیاز برای کاربرد مشخص;
 - سادگی کاربرد شامل پردازش داده‌های ورودی و خروجی، پشتیبانی کاربران، مستندسازی و مقتضیات راهبری مدل.
- مهم‌تر از همه این که، فرآیند انتخاب مدل باید بر تعیین فرآیندهای حوضه آبریز و نیز فرآیندهای کیفی آب که با مشخصات محل مورد مطالعه مطابقت دارند، متمرکز گردد. (Melching, 1996)

۲-۲- بررسی روش‌ها و مدل‌های شبیه‌سازی کیفیت آب رودخانه:

در این بخش واژه "مدل" طبق واژه‌شناسی رایج، به برنامه‌های کامپیوتری اطلاق می‌شود. هرچند برنامه‌های کامپیوتری قبل از آن که کاربر آنها را با استفاده از مرزها، توپوگرافی، هیدرولوژی، تولید و انباشت آلودگی و شستگی آن، شکل و ترکیب رودخانه و اندرکنش آلاینده‌های مختص محل مورد مطالعه و معرف حوضه آبریز و آب پذیرنده، نسازد مدل نیستند.

در این مقاله، تعدادی از مدل‌های کیفیت آب پذیرنده با توانایی کاربرد در تحلیل تغییرات اکسیژن محلول رودخانه‌ها انتخاب شده است.

۱-۲-۲- روش حل تحلیلی ساده

مسائل نسبتاً ساده BOD/DO و تغذیه گرای رودخانه‌ها را در حالت دائمی می‌توان به روش ساده حل تحلیلی و بدون استفاده از مدل شبیه‌سازی حل کرد. مدل‌های انتخاب شده براساس افزایش پیچیدگی آنها عبارتند از:

۲-۲-۲- برنامه‌وش ساده شده برای تخلیه‌کننده‌های متعدد (MULTI-SMP)

این برنامه، روش تحلیلی ساده شده‌ای است که EPA برای تعیین محدودیت‌های پساب تصفیه‌خانه‌هایی که به رودخانه‌های کم آب تخلیه می‌شوند، تهیه کرده است. این مدل چهار متغیر کیفی آب شامل اکسیژن محلول، CBOD, NBOD و آمونیاک یونیزه نشده را در حالت دائمی و یک بعدی شبیه‌سازی می‌کند. فرآیندهای کیفی آب شامل هواهی، اکسیژن‌زدایی، نیتریفیکاسیون و اکسیژن خواهی رسوبات است. مدل بیش از ده نقطه تخلیه را در نظر می‌گیرد. این مدل اساساً برای شرایطی که محدودیت منابع برای تحلیل و نیز محدودیت نسبی داده‌ها و اطلاعات وجود دارد، تدوین شده است. این مدل را از آژانس محیط زیست آمریکا CEAM می‌توان تهیه کرد. (Melching, 1996)

۳-۲-۲- مدل‌های QUAL2K و QUAL2E, QUAL2E-UNCAS

مدل‌های یک بعدی (طولی) کیفیت آب هستند که جریان دائمی (دائمی از نظر هیدرولیکی) را در نظر می‌گیرند؛ لکن امکان شبیه‌سازی تغییرات شبانه روزی دما یا فتوسنتز و تنفس جلبک را می‌دهند. QUAL2E، رودخانه را به صورت قطعه قطعه و بخش‌های غیریکنواختی که یک بازه از رودخانه را تشکیل می‌دهند، شبیه‌سازی می‌کند. تأثیرات برداشت‌ها از رودخانه، انشعابات از رودخانه و شاخه‌های فرعی ورودی به رودخانه نیز در نظر گرفته می‌شود. متغیرهای کیفی آب در شبیه‌سازی شامل مواد پایستار، دما، باکتری، CBOD، DO، آمونیاک، نیتريت، نیترات و نیتروژن آلی، فسفات و فسفر آلی و جلبک می‌باشد. از QUAL2E برای تعیین TMDL های رودخانه‌ها و مجوزهای تخلیه در ایالات متحده و دیگر کشورها استفاده زیادی می‌شود. این مدل با حدود ۳۰ سال سابقه کاربرد، ابزاری مؤثر و کارآمد شناخته شده است. ویرایش سوم QUAL2E که به QUAL2E-UNCAS موسوم است، چندین روش تحلیل عدم قطعیت را در ارزیابی ریسک به کار می‌گیرد. این مدل از CEAM قابل تهیه است.

QUAL2K یا Q2K)، ویرایشی مدرن‌تر از مدل QUAL2E (یا Q2E) است. Q2K از چهار منظر زیر مشابه Q2E است:

- هیدرولیک حالت دائمی: جریان به صورت غیر یکنواخت و دائمی شبیه‌سازی می‌شود.
 - بیلان حرارتی شبانه روزی: بیلان حرارتی و دما به عنوان تابعی از عوامل هواشناسی در مقیاس شبانه روزی شبیه‌سازی می‌شود. (Wells, 2002)
 - سینتیک شبانه روزی کیفیت آب: تمامی متغیرهای کیفیت براساس مقیاس شبانه روزی شبیه‌سازی می‌شوند.
 - ورودی‌های حرارت و جرم: بارها و برداشت‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای، شبیه‌سازی می‌شوند. (Rolk, 1992)
- چارچوب مدل Q2K ویژگی‌های جدید زیر را دارد:
- در این مدل کانال به صورت عمومی و جانبی، اختلاط کامل در نظر گرفته شده و به صورت یک بعدی مدل می‌شود. Q2K تحت زبان ماکرو ویندوز برنامه نویسی شده و از Excel برای این منظور استفاده کرده است. Q2k ویژگی‌های ویژه زیر را نیز دارد:
- تقسیم بندی بازه‌ها: Q2E سامانه را به بازه‌هایی متشکل از المان‌هایی با طول مساوی تقسیم می‌کند؛ در حالی که Q2K قادر به استفاده از المان‌های غیرمساوی است. علاوه بر آن بارگذاری‌ها و برداشت‌های متعددی به عنوان ورودی هر بازه قابل اعمال است. (Rolk, 1992)

- BOD کربنی: Q2K از دو فرم BOD کربنی برای کربن آلی استفاده می‌کند؛ فرم با نرخ کند اکسیداسیون (CBOD) و فرم با نرخ تند اکسیداسیون (CBOD) تند). علاوه بر آن، مواد آلی ذره‌ای غیرزنده (شامل کربن ذره‌ای، نیتروژن و فسفر با استوکیومتری ثابت) نیز مدل می‌شوند.
- بی‌اکسیژنی: Q2K در مقادیر کم اکسیژن، حالت بی‌اکسیژنی را با کاهش واکنش‌های اکسیداسیون به صفر مدل می‌کند. علاوه بر آن، دی‌نیتریفیکاسیون به‌عنوان واکنش درجه اول و در غلظت‌های کم اکسیژن مدل می‌شود.
- اندرکنش‌های رسوب-آب: شار رسوب - آب، اکسیژن محلول و مواد مغذی به‌صورت داخلی و نه براساس مقادیر پیش فرض مدل می‌شوند. شارهای SOD و مواد مغذی به‌عنوان تابعی از مواد آلی معلق ته نشین شده، واکنش‌های موجود در رسوب و غلظت‌های فرم‌های محلول در توده آب، شبیه‌سازی می‌شوند.
- جلبک کف: این مدل جلبک چسبیده به کف را به‌صورت صریح مدل‌سازی می‌کند.
- خاموشی نور: خاموشی نور به‌صورت تابعی از جلبک و جامدات غیر آلی محاسبه می‌شود.
- PH: هم‌قلیابیت و هم‌کربن غیر آلی کل شبیه‌سازی می‌شوند. pH رودخانه براساس این دو کمیت مدل‌سازی می‌شود.
- پاتوژن‌ها: یک پاتوژن کلی شبیه‌سازی می‌شود. حذف پاتوژن‌ها به‌عنوان تابعی از دما، نور و ته‌نشینی تعیین می‌شود. (Melching, 1996).

۲-۲-۴- برنامه شبیه‌سازی تحلیل کیفیت آب (WASP5)

این برنامه، یک سامانه مدل‌سازی دینامیکی چند بخشی است که می‌تواند جهت تحلیل مسائل متعدد کیفیت آب به‌صورت یک، دو و سه بعدی مورد استفاده قرار گیرد. WASP⁵، انتقال و تبدیل آلاینده‌های متداول و سمی را در ستون آب و کف برکه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن، رودخانه‌ها، خورها و آب‌های ساحلی شبیه‌سازی می‌کند. سامانه مدل‌سازی WASP⁵ چهار موضوع اصلی را در نظر می‌گیرد: هیدرودینامیک، انتقال جرم پایستار، سینتیک تغذیه‌گرایی - اکسیژن محلول (EUTRO⁵) و دینامیک مواد شیمیایی سمی-رسوب (TOXI⁵). این سامانه مدل‌سازی هم‌چنین شامل یک برنامه مستقل هیدرودینامیکی، DYNHYD⁵ است که انتقال آب را شبیه‌سازی می‌کند. WASP⁵ به همراه برنامه‌های ضمیمه آن، یعنی TOXI⁵، EURTO⁵ و DYNHYD⁵ از CEAM قابل تهیه است. (Melching, 1996).

۲-۲-۴- برنامه شبیه‌سازی هیدرولوژیکی - فورترن (HSPF)

بسته نرم‌افزاری جامعی است که شبیه‌سازی پیوسته هیدرولوژیکی حوضه آبریز و کیفیت آب را برای آلاینده‌های متعارف و سمی آلی انجام می‌دهد. HSPF، مدل رواناب کشاورزی (ARM) در مقیاس حوضه آبریز و مدل منابع غیرنقطه‌ای را در قالب تحلیل در کل حوضه ترکیب می‌کند که شامل زوال و انتقال و تبدیل در کانال یک بعدی رودخانه‌هاست. HSPF، مدل جامع هیدرولوژیکی حوضه آبریز و کیفیت آب است که امکان شبیه‌سازی تلفیقی فرآیندهای رواناب آلاینده زمین و خاک با هیدرولیک رودخانه و اندرکنش رسوب و مواد شیمیایی را دارد. HSPF مدل بسیار پیچیده‌ای است که نیاز به منابع فوق‌العاده زیادی جهت توسعه و کاربرد دارد. HSPF از CEAM قابل تهیه است. (Melching, 1996).

۲-۲-۵- CE-QUAL-RIV1

مدل کیفی یک بعدی و تمام دینامیک رودخانه‌ها است. مدل از دو زیرمدل تشکیل شده است: مدل هیدرودینامیک (RIV1H) که می‌تواند مستقل استفاده شود و مدل کیفیت آب (RIV1Q) که نیاز به خروجی‌های RIV1H یا مدل متداول دیگری دارد. ده متغیر کیفیت آب می‌تواند، مدل شود: دما، Do، BOD کربنی، نیتروژن آلی، آمونیاک، نترات، فسفات، آهن محلول، منگنز محلول و باکتری‌های کلیفرمی، علاوه بر آن، اندرکنش‌های فتوسنتز و تنفس جلبک/ماکروفیت و مواد مغذی را در نظر می‌گیرد. CE-QUAL-RIV1 از USACE قابل تهیه است. (Melching, 1996).

۲-۲-۶- RIVMOD

مدل عددی، هیدرودینامیکی و انتقال رسوب در رودخانه‌هاست که توزیع طولی جریان و غلظت رسوب را در یک بعد در امتداد رودخانه در طول زمان توصیف می‌کند. این مدل می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای برای DYNHYD5 ورد استفاده قرار گیرد. RIVMOD بر مبنای روش عددی ضمنی چهارگره‌ای و DYNHYD5 براساس روش عددی صریح کار می‌کند. RIVMOD از CEAM قابل تهیه است.

سه مدل از میان مدل‌های بحث شده (WASP⁵, HSPF, CE-QUAL-RIV¹) هنگامی که به‌صورت کاملاً دینامیکی استفاده شوند، کاملاً پیچیده بوده و نیاز به تحلیل گران کارآزموده دارند.

آنجایی که QUAL2E احتمالاً پرکاربردترین مدل کامپیوتری در پیش‌بینی آثار آلاینده‌های متعارف در رودخانه‌هاست، این مدل به‌عنوان مرجع مقایسه دیگر مدل‌ها با آن استفاده شده است. اطلاعات ارائه شده در سه جدول نخست (اجزاء، توانایی و داده‌های ورودی) اساساً فنی بوده و جهت ارزیابی قابلیت مدل در شبیه‌سازی ویژگی‌های مهم فیزیکی و بیوشیمیایی مساله استفاده می‌شوند. (Melching, 1996).

۲-۲-۷- سامانه BASINS

BASINS، یک سامانه تحلیل زیست‌محیطی چند منظوره است که برای مطالعات حوضه‌ای کیفیت آب به منظور بهبود ارزیابی و تجمیع منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در سطح حوضه آبریز و مدیریت کیفیت آب توسط EPA تهیه شده است. این سامانه، با روش‌های مناسبی مجموعه‌های بسیاری از داده‌های کلیدی زیست‌محیطی را تحلیل می‌کند. انواع زیادی از برنامه‌های زیست‌محیطی می‌توانند از این سامانه در مراحل گوناگون برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مدیریت زیست‌محیطی بهره‌گیرند. سه هدف اصلی این سامانه عبارتند از:

- تسهیل بررسی‌های اطلاعات زیست‌محیطی؛
- پشتیبانی تحلیل سامانه‌های زیست‌محیطی؛
- ارائه چارچوبی برای بررسی گزینه‌های مدیریتی.

با توجه به اینکه امروزه بسیاری از سازمان‌های زیست‌محیطی در جهان در جهت شیوه مدیریت در سطح حوضه آبریز حرکت می‌کنند، سامانه BASINS برای پشتیبانی مطالعات زیست‌محیطی و اکولوژیکی در قالب حوضه آبریز طراحی شده است. یکی از کاربردهای مهم این سامانه، پشتیبانی تدوین TMDL برای آلاینده‌های مختلف از منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و نیز ارزیابی گزینه‌های مختلف مدیریتی است. این سامانه خیلی انعطاف پذیر است، به طوری که می‌تواند تحلیل را در مقیاس‌های گوناگون و با ابزارهای ساده تا پیچیده انجام دهد. (Melching, 1996).

سامانه BASINS برخلاف شیوه‌های سنتی ارزیابی حوضه‌ای، داده‌های کلیدی و روش‌های تحلیل را اصطلاحاً زیر یک سقف آورده و بدین ترتیب مطالعات حوضه و کیفیت آب را آسان می‌کند. این سامانه از محیط ویندوز و GIS استفاده می‌کند و امکان استفاده از روش‌های گوناگون تحلیل داده‌ها و انواع مدل‌ها را دارد، مدلهایی مثل QUAL2E، SWAT و HSPE. انواع زیر برنامه موجود در این سامانه با هم کار می‌کنند و جنبه‌های مشخص گوناگونی را در سطح حوضه آبریز به وسیله قابلیت‌های زیر تحلیل می‌کنند:

- شناخت و اولویت‌بندی توده‌های آبی با محدودیت کیفیت آب؛
- تأمین داده‌ها برای توصیف منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و ارزیابی مقدار و اهمیت بالقوه آن‌ها؛
- تجمیع بارگذاری‌های نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای و فرآیندهای زوال و انتقال؛
- ارزیابی و مقایسه ارزش و کارایی نسبی استراتژی‌های بالقوه کنترل آلودگی؛
- ایجاد محیط بصری و محاوره‌ای برای عموم به وسیله جدول‌ها، منحنی‌ها و نقشه‌ها. (Melching, 1996).

۲-۳- مقایسه مدل‌های کیفی منابع آب:

در این قسمت به مقایسه نرم افزارهای مختلف مدل‌سازی که در این مقاله به آنها پرداخته شد از لحاظ دامنه کاربرد، اطلاعات مورد نیاز ورودی مدل‌ساز، خروجی‌های به‌دست آمده از مدل‌ساز در (جدول ۱) مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- مقایسه داده‌های ورودی و خروجی

CE-QUAL-RI	MIKE21	MIKE11	HEC5Q	CE-QUAL-W2	WASP	HSPE	QUAL2E	فرآیندها
*	*	*	*	*	*	*	*	واکنش مرتبه اول
					*	*		فرآیندهای شیمیایی
					*	*		سینتیک
	*	*			*	*		جذب سطحی
*	*	*	*	*	*	*		متغیرهای فیل و ورودی
	*	*				*		فرآیندهای غیر چسبنده
	*	*				*		فرآیندهای چسبنده
*	*	*	*	*	*	*	*	دما
	*	*	*	*	*	*	*	شوری
	*	*	*	*	*	*	*	باکتری کلیفرم
*	*	*	*	*	*	*	*	DO-BOD
	*			*	*			COD
	*	*	*	*	*	*	*	چرخه نیتروژن
*	*	*	*	*	*	*	*	چرخه فسفر
*	*	*	*	*	*	*	*	چرخه سیلیکوم
*		*	*	*	*	*	*	فیتوپلانکتون
*	*	*	*	*	*	*	*	زئوپلانکتون
		*				*		چلیک بستر
				*	*			نیاز اکسیژن بستر

در زمینه دامنه اطلاعات ورودی مدل‌های مختلف در زمینه کیفیت آب نیز در (جدول ۲) به اختصار اشاره شده است.

جدول ۲- بررسی کیفیت آب

نام مدل	دامنه اطلاعات
CE-QUAL-RI	ریخت شناسی مخزن تراز جریان‌های خروجی طول و عرض مخزن
CE-QUAL-W2	سطح مقطع کانال مسیر رودخانه در پلان
HSPE	گسسته‌سازی مخزن به محدوده‌هایی ارتفاع، تراز و شیب هر محدوده نوع پوشش گیاهی هر منطقه
QUAL2E	پیکربندی شبکه‌های جریان شاخه‌ای ضرایب تعریف‌کننده روابط عمق بده و سرعت بده

همچنین اطلاعات خروجی مدل‌های مختلف در زمینه کیفیت آب در (جدول ۳) مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۳- اطلاعات خروجی مدل‌های مختلف در زمینه کیفیت آب

نام مدل	دامنه اطلاعات
CE-QUAL-RI	غلظت عوامل کیفیت آب در جریان‌های ورودی
CE-QUAL-W2	غلظت عوامل کیفیت آب در مرز بالادست
	غلظت عوامل کیفیت آب در شاخه‌های فرعی
HSPE	غلظت عوامل کیفیت آب در منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای
	مواد مغذی . آفت کش ها در رسوبات خشک و ترانسفری
QUAL2E	غلظت عوامل کیفیت آب در مرز بالادست
	غلظت عوامل کیفیت آب در منابع نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای شرایط مرزی پایین‌دست

۳- نتایج و بحث

ورود پساب‌های صنعتی به منابع پذیرنده به دلیل تهدید اکوسیستم‌های طبیعی آنها، مشکلات فراوانی را موجب گردیده است. تخلیه پساب‌های حاوی فلزات سنگین به رودخانه‌ها، آلودگی شدید آبریزان و تهدید سلامت برداشت کنندگان از آن را به دنبال دارد. در مورد رودخانه‌ها و جریان‌های آب سطحی، چنانچه بار تخلیه مواد آلاینده اکسیژن خواه (مواد عالی موجود در فاضلاب) بیش از توان خودپالایی رودخانه گردد، ضمن تسریع در رشد جلبک‌ها و گیاهان آبی، موجب کاهش اکسیژن محلول، ایجاد شرایط بی‌هوایی و مرگ و میر آبریزان خواهد شد. در نتیجه اینکه بررسی قابلیت خود پالایی رودخانه‌ها از جایگاه خاصی در مدیریت حذف آلاینده‌ها برخوردار می‌باشد. نهرها و رودخانه‌ها همچون دیگر اکوسیستم‌ها از پیچیدگی و ظرفیت خاصی برخوردارند و به منور شناخت مستلزم آشنایی و آگاهی از اجزا تشکیل دهنده اکوسیستم نهر یا رودخانه است که سبب گردیده تا این اکوسیستم واکنش‌های متفاوتی را در شرایط مختلف از خود نشان دهد. در حقیقت شناخت و بررسی کمی و کیفی منابع آبی یکی از ارکان اساسی برنامه‌ریزی و اعمال مدیریت بهینه و اولویت‌بندی در نوع کاربری از این منابع محدود می‌باشد که ما در این پژوهش سعی بر معرفی نرم افزارهای مورد استفاده و مقایسه آنها با یکدیگر داشته‌ایم که به تفصیل مورد بررسی واقع گردید. در برنامه روش ساده شده برای تخلیه کننده‌های متعدد (MULTI-SMP) که این برنامه، روش تحلیلی ساده شده‌ای است که EPA برای تعیین محدودیت‌های پساب تصفیه خانه‌هایی که به رودخانه‌های کم آب تخلیه می‌شوند، تهیه کرده است. در مدل‌های QUAL₂ QUAL₂ E-UNCAS و QUAL₂ QUAL₂ K₂ QUAL مدل‌های یک بعدی (طولی) کیفیت آب هستند که جریان دائمی (دائمی از نظر هیدرولیکی) را در نظر می‌گیرند؛ لکن امکان شبیه‌سازی تغییرات شبانه روزی دما یا فتوسنتز و تنفس جلبک را می‌دهند. در برنامه شبیه‌سازی تحلیل کیفیت آب (WASP). این برنامه، یک سامانه مدل‌سازی دینامیکی چند بخشی است که می‌تواند جهت تحلیل مسائل متعدد کیفیت آب به صورت یک، دو و سه بعدی مورد استفاده قرار گیرد. در برنامه شبیه‌سازی هیدرولوژیکی - فورترن (HSPF) بسته نرم افزاری جامعی است که شبیه‌سازی پیوسته هیدرولوژیکی حوضه آبریز و کیفیت آب را برای آلاینده‌های متعارف و سمی آلی انجام می‌دهد. CE-QUAL-RIV مدل کیفی یک بعدی و تمام دینامیک رودخانه‌ها است. مدل از دو زیرمدل تشکیل شده است: مدل هیدرودینامیک (RIV1H) که می‌تواند مستقل استفاده شود و مدل کیفیت آب (RIV1Q) که نیاز به خروجی‌های RIV1H یا مدل متداول دیگری دارد. در RIVMOD مدل عددی، هیدرودینامیکی و انتقال رسوب در رودخانه‌هاست که توزیع طولی جریان و غلظت رسوب را در یک بعد در امتداد رودخانه در طول زمان توصیف می‌کند. و سامانه BASINS BASINS، یک سامانه تحلیل زیست‌محیطی چند منظوره است که برای مطالعات حوضه‌ای کیفیت آب به منظور بهبود ارزیابی و جمع‌بندی منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای در سطح حوضه آبریز و مدیریت کیفیت آب توسط EPA تهیه شده است. این سامانه، با روش‌های مناسبی مجموعه‌های بسیاری از داده‌های کلیدی زیست‌محیطی را تحلیل می‌کند. انواع زیادی از برنامه‌های زیست‌محیطی می‌توانند از این سامانه در مراحل گوناگون برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مدیریت زیست‌محیطی بهره‌گیرند.

۴- منابع و مراجع

- ۱- رضایی بنیس، ن. ۱۳۷۶. نگرش سیستماتیک بر الگوهای بهره‌برداری از سدهای کشور و مدیریت کمی و کیفی بهره‌برداری از سد. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۲- علائی، م. و قاسمی رحی، ح. ۱۳۶۴. ارزیابی مقدماتی خودپالایی رودخانه زاینده رود و بررسی منابع آلوده‌کننده آن از سد آبشار تا ورزنه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.
- ۳- فصلنامه الکترونیکی محیط‌زیست و کیفیت منابع آب شرکت مادر تخصصی مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۵. www.wrm.ir.
- ۴- محجوبی، ندا. ۱۳۹۷. بررسی پتانسیل خود پالایی رودخانه‌های ایلگینه، زرنکاب و سد باطله در مجاورت معدن سونگون. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه بابل.

- ۵- محمدی خلف بادام، ح. تغذیه‌گرایی مخازن، مدل‌سازی دوبعدی (مطالعه موردی سد کرخه). ۱۳۸۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت.
- ۶- معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، وزارت نیرو. راهنمای مطالعات کیفیت آب مخازن سدهای بزرگ. ۱۳۸۷. نشریه شماره ۵۵۰۰.
- ۷- نصراللهی، ح. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر پارامترهای فیزیکی جریان بر خودپالایی رودخانه بابلرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- ۸- واکراچیان، م. برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب. ۱۳۸۲. انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- 9- Martin, L.J.S.C.McCutcheon. 1939. Hydrodynamics and transport for water quality modeling, Lewis Publishers. ۱۹۳۹
- ۱۰-Tryalt G, Miz, Surface water-quality modeling, McGraw-hill, 1999.
- ۱۱-Guideline of lake management, vol. 7, Biomanipulation in lake and Reservoirs management, R.DeBernaldi and G.Giussani, 2007.
- ۱۲-Melching, S, of lake management, vol. 9, Reservoir water quality management, M.Straskraba, J.G.Tundisi, 1996.
- ۱۳-Slouni, j, Brocksen, R.W., M.D. Marcus and H.Otem -1992. Practical guide for managing acidic surface waters and their fisheries, Lewis Publishers, U.S.A, 1992.
- 14-Wells, S. (2002) "Basis of the CE-QUAL-W2 Version 3 River Basin Hydrodynamics and Water Quality Model," Proceedings, 2nd Federal Inter Agency, 2002.
- 15-Nutrient Criteria Technical Guidance Manual. Rivers and Streams, EPA-822-B-00-002, 2000.
- 16-Protocol for Developing Nutrient TMDLs, EPA-841-B-99-007, 1999.
- 17-Draft Guidance for Water Quality-based Decisions: The TMDL Process (Second Edition), EPA-841-D-99-001, August 1999.
- 18-Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Loads, Book 2: Streams and Rivers, EPA 823-B-97-002, March 1997.

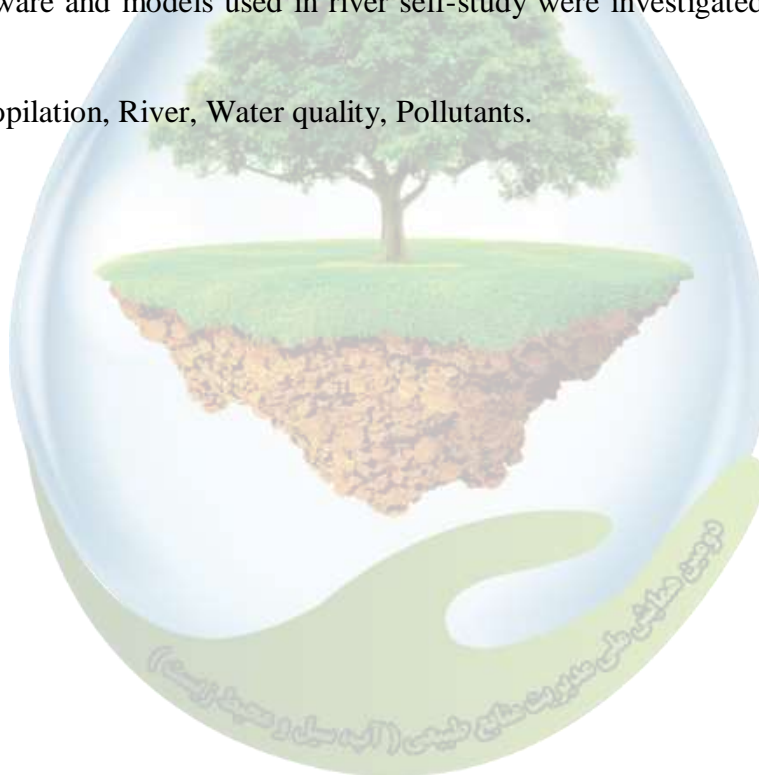


Author: Fatemeh kamal gharibi^۱, Mehdi Muftah Helaghi^۲

Abstract

Today, industrial development has devastating harmful effects on the human environment throughout the world, including our country, so, given that Iran is among the developing countries, if at the same time as development, it does not pay attention to environmental issues and especially water quality. , Not only will economic development not be achieved, but will have irreparable consequences and consequences. Rivers are one of the most important sources of fresh water for industrial, agricultural and urban use. Therefore, considering the water shortage crisis and industrial development in Iran, serious planning and consideration of water quality in the rivers of the country is one of the most important issues to be addressed. Regarding the water scarcity crisis, comprehensive research on the pollution of rivers in quantitative and qualitative terms and the use of management tools such as mathematical and computer models to predict the quality of river water and prevent the increasing pollution seems necessary . In self-healing capacity studies, the separation of the effects of various sources of pollution on water quality is necessary and logical. In this research, using analytical, descriptive and librarian methods and using the review of scientific articles, the software and models used in river self-study were investigated and compared in different ways.

Keywords: Autopilation, River, Water quality, Pollutants.



¹ Postgraduate student of Loghman Hakim Higher Education Institute, Gorgan.

² Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.

تعیین ضریب دبی در سرریزهای مرکب و مرکب قوسی

فاطمه کمال غریبی، مهدی مفتاح هلقی

nadia.kamalqaribi@gmail.com

چکیده

سازه سرریز به طور گسترده به منظور تنظیم و کنترل سطح آب در سیستم فاضلاب، کانال‌های روباز و حوضچه‌های آرامش استفاده می‌شود. از مهم‌ترین دلایل استفاده از این سازه‌ها به عنوان وسایل اندازه‌گیری، داشتن رابطه دبی-اشل سازه است. یکی از انواع سازه‌های اندازه‌گیری و کنترل جریان، سرریز قوسی می‌باشد که محور تاج این سازه به شکل غیر خطی و به صورت یک قطاع از دایره‌ای با شعاع مشخص است. به منظور افزایش ضریب دبی، می‌توان سرریز قوسی را به کار برد. در این مطالعه عملکرد هیدرولیکی سرریز قوسی و نیز سیستم سرریز مرکب قوسی با زوایای مرکزی ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر، به منظور بررسی و محاسبه معادلات ضریب دبی و دبی عبوری از این سازه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش‌ها در یک کانال مستطیلی به طول ۹ متر و عرض ۴۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج نشان داد که افزایش پارامترهای $\frac{h}{p}$ (نسبت هد آب روی سرریز به ارتفاع سرریز)، $\frac{H}{L}$ (نسبت عمق آب بالادست جریان به طول سرریز) و $\frac{h}{B}$ (نسبت هد آب روی سرریز به عرض کانال) منجر به افزایش ضریب دبی در سرریز قوسی ساده، سرریز قوسی با یک پله و سرریز مرکب قوسی گردیده است. بر اساس مقایسه ضریب دبی سرریزهای مورد آزمایش، مشخص شد که شدت انحنای قوس و مرکب نمودن سرریز، تأثیر زیادی بر ضریب دبی این سازه‌ها دارد؛ طوری که در سرریز قوسی ساده، زاویه ۹۰ درجه دارای بیشترین ضریب آبگذری و در سرریز قوسی با یک پله و سرریز مرکب قوسی زاویه ۱۵۰ درجه دارای بیشترین ضریب دبی می‌باشد. بررسی ضریب دبی روی سرریز مرکب قوسی نشان داد که با افزایش ابعاد پله دوم در سرریز مرکب قوسی، افزایش ضریب دبی را خواهیم داشت. طوری که در دبی ۱۶ لیتر بر ثانیه ضریب آبگذری سرریز مرکب قوسی (که نسبت ارتفاع به عرض پله دوم در آن $(\frac{h_2}{b_1}) = 0.26$ باشد) در زوایای قوس ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه به ترتیب ۰.۷۶، ۰.۷۹ و ۰.۸ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سرریز قوسی، سرریز مرکب قوسی، ضریب دبی، زاویه قوس

۱- مقدمه

به منظور بهینه‌سازی مصرف آب، مدیریت و حفاظت از منابع آب نقش به‌سزایی دارد و در این راستا اندازه‌گیری دقیق دبی جریان نقش اصلی را ایفا می‌کند. اندازه‌گیری میزان جریان عبوری در شبکه‌های انتقال آب و فاضلاب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا روش‌های بسیاری برای اندازه‌گیری دبی آب در کانال‌های روباز وجود دارد. در زمان وقوع سیلاب‌های سهمگین، سازه‌های مختلفی برای انتقال جریان مازاد به پایین دست وجود دارد. این سازه‌ها شامل دریچه‌ها، برج‌های خروج جریان و سرریزها می‌باشند. دریچه‌ها و برج‌های انتقال سیلاب هنگامی که تراز سطح آب بالاتر از آنها قرار گرفت شروع به کار می‌کنند و سیلاب را به آرامی و طی چندین روز از زمان وقوع آن، به پایین دست سد انتقال می‌دهند. اما اگر حجم جریان ورودی به مخزن خیلی زیاد باشد، برای جلوگیری از عبور جریان از روی سازه و تخریب آن از سرریزهای اضطراری استفاده

می‌شود. این سرریزها حجم زیادی از جریان را در مدت زمان کم به پایین دست انتقال داده و خطر تخریب سد و بروز خسارات مالی و جانی را کم می‌کنند.

سرریزها از جمله سازه‌های هیدرولیکی پرکاربرد می‌باشند که برای عبور سیلاب‌ها و جریان مازاد از مخازن سدها و هم‌چنین کنترل سطح آب و اندازه‌گیری دبی جریان در کانال‌های انتقال و توزیع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از انواع مدل سرریز، نوع قوسی در پلان می‌باشد که محور تاج آن به شکل غیرخطی بوده و به صورت یک قطاع از دایره‌هایی با شعاع مشخص می‌باشد.

سرریز قوسی به علت افزایش طول سرریز در عرض کانال دارای مزایایی از جمله طراحی آسان، سهولت ساخت و ضریب آبگذری بالا نسبت به سایر سازه‌ها (سرریز نرمال، مایل و ...) می‌باشد. با توجه به اینکه در این تحقیق جریان عبوری از روی سرریز مرکب قوسی مورد مطالعه قرار گرفته است، لذا در ادامه به معرفی سرریز و هم‌چنین سرریز قوسی پرداخته می‌شود.

سرریزها

سرریز یکی از اجزای حیاتی هر سد می‌باشد. انتخاب نوع، اندازه و محل قرارگیری سرریز وابسته به شرایط و نوع سد خواهد بود. طبق تعریف هر مانعی که بر سر راه جریان در کانال قرار گیرد و باعث شود تا آب در پشت آن بالا آمده و بر سرعت آن در ضمن عبور افزوده شود؛ سرریز نامیده می‌شود. از موارد مهم کاربرد سرریزها، اندازه‌گیری شدت جریان در کانال‌های باز می‌باشد. لذا با توجه به حساس بودن این کار، سرریز باید سازه‌ای مطمئن و با راندمان بالا انتخاب شود (USBR, 1997).

بررسی مبانی نظری

مطالعات انجام شده در مورد سرریزهای قوسی

تاکنون مطالعات گسترده‌ای برای تعیین شکل تاج سرریزها انجام شده است و روش‌های متفاوتی نیز در دسترس می‌باشد، که یکی از این اشکال، انحنا یا قوس محوری در عرض کانال می‌باشد. طرح به کارگیری قوس و انحنا در بندها برای نخستین بار در سال ۱۹۷۱ توسط مک کی با هدف ساخت سازه‌ای که بتواند با حداقل اتلاف انرژی و بار آبی ثابت، سیلاب‌های بزرگ‌تر از سیل طراحی را تخلیه کند، ارائه شد. شکل (۱-۲) بیانگر مدل مورد مطالعه مک کی می‌باشد. طبق شکل نشان داده شده، تاج این سرریز قوسی در پلان بوده و دارای دیواره‌های همگرا می‌باشد. این پند (MEL) معمولاً به صورت خاکی و با رویه بتنی ساخته شده و در رودخانه‌هایی با سیلاب‌های عظیم و با شیب بستر بسیار کم، کاربرد دارد. عدد فرود در این سازه نسبت به سازه‌های سنتی مقدار پایین‌تری دارد. کاهش سرعت ورودی به شوت و تشکیل پرش هیدرولیکی ضعیف از مشخصات مهم این سرریزها می‌باشد که موجب شده تا طول حوضچه آرامش کوتاه شده و در برخی موارد نیازی به احداث آن نباشد (جانسون، ۲۰۰۹).

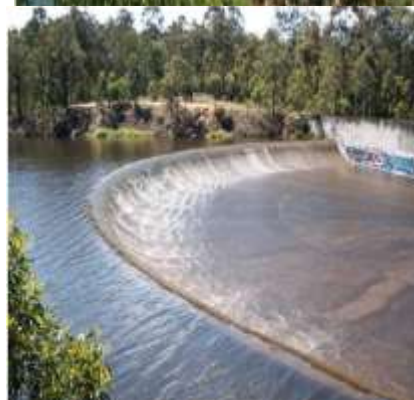
¹ United state Bureau of Reclamation

² Mkey

³ Ganson



شکل ۱-۲: مدل سرریز MEL (مک کی، ۱۹۷۲)



شکل ۲-۲: چند نمونه از کاربرد سرریزهای قوسی MEL

نتایج کورکستون و تولیس^۱ (۲۰۱۲) بر روی سرریزهای کنگره‌ای قوسی نشان داد که توسعه سرریز به داخل مخزن در شرایطی که سیکل‌های سرریز بر روی قوسی از دایره قرار گیرند، افزایش ضریب آبگذری را در پی دارد. این محققین ضمن معرفی پارامترهای هندسی سرریزهای کنگره‌ای قوسی، نتیجه‌گیری کردند که با بالا رفتن زاویه انحنای سرریز، چنانچه ظرفیت آبگذری سیکل‌های بالادست سرریز کنگره‌ای از سیکل‌های پایین‌دست آن بیشتر گردد، ضریب آبگذری سرریز کنگره‌ای قوسی حتی به مقداری کمتر از سرریز کنگره‌ای خطی نیز خواهد رسید.

خسروجرودی (۱۳۸۰) به بررسی هیدرولیکی سرریزهای لبه پهن مستقیم و قوسی در مرکز تحقیقات وزارت نیرو پرداخت. آزمایشات در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله اول محور سرریز مستقیم بوده و بررسی‌های به‌عمل آمده شامل تعیین ضریب شدت جریان، محل وقوع عمق بحرانی و ناحیه افت پروفیل سطح آب به ازای پهنای سرریز مختلف و ارائه رابطه‌ای برای ضریب شدت جریان بود. مدل ساخته شده شامل سه سرریز لبه پهن با ضخامت تاج متغیر است که داخل یک فلوم آزمایشگاهی قرار گرفته است. در مرحله دوم، امتداد محور سرریز قوس‌دار بوده و آزمایش‌ها برای شش قوس مختلف انجام گرفت. در این سری، اندازه‌گیری پروفیل سطح آب روی سرریز و دبی عبوری و در نتیجه محاسبه ضریب شدت جریان صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار ضریب دبی جریان با کاهش ضخامت تاج، افزایش می‌یابد. از طرفی، جهت قوس نیز اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی ضریب شدت جریان دارد. چنانچه قوس محوری به سمت بالادست جریان باشد، ضریب شدت جریان (نسبت به حالت قوس محوری به سمت پایین‌دست جریان) بزرگتر می‌باشد. بنابراین استفاده از سرریزهایی که قوس محوری آن به سمت پایین‌دست جریان است از دو جنبه هیدرولیکی (افزایش ضریب شدت جریان) و سازه‌ای (افزایش پایداری سازه در برابر جریان) مورد توجه می‌باشد.

ذوالفقاری و علی‌نژاد (۱۳۸۳) به بررسی سرریزهای زیگزاگی^۲ با پلان قوسی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه ارومیه پرداختند. در این تحقیق، اصلاح طرح هندسی پلان سرریز زیگزاگی نوع مثلثی، دوزنقه‌ای و مستطیلی از طریق تغییر فرم دماغه سرریز به شکل قوسی از دایره، مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که شکل قوسی دماغه سرریز همگام با واگرایی بیشتر کانال پایین‌دست، منجر به افزایش کارایی هیدرولیکی می‌گردد. همچنین سرریز با پلان قوسی نسبت به سرریزهای معادل دوزنقه‌ای و مثلثی (با طول تاج یکسان) ظرفیت جریان بیشتری دارد.

۳-۲- مطالعات انجام شده در مورد سرریزهای مرکب

اولین بار سازمان احیای اراضی آمریکا^۳ (۱۹۶۳) از یک سرریز لبه‌تیز مرکب مثلثی-مستطیلی برای اندازه‌گیری جریان استفاده نمود. مزیت مهم این‌گونه سرریزها، دقت مناسب در اندازه‌گیری دبی در محدوده وسیعی از شرایط جریان (کم‌آبی تا سیلاب) است. هم‌چنین اولین مطالعات تجربی بر روی سرریزهای مرکب توسط برگمن^۴ (۱۹۶۳) انجام شده است.

عباسپور (۲۰۰۵) با بررسی جریان در سرریز لبه‌تیز مرکب مثلثی-مستطیلی با زاویه راس ۹۰ درجه در حالت با و بدون فشرده‌گی جانبی به این نتیجه رسید که با افزایش ارتفاع سطح آب روی سرریز و در محدوده تداخل جریان در مرز سرریزهای مثلثی و مستطیلی، ضریب دبی به صورت متناوب، افزایش و کاهش می‌یابد.

مارتینز و همکاران^۵ (۲۰۰۵) با بررسی آزمایشگاهی یک سرریز لبه‌تیز مرکب مثلثی، این نوع سرریز را برای استفاده در سدهای رسوب‌گیر در حوضه‌های کوهستانی پیشنهاد نمودند. انتخاب این نوع سرریز به دلیل پیوستگی رابطه دبی-اشل در تمامی عمق‌های جریان روی سرریز است. این سرریز برای اندازه‌گیری هیدروگراف رواناب و بررسی تأثیر گزینه‌های مختلف

¹ Gookston and Tullis

² Labyrinth Spillways

³ United States Bureau of Reclamation

⁴ Bergmann

⁵ Martínez et al

پوشش گیاهی در کاهش رواناب و فرسایش خاک حوضه‌های کوهستانی طراحی و اجرا شده است. با توجه به تغییرات شدید هیدروگراف دبی رواناب از شروع بارش تا خاتمه سیل، کاربرد این سرریز بسیار مناسب می‌باشد، به این صورت که از سرریز مثلی پایین برای اندازه‌گیری دقیق دبی‌های کم و از سرریز مثلی بالا برای اندازه‌گیری دقیق دبی‌های بالا (دبی اوج هیدروگراف) استفاده می‌شود.

نتیجه‌گیری

مرور کارهای قبلی نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات و آزمایشات بسیاری در مورد دبی عبوری از سرریزهای قوسی مورد بررسی قرار گرفته است و روابط مناسبی جهت تعیین ضریب دبی جریان ارائه شده است. با توجه به فعالیت‌های سابق، تاکنون پژوهشی در مورد سازه مرکب قوسی و همچنین مقایسه میزان دبی از این سازه در قوس‌های مختلف انجام نشده است. مرکب فرض کردن سرریز سبب افزایش طول مؤثر تاج سرریز شده و بدین ترتیب می‌تواند به ازای یک بار هیدرولیکی یکسان، دبی بیشتری از خود عبور دهد. قوسی نمودن دماغه سرریز منجر به بهبود راندمان هیدرولیکی سرریز می‌گردد. در این تحقیق سعی می‌شود تا نتایج با حالت سرریز قوسی غیرمرکب نیز مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین محدوده ضریب دبی سرریز قوسی ساده در زوایای مختلف (۹۰ و ۱۲۰ و ۱۵۰ درجه) بین ۰,۴۳ تا ۰,۶۰، برای سرریز قوسی با یک پله بین ۰,۴۹ تا ۰,۷۷ و برای سرریز مرکب قوسی (سرریز قوسی دارای دو پله با عرض و ارتفاع مختلف در پله دوم) بین ۰,۳۵ تا ۰,۸۳ می‌باشد. بنابراین ضریب دبی سرریز مرکب قوسی، به‌جز زمانی که دبی کمتر یا مساوی ۴ لیتر بر ثانیه است، از سرریز قوسی ساده و سرریز قوسی با یک پله بیشتر است.

- در تمامی زوایای مورد مطالعه، با افزایش ارتفاع آب روی سرریز در بالادست سازه، ضریب دبی سرریز افزایش می‌یابد. البته در دبی‌های زیاد (دبی ۲۰ لیتر بر ثانیه و دبی‌های بیشتر از آن) به‌دلیل تداخل جریان، از میزان ضریب دبی کاسته می‌شود.

- در سرریز قوسی ساده، زاویه ۹۰ درجه دارای بیشترین ضریب آبگذری می‌باشد. اما با مرکب نمودن سرریز عکس این حالت اتفاق می‌افتد. یعنی در سرریز قوسی با یک پله و در سرریز مرکب قوسی بیشترین ضریب آبگذری مربوط به سرریز ۱۵۰ درجه است.

- معادله عمومی برای محاسبه ضریب دبی سرریز قوسی، سرریز قوسی با یک پله و سرریز مرکب قوسی (در عرض و ارتفاع مختلف از پله دوم) به‌دست آمده است که با داشتن زاویه مرکزی قوس، عمق آب در بالادست سازه و مقدار طول سرریز می‌توان ضریب دبی و میزان جریان عبوری از سرریز را تخمین زد.

- مقایسه نتایج نشان داد که در یک زاویه یکسان، سرریز مرکب قوسی که نسبت ارتفاع به عرض $(\frac{h_2}{b_1})$ پله دوم در آن ۰,۲۶ است، دارای ضریب دبی بیشتری از سایر سرریزها در همان زاویه می‌باشد.

- در سرریز مرکب قوسی با افزایش عرض و ارتفاع پله دوم بر میزان ضریب آبگذری افزوده می‌شود.
- از آنجا که ظرفیت تخلیه سرریز مرکب قوسی بیشتر از حالت سرریز قوسی ساده است، نیاز به ارتفاع آزاد در طول کانال کاهش یافته و کانال اقتصادی‌تر خواهد بود.

- طبق تحقیقات انجام شده از قبل، قوسی نمودن سرریز منجر به افزایش ضریب آبگذری نسبت به حالت سرریز خطی می‌شود. بنابراین ضریب آبگذری سرریز مرکب قوسی از ضریب آبگذری سرریز خطی بیشتر خواهد بود.

۳-۵- پیشنهادها

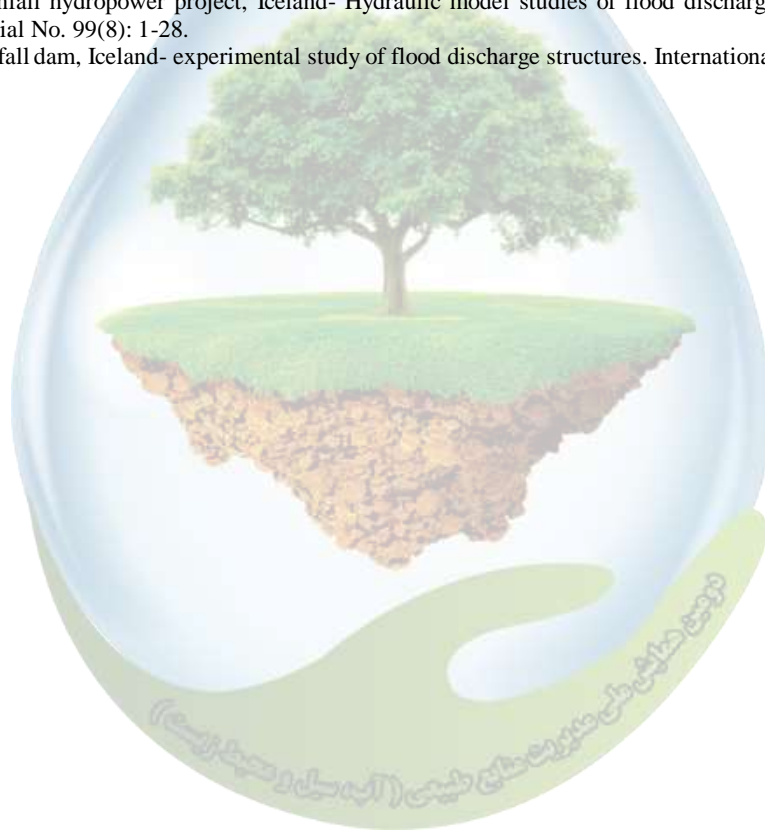
با توجه به محدودیت‌های زمانی و امکانات آزمایشگاهی در بررسی حاضر، پیشنهادهای زیر جهت مطالعات تکمیلی در آینده ارائه می‌گردد:

- شبیه‌سازی مدل سرریز مرکب قوسی مورد مطالعه در این تحقیق در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز مانند Flow3D و Fluent انجام شود و با نتایج مدل‌های فیزیکی مقایسه گردد.
- مطالعه عددی و آزمایشگاهی سرریز مرکب قوسی با قوس رو به پایین دست انجام شود.
- مطالعه عددی و آزمایشگاهی سرریز مرکب قوسی به‌همراه دریاچه با قوس رو به بالادست و پایین دست انجام گیرد.
- تأثیر ارتفاع سرریز بر ظرفیت آگذری و ضریب دبی سازه بررسی شود.
- تأثیر عرض و ارتفاع‌های بیشتر در سرریز مرکب قوسی روی ضریب آگذری بررسی گردد.
- اثر ته‌نشینی رسوب و جسم‌های شناور بر ضریب دبی سرریز مرکب قوسی مورد بررسی قرار گیرد.

منابع و مراجع

۱. انزانی، ا. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی سازه ترکیبی سرریز-روزنه قوسی در پلان با قوس‌های رو به بالادست و پایین‌دست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان، ایران.
۲. حسینی، م. و ابریشمی، ج. ۱۳۸۶. هیدرولیک کانال‌های باز. دانشگاه امام رضا (ع)، ۶۱۳ ص.
۳. خسروجردی، ا.، کاویانپور، م.ر.، شمسایی، ا. و دائمی، ع. ۱۳۸۸. بررسی هیدرولیکی سرریزهای لبه‌پهن و اثر قوس‌محوری. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۵(۵۳): ۳۶-۵۳.
۴. ذوالفقاری، س. و علی‌نژاد، ش. ۱۳۸۳. بررسی سرریزهای زیگزاگی با پلان قوسی. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک. دانشگاه شیراز. ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت.
۵. شعبانی، ا. ۱۳۹۵. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز مرکب-روزنه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان، ایران.
۶. شیخ‌کاظمی، ج. و عشرتی، ط. ۱۳۹۲. تعیین پروفیل جریان سرریز اوجی در شرایط قوس‌محوری، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران. زاهدان.
۷. طوفانی‌موقر، ه. ۱۳۹۲. مطالعه تأثیر سرریزهای قوسی در پلان بر شرایط جریان با استفاده از نرم‌افزار FLOW3D. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان، ایران.
۸. عباسپور، ا. ۱۳۸۰. جریان بر روی سرریز مرکب مثلثی-مستطیلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد تاسیسات آبیاری، دانشگاه ارومیه. ارومیه، ایران. ۸۵.
۹. فتاحی، م. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی ضریب دبی در سازه ترکیبی سرریز-دریاچه لبه تیز قوسی در پلان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سازه‌های آبی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. گرگان، ایران.
۱۰. قبادیان، ر. و احمدی، آ. ۱۳۹۱. مطالعه آزمایشگاهی پارامترهای هیدرولیکی جریان در سرریز پلکانی قوسی. یازدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه ارومیه.
۱۱. کوهساری نوده، ع.، دهقانی، ا.، مفتاح‌هلقی، م. و ظهیری، ع. ۱۳۹۴. پیش‌بینی ضریب آگذری دریاچه قوسی در پلان با استفاده از برنامه ریزی ژنتیک. سومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. تهران.
۱۲. محمودیان شوشتری، م. ۱۳۸۸. اصول جریان در مجاری باز. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
13. Balachandar, R. and Ramamurthy, A.S., "A note on circular sharp-crested weirs". Journal of civil Engineering, Vol. 18, No. 5, 1991, pp:881-885.
14. Bergmann, M. 1963. Special Weirs, USBR, Water Measurement Manual, Chapter 7 Section 138.
15. Bos, M.G. 1989. Discharge measurement structure. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) Publication 20. Wageningen University, The Netherlands.
16. Chanson, H. 2009. Discussion of Hydraulic of Broad-Crested Weirs with Varying Side Slopes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE. 136(7): 508-509.
17. Crookston, B.M. and Tullis, B.P. "Discharge Efficiency of Reservoir-Application-specific Labyrinth weirs". American society of civil Engineering, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 138, No. 6, 2012, pp: 564-568.
18. Eli, R.N. "V-notch weir calibration using new parameters". American Society of Civil Engineering, Journal of the Hydraulics Division, Vol. 103, No. 12, 1986, pp:321-325.
19. French, R.H. 1986. Open Channel Hydraulics. Mc Grow Hill Book Company, New York.

20. Hager, H.W. and Schwalt, M. 1994. Broad-Crested Weir, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 120, No. 1, pp:12-24.
21. Jan, C.D., Chang, C.J. and Lee, M.H. 2006. Discussion of Design and calibration of compound sharp-crested weir. Journal. Hydraul. Eng., 132:8. 868-871.
22. Kumar, S. and Ahmad, Z. 2012. "Discharge Characteristics of Sharp Crested Weir of Curved Plan-form". Research Journal of Engineering Sciences, India. 1 (14), 16-20.
23. Margeirsson, B. 2007. Computational Modeling of flow over a spillway in Vattenfall Dam in Iceland. Master Thesis. Goteborg Sweden: Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology.
24. Martinez, J., Reza, J., Morillas, M.T. and Lopez, J.G. 2005. Design and calibration of a compound sharp-crested weir. Journal. Hydraul. Eng., 131:2. 112-116.
25. McKay, G.R. 1987. Design principles of minimum Energy Waterways. Proc. Workshop on minimum Energy Design of Culvert and Bridge Waterways, Australian Road Research Board, Melbourne, Australia, K.F. PORTER Ed., Session 1: 1-39.
26. Piratheepan, M., Winston, N.E.F. and Pathirana, K.P.P. 2006. Discharge measurements in open channels using compound sharp-crested weirs. Journal. Institution of Engineers 3:31-38.
27. Ramamurthy, A.S., Tadayon, R., and Chen, Z. 2009. Numerical simulation of sharp-crested weir flow. Journal. Can. Civil Eng., 36:9. 1530-1534.
28. United States Bureau of Reclamation (USBR). 1963. Compound weir study. Hydraulic Laboratory Report No. Hyd. 505.
29. United State Bureau of Reclamation (USBR). 1997. Water measurement manual, 3rd Ed. Denver.
30. Vischer, D., "Recent developments spillway design". Journal of water Power and Dam Construction, Vol. 40, No. 1, 1988, pp:10-15.
31. Villemonte, J.R., "Submerged weir discharge studies". Engineering News Record, Vol. 139, No. 26, 1947, pp:54-56.
32. Wu, S. and Rajaratnam, N., "Submerged flow regimes of rectangular sharp-crested weirs". American society of civil Engineering, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 122, No. 7, 1996, pp: 412-414.
33. Yong, J. 1999. Vattenfall hydropower project, Iceland- Hydraulic model studies of flood discharge structures. Vattenfall Utveckling Report serial No. 99(8): 1-28.
34. Yong, J. 2006. Vattenfall dam, Iceland- experimental study of flood discharge structures. International Conference HYDRO, Greece.



تشریح سیل و علل وقوع آن در استان گلستان

سید مرتضی سیدیان^۱، سمیه غزنوی^{۲*}

^۱استادیار گروه آبخیزداری و عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، ^۲دانش آموخته آبخیزداری دانشگاه گنبد کاووس
^{۲*}Ghaznavi.rj@gmail.com

چکیده

هر ساله بلایای طبیعی از جمله سیل، زلزله، خشکسالی، سرمازدگی، طوفان و ... خسارات جانی و مالی فراوانی به جوامع انسانی وارد می‌سازد. برخلاف سال‌های قبل، بارش‌های اخیر بی‌سابقه بوده و یکی از پر بارش‌ترین سال‌ها در طول دوره آماری ثبت شده است. متأسفانه سیلاب‌های اخیر ایجاد شده در کشور باعث شد اکثر شهرهای ایران با سیل مواجه شوند و خسارات زیادی متحمل گردند. بنابراین از اهداف اصلی این پژوهش بررسی علل وقوع سیل اخیر در استان گلستان می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی ۵ حوزه آبریز و سدهای استان گلستان نشان می‌دهد علت اصلی سیل اخیر استان حجم بالای بارش و تداوم آن بوده است ولی علاوه بر حجم بالای سیلاب عوامل مؤثر دیگر مربوط به فعالیت‌های انسان و کم‌توجهی مسئولین در اموری چون عدم مدیریت صحیح مخازن سدها قبل از وقوع سیل، ضعف فعالیت‌های آبخیزداری در بالادست حوزه‌ها با توجه به حجم بالایی از رسوبات که در سیل اخیر به آفتاب و شهرهای گنبد وارد شده، خاکریزی غیراصولی در مسیر جریان آب و عدم لایروبی سالانه و ... می‌باشد که باعث تشدید این حادثه طبیعی گردیده است.

کلمات کلیدی: سیل، حجم بارش، فعالیت‌های آبخیزداری، رسوبات.

۱- مقدمه

در بین ۴۱ نوع بلای طبیعی شناخته‌شده توسط سازمان ملل متحد بلایای طبیعی شامل سیل، زلزله، خشکسالی و طوفان به لحاظ خسارات مالی و جانی ناشی از وقوع آن‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. در قبل از سال ۱۹۹۰ میلادی سیل رتبه دوم را داشت و از سال ۱۹۹۰ میلادی به بعد، سیل رتبه اول و زلزله در رتبه دوم قرار گرفت. سیل میزان دبی یا سطح آبی است که از بستر رودخانه خارج شده و باعث خسارات یا تلفات انسانی می‌شود. آنچه که عمدتاً در دنیا مورد توجه است، سیل‌های خسارت‌زایی است که انسان و سرمایه‌اش آسیب می‌بیند. سیل معمولاً زمانی به وقوع می‌پیوندد که یک سطح پست زمین از آب پر شده باشد. بدترین حالت‌های سیل رودخانه‌ای معمولاً در زمین‌های حاشیه‌ای یک رود جاری می‌شود. سیل زمانی رخ می‌دهد که خاک و پوشش گیاهی یک منطقه توانایی جذب کامل آب را نداشته باشد. در این زمان حجم آب به‌صورت غیرقابل کنترل از طریق کانال‌های رودخانه‌ای یا حفره‌های طبیعی و یا مخازن آب دست‌ساز بشر، ریزش می‌نماید. گاهی اوقات سیل بسیار مخرب است در این گونه موارد سیل خانه‌ها را ویران می‌کند. پل‌ها را می‌شکند و تلفات انسانی و حیوانی فراوانی به بار می‌آورد. سیل می‌تواند لایه‌ای از خاک را که حاصل خیز و قابل کشت است با خود ببرد و یا زمینی را که سال‌ها برای کشاورزی نامناسب بوده است به زمینی بارور و حاصل خیز تبدیل کند. با اینکه اکثر سیل‌ها ویرانگر هستند برخی از آنها برای بشر مفید هستند. برای مثال طغیان سالانه رود نیل موجب پیدایش تمدن عظیم مصر شد. به همین جهت مصر را هدیه نیل می‌نامند. طغیان رود نیل که هر ساله و در زمانی مشخص انجام می‌گیرد زمین‌های اطراف رودخانه را حاصلخیز می‌کند (۲).

سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ برخلاف سال‌های قبل یکی از پربارش‌ترین سال‌ها در طول دوره آماری ثبت شده در کشور بوده است. که از نظر گستردگی مکانی در طول دوره آماری ثبت شده در کشور، بارش‌های اخیر بی‌سابقه بوده است. سیل‌های به وقوع پیوسته در اواخر اسفند سال ۱۳۹۷ و نیمه اول فروردین ۱۳۹۸ در نقاط مختلف کشور باعث خسارات جانی و مالی چشمگیر شد. بررسی آمار و ارقام و علل سیل گلستان می‌تواند از آن جهت مفید واقع شود که به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران دید صحیح و واقع‌گرایانه‌ای از این پدیده می‌دهد (۴). همچنین در اتخاذ تصمیم‌های آتی مفید واقع شده تا احتمالاً از بروز حوادث مشابه جلوگیری شود. به همین دلیل هدف از این پژوهش بررسی سیل و علل وقوع آن در استان گلستان می‌باشد.

به صورت کلی عوامل مؤثر بر در بروز سیل عبارتند از:

۱-۱- خصوصیات آب و هوایی حوزه آبخیز

- خصوصیات بارش (نوع بارش)
- توزیع و جهت حرکت ابر
- رژیم بارندگی
- مدت-مقدار-شدت بارش
- زمان بارش

۱-۲- خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیوگرافی و زمین‌شناسی حوزه آبخیز

- شکل هندسی حوزه آبخیز
- مساحت حوزه آبخیز
- ارتفاع حوزه آبخیز
- لیتولوژی، زمین‌شناسی و نفوذپذیری حوزه آبخیز
- شیب حوزه آبخیز
- شبکه زهکشی حوزه آبخیز
- نوع کاربری اراضی حوزه آبخیز
- جهت حوزه آبخیز
- مناطق ذخیره سطحی (دریاچه‌ها، باتلاق‌ها و ...)

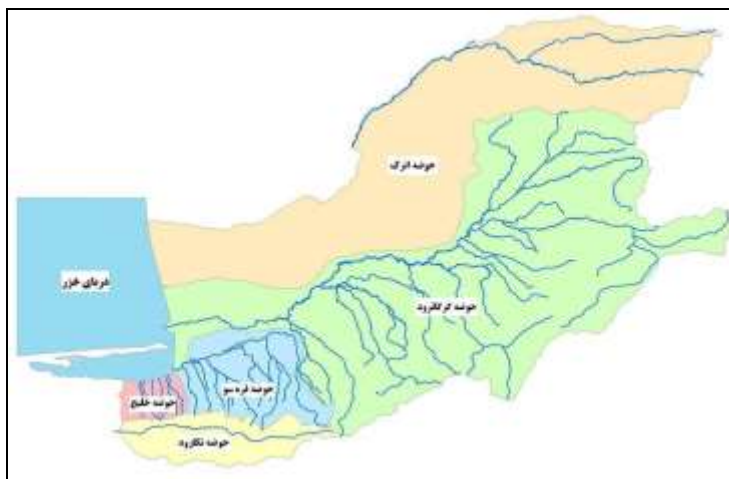
۱-۳- تغییر و تحولات حوزه آبخیز:

مهم‌ترین این تحولات، تحولاتی است که توسط انسان صورت می‌گیرد و موجب کاهش نفوذپذیری حوزه، افزایش سریع جریان و یا کاهش سیل‌خیزی خواهد شد. مانند توسعه مناطق شهری، احداث واحدهای مسکونی، توسعه مناطق صنعتی، تخریب پوشش گیاهی، گسترش جنگل‌کاری، تغییرات شیب حوزه در اثر احداث سد، عملیات مهندسی و معدن‌کاری و ...

۲- مواد و روش

استان گلستان در بخشی از حوضه آبریز دریای خزر واقع شده است. این استان که بالغ بر ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد، حدود ۱/۳ درصد از مساحت کشور و ۱۱/۷ درصد از مساحت حوضه آبریز دریای خزر را تشکیل می‌دهد. کل پتانسیل آب استان، ۲۴۸۵ میلیون مترمکعب می‌باشد که شامل ۱۲۳۵ میلیون مترمکعب پتانسیل آب سطحی و ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب پتانسیل آب زیرزمینی است. طول کل رودخانه‌های استان ۲۷۰۰ کیلومتر است که شامل تعداد ۴۴ سرشاخه اصلی می‌باشد که

در ۵ حوضه آبریز استان شامل حوزه‌های آبریز اترک سفلی، گرگانرود، قره‌سو، شرق خلیج گرگان و نکارود علیا جریان دارند (شکل ۱) (۵).



شکل ۱- موقعیت حوزه‌های اصلی استان گلستان

۳- نتایج و بحث

حوزه آبریز اترک و گرگانرود (سد وشمگیر) به دلیل کم‌شیب بودن، میانگین کم بارش سالانه، فقر پوشش گیاهی، نفوذپذیری کم همراه با بارش‌های رگباری با شدت بالا و مدت کوتاه و همچنین وجود خاک لس با فرسایش‌پذیری بالا، پتانسیل خطر سیلاب در این حوزه‌ها را افزایش داده است.

در اکثر حوزه‌های خلیج گرگان، قره‌سو، گرگانرود و نکارود شیب بالا باعث جاری شدن سریع رواناب شده و عملاً به‌طور طبیعی فرصت زیادی جهت نفوذ آب در دامنه‌ها به دلیل شیب تند وجود ندارد و این موضوع در هنگام بارش‌های رگباری با شدت بالا و مدت کم، نمود بیشتری می‌یابد و کاملاً محسوس است.

تغییر کاربری اراضی نیز باعث تغییر یا از بین رفتن کامل الگوی زهکشی طبیعی مسیل‌ها در پایین دست توسط زمین‌های کشاورزی شده که از عوامل افزایش ضریب رواناب بوده و در هنگام سیل خسارات آن را تشدید می‌کند.

نوع سازند زمین‌شناسی و حساسیت فوق‌العاده در برابر فرسایش و ایجاد بار رسوبی سبب مضاعف شدن قدرت تخریبی سیلاب در حوزه‌های نکارود، گرگانرود و قره‌سو می‌گردد.

در حوزه نکارود اغلب بارش به صورت برف بوده، ذوب برف در فصل بهار و همزمانی آن با بارش‌های بهاری یکی دیگر از دلایل وقوع سیل در این حوزه می‌باشد. کوتاهی طول آبراهه اصلی به جهت فیزیوگرافی و نیز برداشت مصالح به صورت مجاز و غیرمجاز در حوزه خلیج گرگان نقش قابل ملاحظه‌ای در افزایش قدرت تخریبی سیل دارد (۵).

اگرچه حجم سیلاب قابل توجه بوده است اما عواملی چون عدم لایروبی رودخانه‌ها به صورت دوره‌ای باعث رشد گیاهانی چون گز در رودخانه شده است در نتیجه باعث کاهش سطح مقطع عبوری رودخانه می‌شود. همچنین افزایش ضریب زبری نیز به دلیل وجود گیاهان باعث کاهش سرعت جریان گشته است. تخلیه نخاله‌ها و نیز وجود گیاهان موجود در رودخانه در شکل ۲ که مربوط به پل آخوند آباد در شمال شهر گنبد می‌باشد کاملاً مشخص است.



شکل ۲- وجود گیاهان و نخاله در گرگانرود در محدوده شهر گنبد

خاکریزی در کناره رودخانه به منظور ایجاد زمین جهت فعالیت‌های مختلف از جمله ایجاد فضای مناسب جهت کشاورزی در ادامه حوزه گرگانرود در غرب گنبد در پایین دست پل گدم آباد باعث کاهش عرض رودخانه شده در نتیجه آبگذری را به مقدار زیادی کاهش داده است و سبب تشدید خسارات سیل در مواقع سیلابی می‌گردد (شکل ۳).



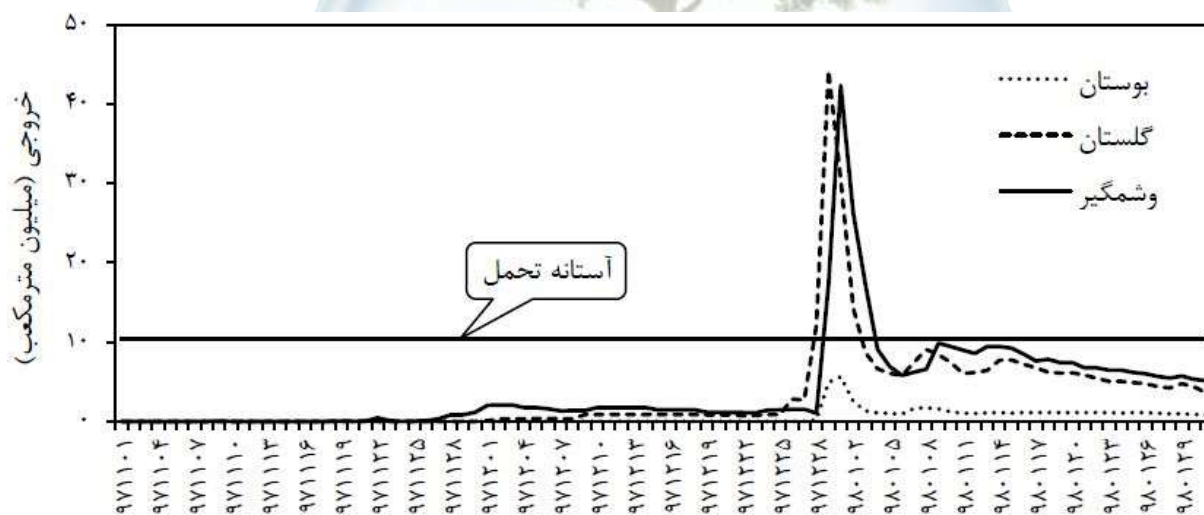
شکل ۳- کاهش عرض گرگانرود بعد از پل گدم آباد در غرب گنبد

۳-۱- اثر بارش و توپوگرافی منطقه

به طور کلی علت اصلی سیل اخیر در رودخانه گرگانرود وقوع یک رخداد بارش بسیار زیاد است. بارش‌های اسفندماه در این منطقه علاوه بر مقدار زیاد تداوم بالایی نیز داشتند به طوری که مقدار ۱۷۸ میلی‌متر بارندگی در مقیاس متوسط کل، به مدت ۴ روز اتفاق افتاده است. توپوگرافی منطقه نیز در وقوع سیل اثر بسیار مهمی داشته و خواهد داشت. شیب‌های بسیار ملایم و همچنین پهنه‌های سیلاب‌دستی وسیع باعث می‌شود که سیل در پهنه‌های وسیع پخش و به دلیل شیب بسیار ملایم، به آهستگی خارج شود (۳).

۳-۲- عدم مدیریت صحیح مخازن سدها قبل از وقوع سیل

از اول اسفند ۱۳۹۷ مخازن سدهای گلستان و وشمگیر کاملاً و سد بوستان نیز تا ۷۰ درصد از آب پر بوده است. این امر به معنای عدم آمادگی متولیان در کنترل سیلاب‌هایی حتی با حجم بسیار کمتر از سیلاب اخیر است. از تاریخ اول اسفند تا زمان وقوع سیلاب اخیر تنها پتانسیل حجم سیلاب حدود ۱۰ میلیون متر مکعب بوده است. همان طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، بسیار قابل تأمل است که تا تاریخ شروع وقوع سیل آخر اسفندماه، هیچ‌گونه رهاسازی از سدها صورت نگرفته است. مسئولان امر با توجه به پرآب بودن سال آبی جاری و اینکه عمده بارش‌ها در اسفند و فروردین اتفاق می‌افتد، باید تمهیدات ایجاد فضای خالی را در مخازن سدهای موضوعه اجرایی می‌کردند، ولی این امر از زمان پر شدن مخازن سدها در اول اسفندماه اجرایی نشد. البته شایان ذکر است که حجم سیلاب به وقوع پیوسته از حجم کل مخازن سدهای موضوعه بسیار بیشتر بوده است، اما نکته مهم این است که آمادگی برای مواجه شدن برای سیل‌های بسیار کوچکتر از این سیل نیز وجود نداشته است و در صورت وقوع یک سیل بسیار کوچکتر نیز، مدیریت نامطلوب مخزن به خساراتی منجر می‌شد. جدول ۱ عملکرد سدهای استان گلستان را در کنترل سیل اخیر در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸ نشان می‌دهد (۱).



شکل ۴- میزان خروجی سدهای استان گلستان

براساس (جدول ۱) تنها ۳۲، ۶ و ۵ درصد سیلاب ورودی به سدهای به ترتیب بوستان، گلستان و وشمگیر کنترل شده است که دلیل این امر علاوه بر بزرگی سیلاب ورودی، به پر بودن سدها (به خصوص سدهای گلستان و وشمگیر) قبل از ورود سیلاب نیز باز می‌گردد. البته باید به نقش سدها و دریاچه آنها در تعدیل دبی حداکثر ورودی، حتی در حالت پر بودن مخزن آنها نیز اشاره کرد. از طرف دیگر باید به نقش پیش‌بینی‌های فصلی در مدیریت مخازن سدها نیز اشاره نمود. در صورت وجود پیش‌بینی‌های فصلی قابل اطمینان و یا حداقل وجود چشم‌انداز فصلی نسبتاً قابل اطمینان، امکان مدیریت مخازن با طرح‌ریزی

مناسب‌تری وجود دارد. همچنین باید عنوان نمود که عدم عملکرد صحیح دریچه‌های سدها در این شرایط به دلایل مختلف، از جمله دلایل مکانیکی و تجمع رسوب، می‌تواند تبعات جبران‌ناپذیری را به دنبال داشته باشد. در این راستا مانور دوره‌ای و بازدیدهای منظم از تأسیسات مربوطه، مورد تأکید است.

جدول ۱- عملکرد سدهای استان گلستان در کنترل سیل اخیر در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۲/۲۶ تا ۱۳۹۸/۰۱/۰۸

نام سد	بوستان	گلستان	وشمگیر
حجم مفید مخزن (میلیون مترمکعب)	۳۳	۴۸	۳۷
حجم سیلاب ورودی (میلیون مترمکعب)	۳۱	۱۶۰	۱۴۹
حجم سیلاب خروجی (میلیون مترمکعب)	۲۱	۱۵۰	۱۴۲
سیلاب ذخیره شده (میلیون مترمکعب)	۱۰	۱۰	۷
عملکرد موجود در کنترل سیل اخیر در محل سد (درصد)	۳۲	۶	۵

مأخذ: شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۸.

۳-۳- اثر چشمگیر آب ورودی از حوضه‌های بینابینی

رودخانه‌های متعددی به رودخانه گرگانود می‌ریزند. به دلیل گسترده بودن سامانه بارشی مولد سیلاب اخیر، حجم آب رودخانه‌های در مسیر و حوضه‌های بینابینی موجب تقویت سیلاب و باعث تشدید خسارت در مناطق پایین دست شده است. درصد بسیار زیادی از حجم نهایی سیلاب رودخانه گرگانود، ناشی از رودخانه‌های در مسیر و حوضه‌های بینابینی بوده است. کنترل سیل در سرشاخه‌ها و میان حوضه‌ها توسط اقدامات سازه‌ای کوچک مقیاس و آبخیزداری، می‌توانست تأثیر بسزایی در کاهش حجم سیلاب و در نتیجه کاهش خسارات داشته باشد. نکته مهم دیگر اشاره به اثر رسوبات و نقش آن در تشدید سیلاب‌های اخیر است. به نظر می‌رسد که اقدامات آبخیزداری در حوضه آبریز گرگانود به‌طور مؤثری انجام نشده است. مصداق بارز این موضوع علاوه بر کاهش حجم مفید سدهای این حوضه آبریز، در سیلاب اخیر نیز آشکار است. در سیلاب اخیر علاوه بر آب، احجام بسیار زیادی از رسوبات نیز وارد شهرهای گنبد و آق‌قلا و سیلاب‌دشت‌ها شد که دلیلی بر ضعف فعالیت‌های آبخیزداری بالادست است. در حقیقت می‌توان گفت که سیلاب اخیر حالت سیلاب واریزه‌ای (ترکیب آب و رسوب) داشته که به دلیل افزایش جرم مخصوص سیال، هم ارتفاع سیلاب افزایش می‌یابد و هم قدرت تخریبی آن بیشتر می‌شود.

۳-۴- اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل

سیل سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ گلستان دو سیل از شدیدترین سیل‌های به وقوع پیوسته در کشور بوده که تلفات جانی آنها بالغ بر ۴۵۵ نفر بوده است. شاید بتوان مهمترین علت تشدید چشمگیر خسارات سیل اخیر گلستان را، اقدامات ضعیف سازه‌ای و غیرسازه‌ای کنترل سیل در نظر گرفت. اقدامات مهندسی رودخانه، نظیر تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی سیلاب و مطالعات مرحله دوم ساماندهی، تنها در ۵۵ درصد طول رودخانه گرگانود انجام شده است. همچنین اگرچه مطالعات حریم و بستر رودخانه گرگانود در حد مطلوبی انجام شده است، ولی آزادسازی تصرفات به‌طور کامل انجام نشده که در جای خود به تشدید خسارات دامن زده است. تجربه نگرفتن از سیل سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ و همچنین انجام ندادن اقدامات مؤثر سازه‌ای نظیر احداث سدهای کوچک در سرشاخه‌ها، دیواره‌های حفاظتی با دوره برگشت‌های مناسب، لایروبی، آزادسازی مسیر و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها قطعاً به تشدید چشمگیر خسارات انجامیده است. اقدامات غیرسازه‌ای کنترل سیلاب نیز نظیر سیستم‌های هشدار، تهیه نقشه‌های خطر، مدیریت مخازن و بیمه سیل نیز در سیل اخیر عملکرد مؤثری نداشته‌اند. در صورت انجام لایروبی رودخانه گرگانود، افزایش ظرفیت آگذری رودخانه بین ۳۰ تا ۵۰ درصد امکان‌پذیر می‌بود که می‌توانست حجم آب ورودی به مناطق گنبد و آق‌قلا را به‌نحو چشمگیری کاهش دهد و همچنین سرعت تخلیه آب را از مناطق سیل‌گرفته (یکی از مشکلات اصلی سیل اخیر گرگانود)، نیز افزایش دهد. البته مشخصاً به دلیل حجم بالای سیلاب، وارد شدن خسارات تقریباً اجتناب‌ناپذیر بود، ولی اقدامات موضوعه در کاهش آنها می‌توانست نقش مؤثری ایفا کند.

۴- منابع و مراجع

- ۱- بررسی و تحلیل وقایع سیل فروردین ماه سال ۱۳۹۸، اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸. معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی، دفتر مطالعات زیربنایی.
- ۲- خادمی، ف. ال. و اکبری، م. ۱۳۹۳. روش‌های کنترل سیلاب؛ اقدامات سازه‌ای. دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری.
- ۳- گزارش سیلاب گلستان، دفتر فنی شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان
- ۴- گزارش عوامل مؤثر بر سیل با تمرکز بر شهر گنبد کاووس، ۱۳۹۸. مجموعه نشست‌های تخصصی سیل استان گلستان، دانشگاه گنبد کاووس
- ۵- معاونت فنی و آبخیزداری، فروردین ۱۳۹۸، عملکرد اقدامات آبخیزداری در کاهش خسارات سیلاب اسفند ۹۷ و فروردین ۹۸ گلستان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان.



راهکارهای کاهش خسارات سیل در استان گلستان

سید مرتضی سیدیان^۱، سمیه غزنوی^{۲*}

^۱ استادیار گروه آبخیزداری و عضو هیئت علمی دانشگاه گنبد کاووس، ^۲ دانش‌آموخته آبخیزداری دانشگاه گنبد کاووس
^{۲*} Ghaznavi.rj@gmail.com

چکیده

سیل بدون شک یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی می‌باشد که هم از نظر تلفات جانی و هم خسارات مالی، به‌عنوان مهیب‌ترین بلایای جوی در جهان شناخته شده است. در کشور ایران نیز سیلاب‌های اخیر خسارات زیادی را به‌همراه داشت که برای کاهش خسارات ناشی از آن به‌صورت‌های گوناگون تمهیداتی را می‌طلبد که در قدم اول شناخت و درک صحیح این پدیده می‌باشد چون انسان‌ها از ناشناخته‌ها مخصوصاً آنچه از آن ضرر دیده باشد هراس داشته و آنچه در مرحله اول سبب کاهش این ترس می‌گردد شناخت کامل آن می‌باشد تا درک صحیحی از پدیده داشته باشد و در مقابله با خطرات ناشی از این پدیده انعکاس رفتاری صحیحی بروز دهد. در مرحله بعد با مدیریت صحیح سیل هم خسارات کاهش پیدا می‌کند و هم می‌توان از سیل به‌عنوان منبع آب استفاده کرد. نتایج حاصل از بررسی سیل‌های اخیر نشان می‌دهد که محوری‌ترین اقدام برای مدیریت سیلاب که منجر به تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و نیز کاهش حجم و دبی سیلاب می‌گردد اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های بالادست می‌باشد که عملکرد مثبت این اقدامات در برخی مناطق سیل‌خیز استان گلستان مشاهده گردیده است.

واژگان کلیدی: مدیریت سازه‌ای، سیل، عملیات آبخیزداری

۱- مقدمه

سیل هر ساله منجر به خسارات جانی و مالی فراوانی در سطح جهان می‌شود. با وجود تلاش‌های انجام شده برای مهار سیل، بشر نتوانسته به‌طور کامل از خسارات ناشی از آن در امان بماند. با افزایش جمعیت جهان نیاز بشر به زمین و منابع طبیعی افزایش پیدا کرده است. یکی از نتایج این مسأله تجاوز مناطق مسکونی، صنعتی و راه‌های ارتباطاتی به مزارع، مراتع و جنگل‌ها و تخریب آن‌ها می‌باشد. این امر باعث افزایش مناطق نفوذناپذیر و در نتیجه افزایش سرعت و حجم سیلاب می‌شود (۵). با توجه به افزایش جمعیت و تخریب بی‌رویه منابع طبیعی، خطر بروز سیل رو به افزایش است و بنابراین اقدامات آبخیزداری و عملیات حفاظتی برای کنترل سیل در حوضه‌های سیل‌خیز امری ضروری است. در گذشته کنترل خسارات ناشی از سیل در یک نقطه، غالباً از طریق طراحی و ساخت سازه‌های کنترل سیل بر روی رودخانه در محل مورد نظر انجام می‌گرفت در حالی که امروزه به‌جای تمرکز بر روی نواحی مورد تهدید سیل در پایین‌دست، تأکید بر شناسایی و کنترل سیل در سرمنشأ آن در نواحی بالادست حوضه می‌باشد (۶).

کنترل سیلاب در عمل به مفهوم کاهش خسارت سیلاب است و عبارت است از کنترل و مهار کامل سیلاب که به‌علت عدم توانایی فیزیکی و اقتصادی عملاً غیرممکن است لذا حذف کامل خسارات توجیه اقتصادی ندارد. پرداختن به اقداماتی جهت

پیش‌گیری از وقوع سیل و کاهش خسارات ناشی از سیل‌های به‌وجود آمده تا حد امکان، از جمله اقداماتی است که غیرقابل چشم‌پوشی است. این اقدامات به سه دسته‌ی سازه‌ای، غیرسازه‌ای، و ترکیبی تقسیم می‌شود (۱ و ۴).

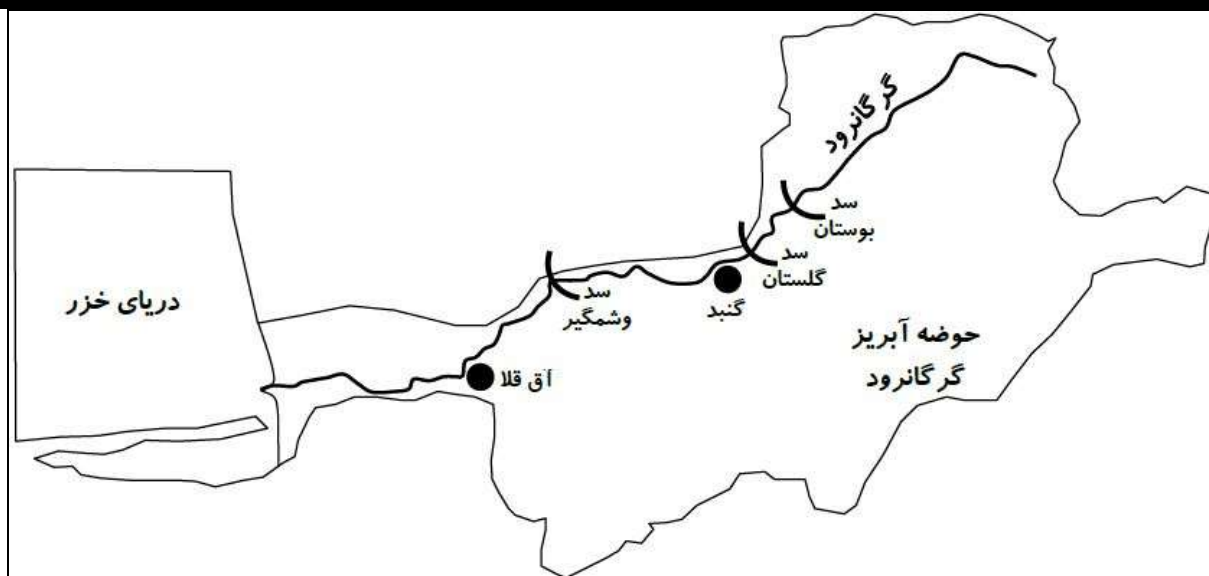
روش‌های سازه‌ای به تمامی فعالیت‌هایی گفته می‌شود که با احداث سازه‌های مهندسی، سعی در کاهش پیک سیلاب، افزایش ظرفیت رودخانه‌ها و جلوگیری از طغیان رودخانه‌ها و انتقال و هدایت آب اضافی به مناطق دیگر می‌شود و باعث کاهش خسارات سیل می‌شود. این روش‌ها به روش‌های سخت‌افزاری در کنترل سیل نیز معروفند که قبل از وقوع سیل به‌کار گرفته می‌شوند.

روش غیرسازه‌ای روشی است که نحوه‌ی برخورد با مسأله سیل و کاهش خسارات آن بیشتر جنبه نرم‌افزاری و مدیریتی دارد و برای رفع یا تسکین اثرات تخریبی سیلاب سازه‌های فیزیکی احداث نمی‌شود. به این روش، مدیریت سیلاب نیز گفته می‌شود. این روش‌ها نسبت به روش‌های سازه‌ای بسیار ارزان بوده و نسبت به آن‌ها در اولویت قرار دارد. به‌علت ماهیت این روش‌ها، انعطاف‌پذیری بیشتری در نوع تصمیم و اقدام در مقایسه با روش‌های سازه‌ای وجود دارد به‌نحوی که می‌توان نحوه مدیریت در مقابله با سیل را مطابق با دانش روز بهبود داد. در حالی که در روش‌های سازه‌ای اتخاذ یک تصمیم نادرست و ساخت یک سازه کنترل سیل غیرمؤثر ممکن است بسیار گران تمام شود.

روش‌های ترکیبی تلفیقی از روش‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای می‌باشد که به عقیده بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته، روش‌های ترکیبی کم‌هزینه‌تر و مؤثرتر از روش‌های دیگر بوده اما در صورت ارزیابی روش‌های مختلف کنترل سیلاب و انتخاب یک طرح بهینه به‌لحاظ اقتصادی مستلزم در نظر گرفتن سودهای ناشی از آن و هزینه‌های مربوطه می‌باشد (۲).

۲- مواد و روش

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع شامل پنج حوضه آبریز گرگانرود، اترک، قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود است. در مجموع ۴۵ رشته رودخانه به طول کلی ۲۷۰۰ کیلومتر در این استان امتداد دارد. متوسط بارندگی سالانه استان در شرایط نرمال حدود ۴۵۰ میلی‌متر است. رودخانه گرگانرود که آبراهه اصلی حوضه گرگانرود است و بیشترین حجم آب استان گلستان در آن جریان دارد، در ابتدا از به‌هم پیوستن رودخانه‌های زاو و قره‌ناوه در شمال شرقی شهرستان کلاله شکل می‌گیرد و به سد بوستان می‌ریزد. سپس رودخانه حاجی‌قوشان قبل از سد گلستان و رودخانه‌های دوغ، قره‌شور و اوغان در محل سد گلستان و رودخانه قلی‌تپه بعد از سد گلستان به آن می‌پیوندند. مجموع رودخانه‌های چهل‌چای، نرماب و خرمالو در جنوب شهر گنبد با گذر از ایستگاه هیدرومتری آرازکوسه به رودخانه گرگانرود ملحق شده و سپس این رودخانه به سد وشمگیر وارد می‌شود. رودخانه‌های قره‌چای، شیرآباد، زرین‌گل، کبودوال، محمدآباد، تقی‌آباد و قرن‌آباد نیز بعد از سد وشمگیر و قبل از شهر آق‌قلا وارد رودخانه اصلی گرگانرود شده و در نهایت این رودخانه به دریای خزر منتهی می‌شود. شکل ۱ حوضه آبریز گرگانرود را به همراه رودخانه گرگانرود نشان می‌دهد.



شکل ۱- حوضه آبریز گرگانرود

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نقش اقدامات آبخیزداری در مدیریت سیلاب

خسارات سیلاب، در اثر وقوع حجم بالایی از رواناب و مواد محموله آن در حوزه‌های آبخیز و انتقال آن به خروجی حوزه و مشرف به مراکز جمعیتی و شهری ایجاد می‌گردد. بررسی سوابق سیل در استان نشان می‌دهد که حوزه‌های مختلف گلستان در سنوات مختلف سیلاب‌های مهمی را تجربه کرده است، از این نظر عملیات آبخیزداری با کاهش حجم و دبی پیک سیلاب و همچنین به دلیل ممانعت از تمرکز و سرعت گرفتن رواناب در بالادست کمک زیادی را در جهت کاهش خسارات ناشی از سیل می‌کند. محوری‌ترین اقدام در جهت مدیریت سیلاب در حوزه‌های آبخیز استان، اجرای عملیات آبخیزداری در حوزه‌های بالادست است. راهبرد اساسی مدیریت سیلاب به تغذیه سفره‌های آب کمک می‌کند و موجب می‌شود که قنات‌ها، چشمه‌ها و چاه‌ها با تولید آب بیشتر بتوانند زمین‌های کشاورزی بیشتری را به زیر کشت برده و در تولید محصولات غذایی بیشتر، نقش مهمی را ایفا کنند.

بررسی و بازندهای سیلاب اخیر استان گلستان عملکرد مثبت این اقدامات را در کاهش دبی پیک، حجم سیلاب و مواد محموله آن و در نهایت کاهش خسارات سیل را نشان می‌دهد. در مناطق بالادست و کوهستانی و جنگلی و سرشاخه‌های استان گلستان از جمله حوزه آبخیز غازمحلله کردکوی و حوزه آبخیز نوکنده شهرستان بندرگز که با اجرای اقدامات آبخیزداری چون سازه سنگی ملاتی، سرشاخه‌گیر و ... سیلاب اخیر گلستان نه تنها منجر به خسارات نگردید بلکه سبب ایجاد رژیم پایدار رودخانه و نیز با تله‌اندازی شدن سرشاخه‌های درختان و فیلتر کردن رسوبات باعث کاهش سرعت سیلاب و کاهش دبی اوج سیل و ایجاد فرصت نفوذ رواناب به سفره‌های آب زیرزمینی و نیز ایمن شدن مناطق پایین دست گردید.

۳-۲- اجرای بندهای خاکی

با توجه به شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، اجرای بندهای خاکی در شرق استان ضمن سازگاری با طبیعت مدیریت جریان سیلاب و جلوگیری از هدر رفت آب، استفاده روستاییان و عشایر از آب جمع آوری شده در مخزن برای شرب دام، تله‌اندازی رسوبات بالادست حوزه‌های آبخیز و در نتیجه کاهش حجم مرده سدهای بزرگ تامین آب را برعهده دارند.

۳-۳- اجرای طرح پخش سیلاب

در بعضی از حوضه های آبخیز، آبراهه ها پس از طی یک مسیر نسبتاً پرشیب وارد مناطق کم شیب تر پایین دست می گردند حال اگر این مناطق کم شیب دارای عرض مناسبی برای پخش سیلاب باشند می توان با روش هایی مانند ایجاد مخازن متوالی یا گردشی کردن رودخانه روی یک تراز و طولانی کردن مسیر آن و یا روش های دیگری می توان سیلاب را در این منطقه دشتی پخش نمود و ضمن کاهش پیک سیلاب باعث نفوذ آب سیلاب به لایه های زیرزمینی و احیاء منابع آبی زیرزمینی شد. نمونه ای از این طرح در منطقه تیل آباد شهرستان آزادشهر انجام شده است (۳).

۳-۴- اجرای گوره (سیل بند یا دایک)

بند خاکی کوتاهی می باشد که در فواصل مختلف از کناره دو طرف رودخانه و در امتداد آن ساخته می شود که موجب کاهش عرض رودخانه و در نتیجه باعث هدایت جریان و افزایش آبگذری می شود. اغلب هزینه این روش نسبت به سایر روش ها کمتر است. این طرح در روستای قرنجیک به طول ۲۵۰۰ متر در روز ۹ فروردین و نیز در روستاهای یلمه خندان، بصیرآباد و آق قبر در زمان وقوع سیل اجرا شده است.

۳-۵- اجرای پروژه های بیولوژیکی

علاوه بر اقدامات مکانیکی، توسعه پوشش گیاهی مخصوصاً در اراضی شیب دار با مشارکت مردم، نقش کلیدی را در تقلیل تبدیل بارش به سیلاب ایفا می کنند که در این راستا در بخش آبخیزداری برای رسیدن به این هدف اقداماتی از توسعه نهال کاری مثمرة در اراضی شیب دار و توزیع بذر رایگان یونجه با هدف ترویج و توسعه کشت علوفه در اراضی زراعی کم بازده و شیب دار با هدف کنترل هرزآب و فرسایش و تولید علوفه دامداران حاشیه جنگل انجام و در دستور کار دارد. نهال کاری مثمرة در اراضی شیب دار در سطح ۱۶۰۰۰ هکتار تاکنون اجرا شده است. لازم به ذکر است براساس مطالعات انجام شده به طور میانگین با توجه به شرایط خاکشناسی و اقلیمی و در نظر داشتن اراضی زراعی شیب دار در مقایسه با تبدیل این اراضی به باغات، مقدار رواناب به میزان ۳۷ درصد کاهش می یابد. به عبارتی دیگر با لحاظ بارش ۲۴ ساعته حداکثر به میزان ۱۵۰ میلی متر (ایستگاه دشت سال ۱۳۸۰)، مقدار رواناب از میزان ۹۶/۵ میلی متر در حالت اراضی شیب دار تحت کشت به میزان ۶۰/۲ میلی متر در حالت باغ کاهش می یابد. به عبارتی حدود ۳۶ میلی متر از ارتفاع رواناب صرف نفوذ و گیرش گیاهی می شود. با در نظر گرفتن ۱۱۰۰۰۰ هکتار مساحت حدود ۴۰ میلیون مترمکعب آب در طی یک روز در بارش ۱۵۰ میلی متری در صورت تبدیل اراضی کشاورزی به باغات در خاک نفوذ یا بخش اندکی تبخیر می گردد (۳).

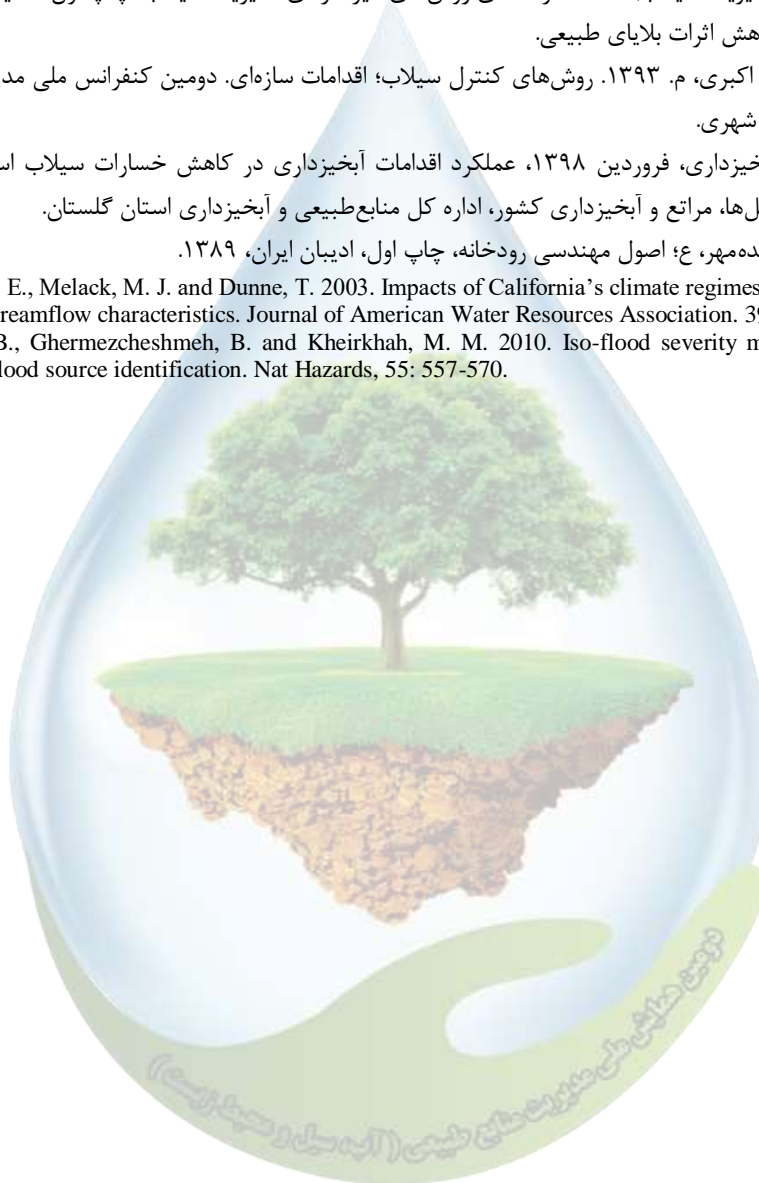
نتیجه گیری کلی

- ✓ ضرورت توجه به مهندسی رودخانه (لایروبی، انحراف سیل، مخازن تأخیری و ...) به منظور مدیریت سیل باید قبل از وقوع سیل صورت گیرد.
- ✓ صرف هزینه برای کنترل و مدیریت سیل به عنوان هزینه تلقی نشود بلکه به عنوان سرمایه گذاری جهت استفاده از سیل به عنوان یک منبع آب دیده شود.
- ✓ با مدیریت سیل هم خسارات کاهش پیدا می کند و هم می توان به بهترین نحو از سیل به عنوان منبع آب استفاده کرد.
- ✓ ضرورت توجه به تخلیه کننده های سدها و بازنگری در منحنی فرمان سدها.
- ✓ توجه به مدیریت رسوبگذاری در مخازن و همچنین بررسی افزایش حجم مخازن.
- ✓ ارتقاء سیستم هشدار سیل و آگاهی و آموزش مردم محلی به منظور کاهش خسارات جانی و مالی سیل.

- ✓ بازنگری در طراحی و ساخت سازه‌های تقاطعی و پل‌ها به ویژه در مناطق سیل‌خیز.
- ✓ لزوم بازدید و تعمیر سیل‌بندها به صورت سالانه جهت جلوگیری از تشدید خسارات.

۴- منابع و مراجع

- ۱- امامی، ک؛ چاووشیان، س. ع.، برخوردار، م.، حیدری، ع.ال.، بهنیا، ع.، منتظرکلاته، ع.ا.، و سادات میرئی، م.ح. (گروه کار رهیافت‌های فراگیر مدیریت سیلاب). ۱۳۷۹. راهنمای روش‌های غیرسازه‌ای مدیریت سیلاب، چاپ اول، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و کمیته ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی.
- ۲- خادمی، ف. ال. و اکبری، م. ۱۳۹۳. روش‌های کنترل سیلاب؛ اقدامات سازه‌ای. دومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب با رویکرد سیلاب‌های شهری.
- ۳- معاونت فنی و آبخیزداری، فروردین ۱۳۹۸، عملکرد اقدامات آبخیزداری در کاهش خسارات سیلاب اسفند ۹۷ و فروردین ۹۸ گلستان، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان.
- ۴- نیک‌صفت، غ؛ داندنمه‌هر، ع؛ اصول مهندسی رودخانه، چاپ اول، ادیبان ایران، ۱۳۸۹.
- 5- Beighley, R. E., Melack, M. J. and Dunne, T. 2003. Impacts of California's climate regimes and coastal land use change on streamflow characteristics. Journal of American Water Resources Association. 39: 1419-1433.
- 6- Saghafian, B., Ghermezcheshmeh, B. and Kheirkhah, M. M. 2010. Iso-flood severity mapping: a new tool for distributed flood source identification. Nat Hazards, 55: 557-570.



تولید پروتئازهای قلیایی توسط سویه‌های آلکالوفیل تثبیت‌شده باسیلوس پ سودوفیرموس MSB4 و MSB22 با هدف زیست پالائی ضایعات پروتئینی

ماتیا سادات برهانی^{۱*}، زهرا اعتمادی‌فر

^{۱*} استادیار میکروبیولوژی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گنبد کاووس، گلستان، ایران، ^۲ دانشیار میکروبیولوژی، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*^۱ msadat.borhani7@gmail.com

چکیده

پروتئازها می‌توانند ضایعات پروتئینی را به حالت محلول در آورند و در نتیجه به کاهش آلودگی‌های محیطی کمک کنند. از آن جایی که در صنعت، سیستم‌های کشت مداوم نسبت به سیستم‌های کشت بسته، در رشد ثابت میکروبی بسیار کارآمدتر هستند و در این سیستم‌ها نیاز است سلول‌های میکروبی در راکتور باقی مانده و شسته نشوند، تثبیت سویه میکروبی بسیار سودمند خواهد بود. به علاوه، از دیگر مزایای سویه‌های تثبیت‌شده نسبت به سلول‌های آزاد، می‌توان به مواردی چون افزایش قابلیت تکرار فرایند تخمیر، پایداری بیشتر سلول تثبیت‌شده، هزینه کمتر بازیافت سویه و فرایندهای متعاقب آن، حفاظت سویه در برابر صدمات مکانیکی اشاره داشت. به همین خاطر در این مطالعه اثر روش‌های مختلف تثبیت مانند پلیمرهای کربوکسی متیل سلولز، و همچنین آلزینات سدیم به تنهایی و یا همراه با پلی وینیل الکل، پلی وینیل الکل-کربنات کلسیم، و نانوذره گاما آلومینیوم، بر تولید آنزیم پروتئاز قلیایی دو سویه آلکالوفیل باسیلوس پ سودوفیرموس MSB4 و MSB22 مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد که بهترین روش تثبیت در مورد سویه‌های مورد بررسی، روش آلزینات-پلی وینیل الکل-کربنات کلسیم بوده است. علت این امر را می‌توان به انتقال سوپسترا و مواد غذایی به سلول‌های تثبیت‌شده در این نوع بیدها به دلیل شکل فضایی این نوع بیدها نسبت داد.

واژگان کلیدی: تثبیت سویه، کربوکسی متیل سلولز، آلزینات سدیم، پلی وینیل الکل، باسیلوس پ سودوفیرموس

۱- مقدمه

پروتئازهای قلیایی یکی از مهم‌ترین گروه آنزیم‌های صنعتی بوده و دارای کاربردهای فراوان در صنایع شوینده، مواد پروتئینی، چرم، نساجی، صنایع غذایی و داروئی می‌باشند. همچنین پروتئازهای قلیایی می‌توانند در تیمار پساب‌ها، تبدیل ضایعات پروتئینی به مواد ارزشمندی چون اسیدهای آمینه و در سنتز مواد آلی به کار گرفته شوند (۱). تکنولوژی تثبیت، می‌تواند برای سلول‌های میکروبی و یا برای آنزیم‌های تولیدی توسط آنها، به کار گرفته شود. هدف از تثبیت سلول، اجتناب از مراحل بعدی جداسازی و خالص سازی محصول میکروبی است که به نوبه خود بر فعالیت، پایداری و هزینه تولید محصول

اثرگذار می‌باشد. به علاوه تثبیت سلول، منجر به استفاده مکرر سلول‌ها، پایداری طولانی مدت آنها، کنترل راحت‌تر فرآیند تخمیر، افزایش نرخ واکنش به دلیل افزایش تراکم سلول، پایداری بیشتر سلول تثبیت‌شده، حفاظت سویه در برابر صدمات مکانیکی، کاهش شستشوی سلول‌ها از راکتور، هزینه کمتر بازیافت سویه و فرایندهای متعاقب آن می‌شود (۲).

شایان ذکر است که تثبیت سلول می‌تواند بر رشد سلول، فیزیولوژی و فعالیت متابولیسی سلول اثرگذار باشد. معمولاً تعیین علت تغییرات متابولیسی دشوار است اما می‌تواند به دلایلی چون محدود شدن انتقال مواد، اختلال در الگوی رشد، اثرات کشش سطحی و فشار اسمزی، کاهش در دسترس بودن آب، تغییرات در مورفولوژی سلول، تغییرات در نفوذپذیری غشای سلولی و در دسترس بودن اجزای محیط کشت مرتبط باشد (۳).

به منظور تثبیت سلول‌ها روش‌های متنوعی موجود است که به‌طور کلی می‌توان آنها را به چهار دسته تقسیم کرد که عبارتند از: اتصال یا جذب به حامل جامد، گیر افتادن درون یک ماتریکس منفذدار، اتصال خود به خودی سلول‌ها یا با استفاده از عوامل متصل‌کننده، محدود کردن سلول‌ها بین حامل‌های مختلف (۴).

هدف از این مطالعه اثر ۵ روش تثبیت مختلف، یعنی سدیم آلژینات (Alg)، سدیم آلژینات-پلی وینیل الکل (Alg/PVA)، سدیم آلژینات-پلی وینیل الکل-کربنات کلسیم (Alg/PVA/Ca)، سدیم آلژینات-نانوذره آلومینیوم (Alg-Al) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) بر تولید آنزیم پروتئاز قلیایی دو سویه آلکالوفیل باسیلوس پسودوفیرموس MSB4 و MSB22 بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱. سویه‌های میکروبی و روش کشت:

سویه‌های باسیلوس پسودوفیرموس MSB4 و MSB22 در مطالعات قبلی از پساب کارخانجات سوسیس جداسازی شده بودند. شماره دستیابی این سویه‌ها در پایگاه داده‌ای GeneBank به ترتیب برابر با KT006758 و KT006759 می‌باشد. به منظور کشت سویه‌ها از محیط هوریکوشی برات حاوی (g/L): گلوکز (۱۰)، پپتون (۵)، عصاره مخمر (۵)، دی پتاسیم فسفات (۱)، سولفات منیزیم (۰٫۲) و کربنات سدیم (۱۰) استفاده شد. بعد از تثبیت سویه‌ها، به منظور بررسی اثر آن بر تولید پروتئاز قلیایی، از محیط کشت مایع تولید پروتئاز حاوی ۲٪ پودر شیر بدون چربی در آب مقطر استفاده شد. pH محیط کشت بعد از اتوکلاو بر روی ۱۰ تنظیم گردید. سویه‌ها در دمای ۳۷°C به مدت ۴۸ ساعت با سرعت هم‌زنی ۱۸۰ دور بر دقیقه گرمخانه گذاری شدند.

۲-۲. روش‌های تثبیت سویه:

بدین منظور، ابتدا استوک‌های آلژینات ۵٪، استوک آلژینات ۵٪ و پلی وینیل الکل ۳٪، استوک کربوکسی متیل سلولز ۲٪، محلول کلرید کلسیم ۰٫۲ M، محلول کربنات کلسیم ۳٪، محلول کلرید فریک ۰٫۰۵M و محلول نانوذره گاما آلومینیوم ۰٫۱ تهیه شدند. به منظور تثبیت سویه‌ها با استفاده از آلژینات سدیم به تنهایی، ۵ mL از سوسپانسیون باکتری در ۵mL آلژینات سدیم ۵٪ حل شد. برای تثبیت سویه با استفاده از آلژینات سدیم و پلی وینیل الکل مطابق روش قبلی تنها از استوک آلژینات ۵٪ و پلی وینیل الکل ۳٪ استفاده شد. برای تثبیت سویه با استفاده از آلژینات سدیم، پلی وینیل الکل و کربنات کلسیم، ابتدا ۵mL از سوسپانسیون باکتری در ۵mL استوک آلژینات ۵٪ و پلی وینیل الکل ۳٪ حل و سپس به مخلوط حاصل ۱mL کربنات کلسیم ۳٪ اضافه گردید. همچنین برای تثبیت سویه با استفاده از آلژینات سدیم و نانوذره گاما آلومینیوم، ابتدا به رسوب باکتری ۵mL محلول نانوذره گاما آلومینیوم اضافه و سپس مخلوط حاصل بر روی شیکر به مدت یک شب قرار داده شد. سپس سوسپانسیون سلولی در ۵mL آلژینات سدیم ۵٪ حل گردید. به منظور تثبیت سویه با استفاده از کربوکسی متیل سلولز، ۵mL از سوسپانسیون باکتری در ۵mL کربوکسی متیل سلولز ۲٪ حل گردید. در تمامی روش‌های تثبیت حاوی آلژینات، مخلوط پلیمر و باکتری با استفاده از سرنگ انسولین استریل به‌صورت قطره قطره به ۴۵ mL کلرید کلسیم ۰٫۲ M

اضافه گردید. در حالی که در مورد تثبیت سویه‌ها در کربوکسی متیل سلولز، مخلوط پلیمر و باکتری در نهایت به صورت قطره قطره به ۴۵ mL محلول کلرید فریک ۰/۰۵ M اضافه شد (۵).

۲-۳. سنجش فعالیت آنزیمی:

برای اندازه گیری فعالیت آنزیم پروتئاز از روش معرف فولین سیو کالتو و با کمی اصلاحات از پروتکل ذکر شده استفاده شد. در این روش، ۰/۵ ml عصاره آنزیم به ۲/۵ ml محلول سوبسترا شامل کازئین (۰/۶۵٪) و بافر کربنات- بی کربنات ۲۰ mM (pH ۱۰) اضافه گردید. واکنش آنزیمی در دمای ۳۷ °C به مدت ۱۰ دقیقه صورت گرفت. سپس با افزودن ۲/۵ ml تری کلرواستیک اسید ۱۰٪ (به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ °C) واکنش آنزیمی متوقف شد. پروتئین هضم نشده، با سانتریفیوژ در دور ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه رسوب داده شد. سپس ۲/۵ ml کربنات سدیم ۰/۵ M و ۰/۵ ml معرف فولین- سیوکالتو ۱۰٪ به ۱ ml سوپرناتانت حاصله اضافه و مخلوط حاصله به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۳۷ °C قرار گرفت. میزان تیروزین آزاد شده ناشی از هضم آنزیمی کازئین، با خواندن جذب نوری در طول موج ۶۶۰ nm مورد ارزیابی قرار گرفت. یک واحد فعالیت آنزیمی (U/ml) به مقداری از آنزیم که باعث آزادسازی ۱ μg تیروزین در دقیقه تحت شرایط واکنش می‌گردد، اطلاق می‌شود. تمامی آزمایشات به صورت ۳ تکرار انجام شدند (۶).

۳- نتایج و بحث

در این مطالعه اثر ۵ روش تثبیت مختلف، یعنی سدیم آلژینات (Alg)، سدیم آلژینات- پلی وینیل الکل (Alg/PVA)، سدیم آلژینات- پلی وینیل الکل- کربنات کلسیم (Alg/PVA/Ca)، سدیم آلژینات- نانوذره آلومینیوم (Alg-Al) و کربوکسی متیل سلولز (CMC) بر تولید آنزیم پروتئاز قلیایی، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تولید پروتئاز توسط سویه‌های تثبیت شده در برابر سویه‌های تثبیت نشده و آزاد نشان داد که تولید آنزیم به خوبی با سلول‌های تثبیت شده نیز صورت می‌گیرد. در مورد سویه MSB4 بهترین روش تثبیت به ترتیب برابر با $Alg/PVA/Ca < Alg < Alg/PVA < Alg-Al < CMC$ می‌باشد. بهترین روش تثبیت در مورد سویه MSB22 به صورت $Alg/PVA/Ca < Alg < Alg/PVA < CMC < Alg-Al$ می‌باشد. بنابراین در مجموع می‌توان گفت بهترین روش تثبیت در مورد سویه‌های مورد بررسی روش Alg/PVA/Ca بوده است.

جدول ۱: نتایج اثر تثبیت سویه بر تولید آنزیم. اعداد نشان‌دهنده درصد نسبی افزایش تولید آنزیم نسبت به سلول آزاد می‌باشد.

روش تثبیت	سویه MSB4	سویه MSB22
آلژینات (Alg)	۸۹٪	۸۳٪
آلژینات- پلی وینیل الکل (Alg/PVA)	۸۴٪	۷۶٪
آلژینات- پلی وینیل الکل- کربنات کلسیم (Alg/PVA/Ca)	۹۴٪	۹۱٪
آلژینات- نانوذره آلومینیوم (Alg-Al)	۷۲٪	۶۱٪
کربوکسی متیل سلولز (CMC)	۶۳٪	۶۷٪

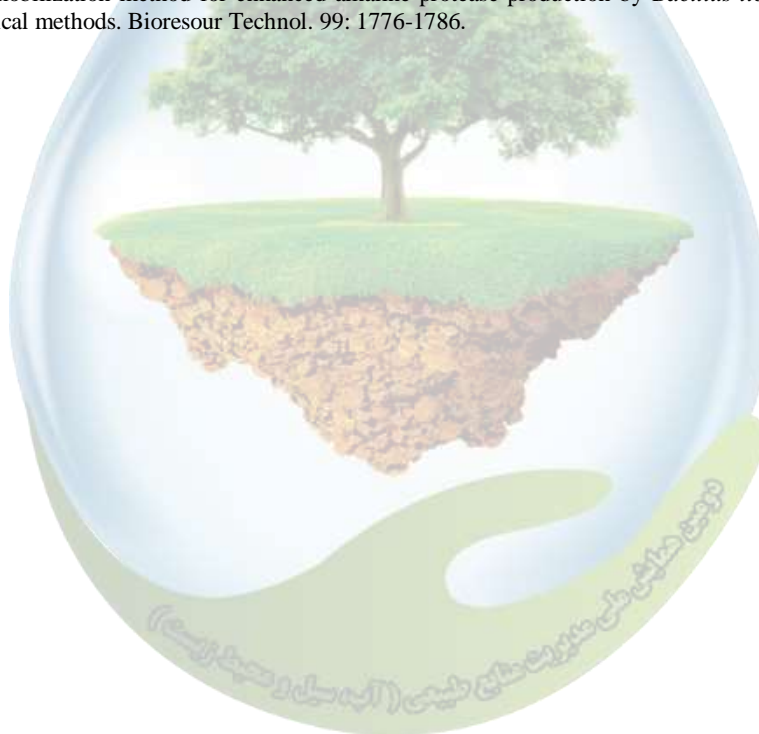
در مطالعه Wang و همکاران در سال ۲۰۱۴ گزارش شده است که بیدهای آلژینات حاوی کربنات کلسیم، دارای شکلی مشابه منافذ کندوی عسل می‌باشند. بنابراین انتقال سوبسترا و مواد غذایی به سلول‌های تثبیت شده در بید، بیش از حالتی است که کربنات کلسیم در آن استفاده نشده است. این موضوع احتمالاً علت بالاتر بودن نرخ تولید آنزیم توسط تمامی سویه‌های مورد مطالعه را در این روش توضیح خواهد داد (۷). به‌طور مشابه، می‌توان علت تولید کمتر آنزیم، در بیدهای حاوی آلژینات- پلی وینیل الکل در مقایسه با بیدهای آلژینات را به استحکام بیشتر این بیدها نسبت داد (۸، ۹).

۴- نتیجه گیری:

تثبیت سویه های میکروبی در بیدهای حاوی آلژینات، پلی وینیل الکل و کرینات کلسیم به دلیل شکل فضایی خاص این بیدها و تسهیل نقل و انتقال بهتر مواد غذایی و مواد زاید از سلول های میکروبی می تواند در افزایش تولید پروتئاز قلیایی نقش داشته باشد.

۵- منابع و مراجع:

1. Velloorvalappil N.J., Robinson B.S., Selvanesan P., et al. (2013) Versatility of microbial proteases. *Advances in Enzyme Research*, 1(03):39.
2. Junter, G.-A., and Jouenne, T. (2004). Immobilized viable microbial cells: from the process to the proteome or the cart before the horse. *Biotechnol Adv.* 22: 633-658.
3. Kourkoutas, Y., Bekatorou, A., Banat, I.M., Marchant, R., and Koutinas, A. (2004). Immobilization technologies and support materials suitable in alcohol beverages production: a review. *Food Microbiol.* 21: 377-397.
4. Martins, S.C.S., Martins, C.M., Fiúza, L.M.C.G., and Santaella, S.T. (2013). Immobilization of microbial cells: A promising tool for treatment of toxic pollutants in industrial wastewater. *Afr J Biotechnol.* 12: 4412-4418.
5. Khashei, S., Etemadifar, Z., & Rahmani, H. R. (2018). Immobilization of *Pseudomonas putida* PT in resistant matrices to environmental stresses: a strategy for continuous removal of heavy metals under extreme conditions. *Annals of microbiology*, 68(12): 931-942.
6. Cupp-Enyard C. (2008) Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate. *Journal of visualized experiments*: 899-890.
7. Wang, H.Q., Hua, F., Zhao, Y.C., Li, Y., and Wang, X. (2014). Immobilization of *Pseudomonas* sp. DG17 onto sodium alginate-attapulgit-calcium carbonate. *Biotechnol Biotechnol Equip.* 28: 834-842.
8. Divatar, M., Sandhya, G., Ahemad, S., and Lingappa, K. (2015). Immobilization of *pseudomonas* sp. KLM9 in sodium slginate: a promising technique for L-glutaminase production. *Int lett nat sci.* 4: 27-35.
9. Potumarthi, R., Subhakar, C., Pavani, A., and Jetty, A. (2008). Evaluation of various parameters of calcium-alginate immobilization method for enhanced alkaline protease production by *Bacillus licheniformis* NCIM-2042 using statistical methods. *Bioresour Technol.* 99: 1776-1786.



اثر جریان سد بر آلودگی فلزات سنگین در حواشی سد زاینده رود

غلامرضا شمس^{۱*}، احسان زهتابچی^۲

^{۱*} استادیار دانشگاه شهرکرد، چهار محال و بختیاری، ایران، ^۲ دانشجوی

کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد، چهار محال و بختیاری، ایران

^{۱*} g.shams@eng.sku.ac.ir

چکیده:

از قرن گذشته تا به امروز فعالیت‌های انسانی مثل ساخت سدها، اثرات جدی مثل تغییر کانال و ریزش کیفیت آب و تخریب اکوسیستم را به دنبال داشته است. فلزات سنگین اجزای طبیعی تشکیل دهنده پوسته زمین هستند ولی فعالیت‌های انسانی، چرخه‌ی زمین‌شیمی و بیوشیمیایی تعادل این فلزات را برهم زده و باعث انتشار آن‌ها در محیط زیست می‌شود.

مواد و روش: نمونه‌برداری‌های انجام شده از رسوبات سد زاینده‌رود، در ۱۱۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان بین طول جغرافیایی "۱۸ ۴۴' ۵۰° و ۳۶' ۴۰" شرقی و عرض جغرافیایی "۳۴ ۴۳' ۳۲° و ۴۳' ۵" شمالی به صورت دو ایستگاه به فاصله ۵۰ متر و در اعماق ۵، ۱۰، ۳۰ سانتی‌متر انجام شده است. مقادیر pH و EC نمونه‌های آب و رسوب اندازه‌گیری شده و میانگین سرب و کادمیوم آن‌ها محاسبه شد. دبی آب نیز در محل نمونه‌برداری مورد محاسبه قرار گرفت. بافت خاک نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. کلیه‌ی تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهد که در ایستگاه اول، عمق ۵ سانتی‌متر با عدد ۳۰/۲۵ دارای بیشترین مقدار سرب بوده که اختلاف معناداری بین اعماق وجود دارد ولی در ایستگاه دوم عمق ۱۰ سانتی‌متر با مقدار ۲۷/۵۷ ضمن داشتن اختلاف معنادار، سرب بیشتری را دارد. میزان کادمیوم تمامی اعماق، در ایستگاه دوم نسبت به ایستگاه اول با اختلاف معناداری بیشتر است. مقدار میانگین سرب و کادمیوم بین اعماق مختلف، در عمق ۵ سانتی‌متر با مقادیر به ترتیب ۲۵/۱۲۵ و ۰/۶۷ بدون اختلاف معنادار، مقدار بیشتری دارد. با مطالعه نتایج می‌توان دریافت که تخلیه مخازن سد در میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات تأثیر مستقیم دارد. با ادامه دار شدن در معرض رسوب قرار گرفتن، رطوبت و افزایش اکسیژن غلظت فلزات سنگین در آب کاهش و در رسوبات افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان با کاهش میزان آب و انحلال فلزات در رسوبات از آلودگی آب‌ها جلوگیری کرد.

کلید واژه‌ها: جریان آب، آلودگی آب، فلزات سنگین، سد

۱- مقدمه:

در گذشته از سدها عمدتاً برای اهداف تامین آب آشامیدنی و آبیاری مزارع کشاورزی استفاده می‌شد، ولی امروزه با پیشرفت تکنولوژی به دلیل نیاز به انرژی برق آبی و اهداف دیگر توسعه و نقش بالای آب در صنعت، سدها نقش بیشتری در

کشورها پیدا کرده و محافظت از آنها بسیار حائز اهمیت است. ساخت و ساز سدها باعث ایجاد تنوع زیستی شده و در نتیجه حفاظت از این تنوع امری مهم است (۱). از قرن گذشته تا به امروز فعالیت‌های انسانی مثل ساخت سدها، اثرات جدی مثل تغییر کانال و ریزش کیفیت آب و تخریب اکوسیستم را به دنبال داشته است (۲). فلزات سنگین اجزای طبیعی تشکیل‌دهنده پوسته‌ی زمین هستند ولی فعالیت‌های انسانی، چرخه‌ی زمین‌شیمی و بیوشیمیایی تعادل این فلزات را برهم زده و باعث انتشار آنها در محیط زیست می‌شود. فلزات سنگین به‌طور رایج فلزاتی هستند که وزن مخصوص آنها بیش از ۵/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است (۳).

براساس فرآیندهای هیدرودینامیکی و شرایط زیست‌محیطی (pH، شوری و دما) رسوبات معدنی به‌عنوان منشأ فلزات سنگین در سامانه‌های آبی شناخته شده که با تغییر در شیمی رسوب، فلزات و آلاینده‌ها می‌توانند باعث ایجاد آلودگی شوند. به همین دلیل تعیین غلظت فلزات سنگین در رسوبات جهت ارزیابی کیفیت محیط زیست امری ضروری است (۴). در کشورهای در حال توسعه، عدم اجرای درست و نظارت صحیح قوانین و رشد نامتمرکز صنعت باعث شده است که منابع آبی به‌ویژه رودخانه‌ها، هر روز آلوده‌تر از گذشته کردند. در میان آلاینده‌های محیط زیست فلزات سنگین بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

در حال حاضر مسئله‌ای که بیش از هر مقوله‌ای افکار بشر را به خود جلب کرده، مسئله آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین است که به دلیل غیر قابل جذب بودن و داشتن انرژی فیزیولوژیکی، در غلظت پایین نیز بر فعالیت و سلامت جانداران تأثیرگذار هستند. ورود فلزات سنگین به محیط زیست به‌ویژه اکوسیستم‌های آبی به دلیل ورود به زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت انسان، یکی از نگرانی‌های جامعه امروزی است. فلزاتی که بیشترین نگرانی درباره آنها وجود دارد شامل سرب، کادمیوم، مس، آهن، منگنیت و جیوه هستند. کادمیوم، سرب و جیوه به‌طور معمول در محیط‌های آبی یافت می‌شوند. زائادات صنعتی، فعالیت‌های زمین‌شیمیایی و معدن کاوی منبع آلودگی فلزات سنگین در محیط آبی هستند. آلودگی فلزی در محیط‌های آبی معمولاً به‌صورت محلول یا معلق بوده و در نهایت ته‌نشین شده و توسط موجودات زنده جذب می‌شوند. فلزات سنگین از طریق آلودگی سنگ‌ها یا آتشفشان‌ها ممکن است وارد محیط شوند. این فلزات از طریق فرسایش خاک آلوده نیز ممکن است وارد هیدروسفر شوند (۵).

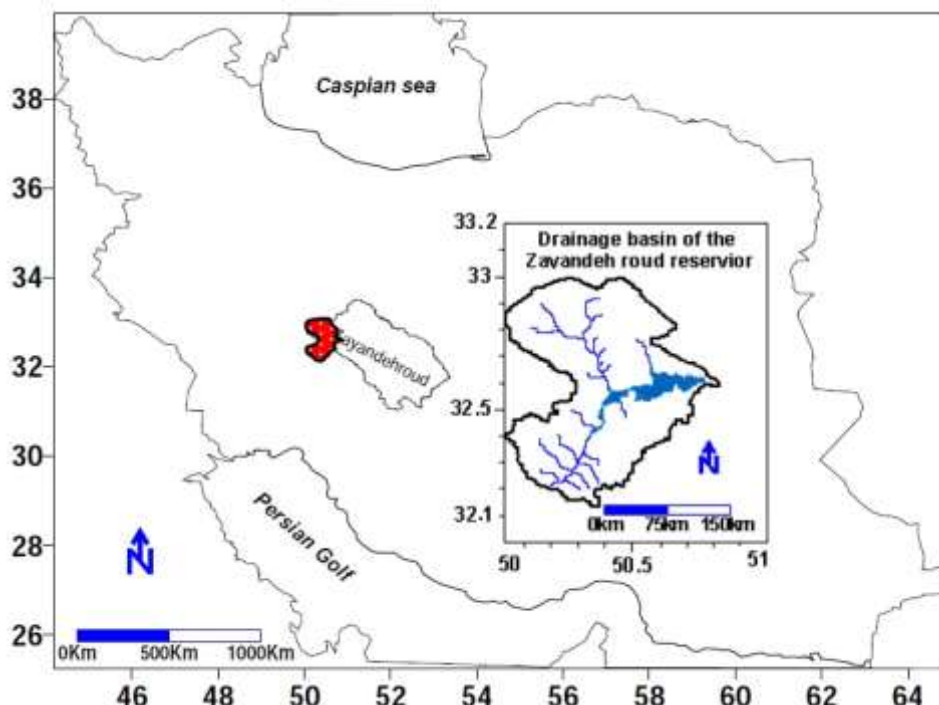
فلزات سنگینی که در آب‌های سطحی باقی می‌مانند ممکن است حل شده و یا به‌صورت رسوبات معلق باقی بمانند (۶). ورود رسوب و سرعت جریان کم، باعث ذخیره بیشتر فلزات سنگین در مخزن سد خواهد شد. تخلیه شدید مخزن سد باعث ورود فلزات سنگین به محیط‌های اطراف شده و سلامت زیست‌محیطی را به خطر می‌اندازد. فلزات سنگین از ۳ راه وارد خاک می‌شوند: ۱- فاضلاب معدن ۲- گاز خروجی از ذوب زباله‌ها ۳- اشباع پسماند سدها در حال حاضر اکثر مطالعات عمدتاً بر روی زمینه‌های معدن کاری و ذوب و فقدان محیط زهکش در اطراف سدها می‌باشد. به علت سمی بودن فلز، پایداری، عدم بی‌هوازی بودن و انباشت زیستی حتی در غلظت کم امری نگران‌کننده است (۷). تغییر رژیم‌های فیزیکی و شیمیایی در محیط رسوبی یک تهدید بالقوه برای کیفیت آب با توجه به انتشار احتمالی فلزات سنگین از رسوبات است. اثرات سیل و فعالیت‌های انسانی مانند غرقاب‌سازی می‌تواند باعث اثرات مضر مختلف روی اکوسیستم‌های آبی شود (۸).

بنابراین درک مستمر آلودگی رسوب‌ها از فلزات سنگین می‌تواند در توسعه فرآیند تصمیم‌گیری برای حفاظت از موجودات آبی، محیط زیست دریایی و بهبود سلامت ساحل‌ها مفید باشد. فلزات سنگین در محیط‌های آبی یا به‌صورت طبیعی از فرسایش و یا به‌صورت فعالیت انسانی مانند زهکش صنعتی، معدن، ساخت و ساز سد، تخلیه فاضلاب و... ایجاد شوند (۹).

۲- مواد و روش:

منطقه مورد مطالعه، سد زاینده‌رود می‌باشد. دریاچه سد زاینده‌رود در ۱۱۰ کیلومتری غرب شهر اصفهان بین طول جغرافیایی $32^{\circ} 44' 18''$ و $50^{\circ} 36' 4''$ شرقی و عرض جغرافیایی $32^{\circ} 43' 34''$ و $32^{\circ} 43' 5''$ شمالی واقع شده است. بیشترین حجم مخزن سد ۱۴۷۰ میلیون متر مکعب و حجم مفید آن ۱۰۹۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. نوع سد بتنی و مساحت دریاچه آن ۵۴ کیلومتر مربع می‌باشد. نمونه‌برداری‌های انجام شده از رسوبات سد زاینده‌رود به‌صورت دو ایستگاه به

فاصله ۵۰ متر و در اعماق ۵، ۱۰، ۳۰ سانتی متر انجام شده است. جهت اطمینان از داده‌های رسوب، دو ایستگاه با فاصله‌ی مشخص انتخاب شده است که در نهایت ۶ نمونه جمع‌آوری شد. پس از نمونه‌برداری، مقادیر pH، EC هر شش نمونه اندازه‌گیری شده و غلظت فلزات سرب و کادمیوم جداگانه مورد بررسی قرار گرفته شده است. دبی آب منطقه مورد مطالعه نیز اندازه‌گیری شده است که مقدار آن ۰/۰۲۱ لیتر بر ثانیه اندازه گرفته شد. نمونه‌های رسوب از صافی‌های ۰/۴۵ میکرون رد شده تا ناخالصی‌های موجود در آن گرفته شود (۱۰). در هر ایستگاه علاوه بر نمونه‌های رسوب در همان اعماق نمونه‌هایی از آب سد نیز گرفته شد. نمونه‌های آب گرفته شده در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد با نسبت ۱۰۰ به ۱ اسیدیته شدند. این عمل جهت پایدار بودن خصوصیات آب انجام می‌شود. اندازه‌گیری بافت رسوبات با روش Zerling انجام شد (۱۱).



شکل (۱) - موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز دریاچه سد زاینده رود

۲-۱- تجزیه و تحلیل آماری:

پژوهش انجام شده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی انجام شد. مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف به روش دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. نرمال‌سازی داده‌ها به روش کلموگروف اسمیرینوف و شاپیرو وینک انجام گرفت. تمامی تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS^۱ مدل 9.4 انجام شد. محتوای مواد آلی در نمونه‌های رسوب نیز محاسبه شد، نمونه‌های رسوب در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده و به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شوند (۱۲). پس از آن که احتراق نمونه‌ها از دست رفت، بر اساس تفاوت‌های وزن، هدایت الکتریکی رسوب‌ها (EC) با استفاده از الکتروود مناسب تعیین شد. پس از تکان دادن نمونه‌ها در آب مقطر با نسبت ۱ به ۵ (۱۲) به منظور اندازه‌گیری PH مقادیر رسوب، KCL به محلول‌ها اضافه شده و pH هر نمونه محاسبه شد. جهت تجزیه و تحلیل محتویات فلزات سنگین (سرب و کادمیوم)، رسوبات به مدت یک ساعت گرم شدند (۱۳).

کلیه عناصر پلاستیکی مورد استفاده در آزمایش، به وسیله هیدروکلریک (HCL)، (به مقدار ۱۰ درصد) تمیز می‌شوند. جهت تجزیه و تحلیل نمونه‌های آب، آب مقطر با میزان ۱٪ و اسید نیتریک (HNO₃) به میزان ۶۵ درصد به آن اضافه شد. نمونه‌ها با

2- Statistical Analyse System

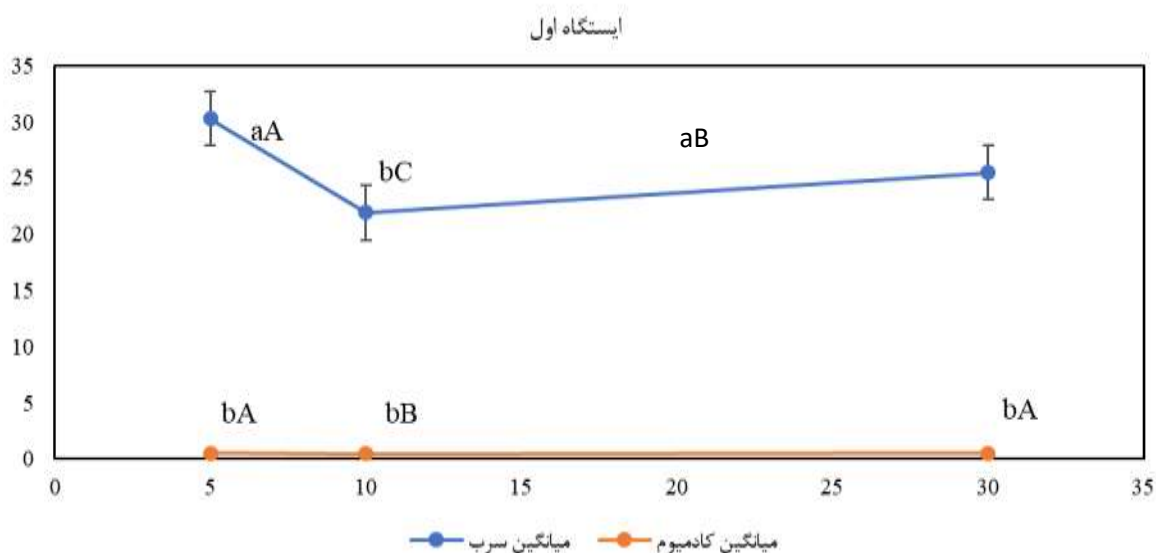
غلظت عناصر بالا (از جمله عصاره رسوب) به منظور محدود کردن حداکثر حد تشخیص رقیق شدند. ضریب کالبراسیون (R) نمونه‌ها در اتمام اندازه‌گیری‌ها N0/99 اندازه‌گیری شد. غلظت عناصر به‌عنوان میانگین با سه تکرار در هر نمونه محاسبه شد و ضریب انحراف معیار هر عنصر با ۶ تکرار محاسبه شد (۱۴).

۳- نتایج:

نتایج نمونه‌برداری‌ها در جدول‌های زیر آورده شده است:

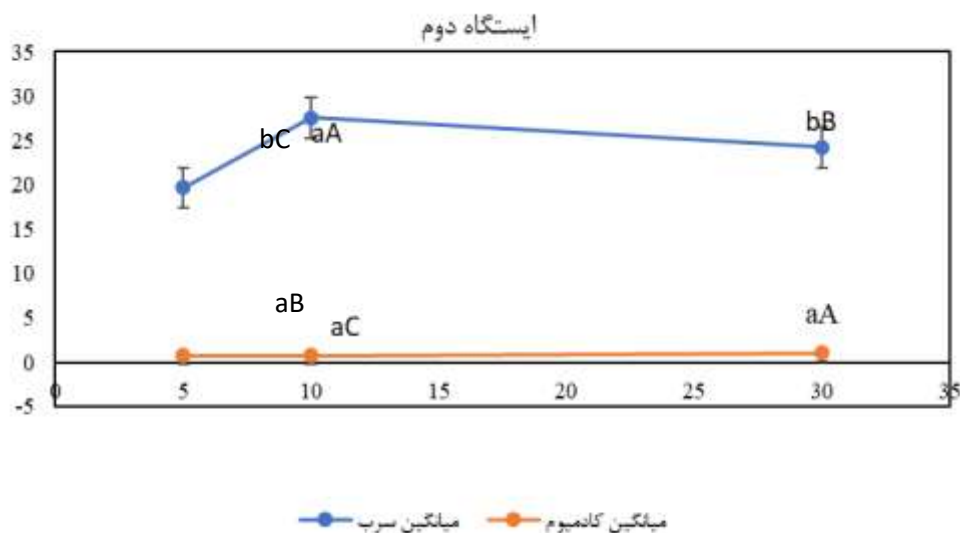
جدول (۱) - مقادیر pH و EC برای نمونه‌های مختلف

نمونه	PH	EC (میکروزیمنس بر سانتیمتر)
ایستگاه ۱ عمق ۵ سانتی متر	۷/۸۶	۵۳۳
ایستگاه ۱ عمق ۱۰ سانتی متر	۸/۲۴	۲۵۴
ایستگاه ۱ عمق ۳۰ سانتی متر	۸/۱۱	۳۱۹
ایستگاه ۲ عمق ۵ سانتی متر	۷/۸۷	۳۴۳
ایستگاه ۲ عمق ۱۰ سانتی متر	۷/۹۰	۳۴۸
ایستگاه ۲ عمق ۳۰ سانتی متر	۷/۹۵	۴۴۰



نمودار (۱) - مقایسه میانگین بین سرب و کادمیوم در ایستگاه اول

حروف انگلیسی مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنادار می‌باشد. حروف کوچک نشان‌دهنده اختلاف میانگین بین ایستگاه‌ها و حروف بزرگ نشان‌دهنده اختلاف میانگین بین اعماق مختلف می‌باشد.



نمودار (۲) - مقایسه میانگین بین سرب و کادمیوم در ایستگاه دوم

جدول (۲) - تجزیه و تحلیل واریانس بین ایستگاه ۱-۲

	ایستگاه ۱		ایستگاه ۲	
	F	DF	F	DF
Pb	۱۰۸۲/۳۱**	۳	۱۷۹۸/۳۰**	۳
Cd	.**	۳	۷۳۸/۵۶**	۳

جدول (۳) - مقایسه میانگین بین اعماق مختلف

	Pb	Cd
۵	۲۵/۱۲۵ ± ۷/۶ ^A	۰/۶۷ ± ۰/۱۷ ^A
۱۰	۲۴/۸۷۵ ± ۴ ^A	۰/۶۲ ± ۰/۱۷ ^A
۳۰	۲۴/۸۷۵ ± ۰/۸۸ ^A	۰/۸ ± ۰/۳۵ ^A

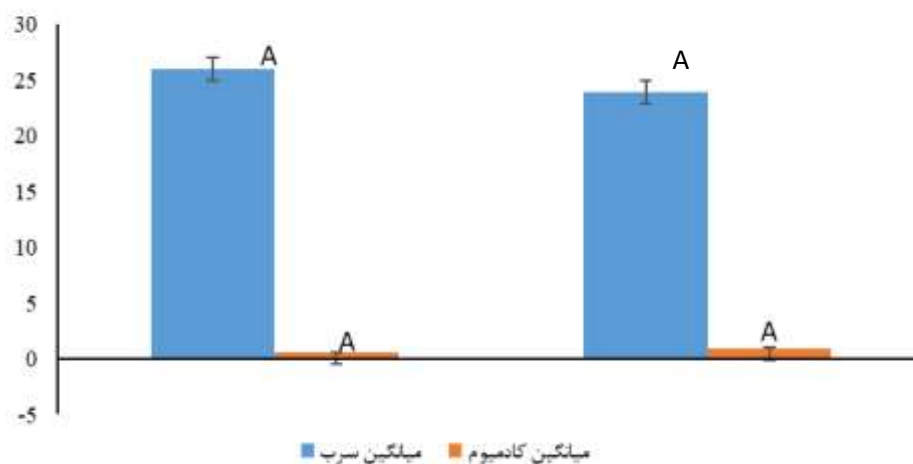
جدول (۴) - تجزیه و تحلیل واریانس بین اعماق مختلف

	F	DF
Cd	۶/۳۷ ^{N.S}	۳
Pb	۰/۰۶ ^{N.S}	۳

جدول (۵) - تجزیه و تحلیل واریانس بین ایستگاه‌ها

	F	DF
Cd	۰/۰۶ ^{N.S}	۰/۰۶ ^{N.S}
Pb	۶/۳۷ ^{N.S}	۶/۳۷ ^{N.S}

مقایسه میانگین در ایستگاه های مختلف



نمودار (۳) - مقایسه میانگین فلزات سرب و کادمیوم بین ایستگاه های مختلف

نمودارهای ۱ و ۲ نشان می دهند که در عمق ۵ سانتی متر و ۳۰ سانتی متر، ایستگاه اول دارای سرب بیشتر و با وجود اختلاف معنادار می باشد ولی در عمق ۱۰ سانتی متر ایستگاه دوم با داشتن اختلاف معنادار دارای میزان سرب بیشتری است. طبق نتایج نمودارهای ۱ و ۲ در ایستگاه اول، عمق ۵ سانتی متر دارای بیشترین مقدار سرب بوده که اختلاف معناداری بین اعماق وجود دارد ولی در ایستگاه دوم عمق ۱۰ سانتی متر ضمن داشتن اختلاف معنادار سرب بیشتری را دارد. جدول ۳ نشان می دهد که میزان کادمیوم تمامی اعماق، در ایستگاه دوم نسبت به ایستگاه اول با اختلاف معناداری بیشتر است. در همین جدول می توان دریافت که عمق ۱۰ سانتی متر در ایستگاه اول دارای کمترین مقدار کادمیوم با اختلاف معنادار با اعماق ۵ و ۳۰ سانتی متر می باشد ولی در ایستگاه دوم عمق ۳۰ سانتی متر با وجود اختلاف معنادار با دیگر اعماق، بیشترین مقدار کادمیوم را دارا می باشد. جدول ۳ نشان می دهد که مقدار میانگین سرب بین اعماق مختلف، در عمق ۵ سانتی متر بدون اختلاف معنادار، مقدار بیشتری دارد. مقدار میانگین کادمیوم نیز مانند سرب در همان عمق ۵ سانتی متر بدون وجود اختلاف معنادار، مقدار بیشتری نسبت به دو عمق دیگری دارد.

نمودار ۳ نشان می دهد که مقدار میانگین سرب بین دو ایستگاه اول و دوم، در ایستگاه اول دارای مقدار بیشتر بدون اختلاف معنادار می باشد ولی میانگین کادمیومها در ایستگاه دوم بدون داشتن اختلاف معنادار، دارای مقدار بیشتری نسبت به ایستگاه اول می باشد.

۴- بحث:

وجود مقادیر بالایی از فلزات سنگین در نمونه های رسوب مخزن سد، احتمالاً به دلیل وجود جنگل ها و مزارع کشاورزی اطراف سد می باشد. امواج گردابی و گل آلوده شدن مخزن سد نیز می تواند عامل مهمی در وجود فلزات سنگین درون رسوبات مخزن باشد. ناهمسان بودن مقادیر سرب و کادمیوم در نمونه ها می تواند به دلیل تفاوت فاکتورهای زمین شناسی مانند بافت خاک و جنس مصالح و ... باشد. عوامل انسانی نیز به عنوان عاملی مهم در این زمینه تأثیر دارند (۱۵). تفاوت غلظت فلزات بین مخزن سد و رسوبات درون آب جلوی سد، می تواند به دلیل عوامل زمین شناسی و یا تفاوت اندازه و سن ذرات درون بافت رسوبات باشد. اصولاً شرایط آب و هوایی در محیط های آبی مانع عرضه اکسیژن شده، که این عامل سبب می شود که فلزات سنگین به صورت محلول در آب باقی بمانند و در رسوبات ته نشین نشوند (۱۶). طبق گزارش سازمان هواشناسی، میزان رطوبت شهر چادگان حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد می باشد که باعث افزایش غلظت اکسیژن و خشک شدن رسوبات معلق در آب می شود. هر

چه میزان رطوبت کمتر باشد خشک شدن رسوبات سریع‌تر انجام می‌شود. میزان پتانسیل احیا شده در آب خالص موجود در سد می‌تواند به دلیل تفاوت‌های فصلی باشد (۱۷). اندازه دانه‌ها نیز در اکسید شدن فلزات درون رسوب تأثیر دارد. به‌عنوان مثال اگر دانه‌ها درشت‌تر باشند، اکسیژن بیشتری جذب می‌کنند (۱۸). غلظت بالای سرب و کادمیوم در اعماق اولیه به دلیل قرار گرفتن زمان کمتری در معرض رسوبات می‌باشد. ضمن آن که میزان رطوبت هوا نیز در این عامل تأثیرگذار است. خصوصیات مورفولوژیکی رسوبات درون سد نشان‌دهنده‌ی کاهش میزان اکسیدشدگی است که این عامل می‌تواند به دلیل رطوبت بالای رسوبات باشد (۱۹). با توجه به مطالعات موجود می‌توان دریافت که خشک کردن رسوبات تأثیری در کاهش غلظت فلزات سنگین در آب ندارد ولی تامین اکسیژن کافی به‌صورت مداوم باعث افزایش غلظت فلزات در رسوبات می‌شود (۲۰). دلیل افزایش غلظت فلزات اکسید شدن و ته‌نشین شدن آن‌ها می‌باشد. پس می‌توان با افزایش میزان اکسید فلزات، غلظت آن‌ها را در آب کاهش داد. کمبود میزان آب در سد باعث کاهش غلظت انحلال فلزات سنگین در آب شده و در نتیجه میزان فلزات سنگین در رسوبات افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان با کاهش انحلال در آب غلظت فلزات سنگین را در آب کاهش داده که این عمل با تخلیه سد صورت می‌پذیرد (۱۸). به دلیل گذشت زمان زیادی از تجمع رسوبات در سد، عمل زهکشی تأثیر زیادی در اکسید شدن و احیا شدن فلزات سنگین در رسوب ندارد. هم‌چنین کیفیت آب مخزن سد، عامل اصلی کیفیت آب خروجی می‌باشد و میزان غلظت فلزات سنگین در مخزن سد تأثیری مستقیم در میزان فلزات در آب خروجی از سد دارد (۹).

۵- نتیجه گیری:

تخلیه مخازن سد در میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات تأثیر مستقیم دارد. با ادامه‌دار شدن در معرض رسوب قرار گرفتن، رطوبت و افزایش اکسیژن غلظت فلزات سنگین در آب کاهش و در رسوبات افزایش می‌یابد، که این امر به میزان pH و شرایط بازسازی و غلظت فلزات مختلف در رسوبات بستگی دارد (۲۱). در نتیجه کیفیت آب مخزن قبل از تخلیه بسیار مهم است و افزایش غلظت فلزات سنگین در آب خروجی سد می‌تواند ناشی از وجود رسوبات آلوده در مخزن سد باشد. با افزایش مدت زمان قرارگیری در معرض رسوب، حجم آب معدنی تخلیه شده و در نتیجه غلظت فلزات سنگین در تخلیه آب کاهش می‌یابد (۲۱).

۶- منابع و مراجع:

- 1- Bábek O, Grygar TM, Faměra M, Hron K, Nováková T, Sedláček J. Geochemical background in polluted river sediments: how to separate the effects of sediment provenance and grain size with statistical rigour?. *Catena*. 2015 Dec 1;135:240-53.
- 2- Ciszewski D, Czajka A. Human-induced sedimentation patterns of a channelized lowland river. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2015 May;40(6):783-95.
- 3- Dhivert E, Grosbois C, Coyne A, Lefèvre I, Desmet M. Influences of major flood sediment inputs on sedimentary and geochemical signals archived in a reservoir core (Upper Loire Basin, France). *Catena*. 2015 Mar 1;126:75-85.
- 4- Dhivert E, Grosbois C, Rodrigues S, Desmet M. Influence of fluvial environments on sediment archiving processes and temporal pollutant dynamics (Upper Loire River, France). *Science of the total Environment*. 2015 Feb 1;505:121-36.
- 5- Quinton JN, Catt JA. Enrichment of heavy metals in sediment resulting from soil erosion on agricultural fields. *Environmental science & technology*. 2007 May 15;41(10):3495-500.
- 6- Dawson EJ, Macklin MG. Speciation of heavy metals on suspended sediment under high flow conditions in the River Aire, West Yorkshire, UK. *Hydrological Processes*. 1998 Jul;12(9):1483-94.
- 7- Gałuszka A, Migaszewski ZM, Namieśnik J. Moving your laboratories to the field—Advantages and limitations of the use of field portable instruments in environmental sample analysis. *Environmental research*. 2015 Jul 1;140:593-603.
- 8- Horta A, Malone B, Stockmann U, Minasny B, Bishop TF, McBratney AB, Pallasser R, Pozza L. Potential of integrated field spectroscopy and spatial analysis for enhanced assessment of soil contamination: A prospective review. *Geoderma*. 2015 Mar 1;241:180-209.
- 9- Grygar TM, Elznicova J, Tůmová Š, Faměra M, Balogh M, Kiss T. Floodplain architecture of an actively meandering river (the Ploučnice River, the Czech Republic) as revealed by the distribution of pollution and electrical resistivity tomography. *Geomorphology*. 2016 Feb 1;254:41-56.
- 10- Ji ZG. *Hydrodynamics and water quality: modeling rivers, lakes, and estuaries*. John Wiley & Sons; 2017 Jul 5.
- 11- Zerling L, Müller A, Jendryschik K, Hanisch C, Arnold A. *Der Bitterfelder Muldestausee als Schadstoffsenke*. Verlag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. 2001.

- 12- DIN (Deutsches Institut für Normung), 2001.
- 13- DIN (Deutsches Institut für Normung), 1997.
- 14- Grygar TM, Elznicová J, Kiss T, Smith HG. Using sedimentary archives to reconstruct pollution history and sediment provenance: The Ohře River, Czech Republic. *Catena*. 2016 Sep 1;144:109-29.
- 15- Du Laing G, De Meyer B, Meers E, Lesage E, Van de Moortel A, Tack FM, Verloo MG. Metal accumulation in intertidal marshes: role of sulphide precipitation. *Wetlands*. 2008 Sep 1;28(3):735-46.
- 16- Hahn J, Opp C, Evgrafova A, Groll M, Zitzer N, Laufenberg G. Impacts of dam draining on the mobility of heavy metals and arsenic in water and basin bottom sediments of three studied dams in Germany. *Science of the Total Environment*. 2018 Nov 1;640:1072-81.
- 17- Atefeh Chamani, Mohammad Hadi Abolhasani, Mahsa Takesh Environmental sciences Department, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran. In press 2017
- 18- Aleksander-Kwaterczak U, Ciszewski D. Groundwater hydrochemistry and soil pollution in a catchment affected by an abandoned lead-zinc mine: functioning of a diffuse pollution source. *Environmental Earth Sciences*. 2012 Feb 1;65(4):1179-89.
- 19- MatysGrygar,T.(2015).Pollutantdispersalandstabilityina severely polluted floodplain: a case study in the Litavka River. Czech Republic, *Journal of Geochemical Exploration*, 156, 131 –144.
- 20- Sedláček J, Bábek O, Kielar O. Sediment accumulation rates and high-resolution stratigraphy of recent fluvial suspension deposits in various fluvial settings, Morava River catchment area, Czech Republic. *Geomorphology*. 2016 Feb 1;254:73-87.
- 21- Wu Z, Jiao L, Wang S, Xu Y. Multi-metals measured at sediment-water interface (SWI) by diffusive gradients in thin films (DGT) technique for geochemical research. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 2016 Feb 1;70(2):429-37.



مقایسه اثر تنش ناگهانی دمای پایین ریشه و قسمت هوایی بر میزان بازیابی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گوجه فرنگی

فهیمة دژآباد^{۱*}

^{۱*} دانشجوی کارشناسی ارشد علوم باغبانی - دانشکده کشاورزی

*fahim.dezhabad1992@yahoo.com

چکیده

به منظور مقایسه اثر تنش ناگهانی دمای پایین ریشه و قسمت هوایی بر میزان بازیابی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گوجه فرنگی پژوهشی در دو آزمایش جداگانه در شرایط محیطی کنترل شده در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. این دو آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۰ تکرار شامل دو تیمار غلظت‌های مختلف عنصر بور (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ بر حسب ppm) و دو سطح دمایی بخش‌های هوایی (۱۰ درجه سانتی‌گراد دمای تنش سرمایی بخش هوایی و ۱۱ دمای تنش ریشه و ۲۲ درجه سانتی‌گراد دمای بهینه و شاهد) انجام شد. نتایج نشان داد پس از دوره بازیابی بیشترین میزان فتوسنتز، میزان وزن خشک ریشه و وزن خشک بخش هوایی از تیمار مصرف ۰/۵ ppm عنصر بور در حین تنش ناگهانی دمای پایین بر روی ریشه بود. همچنین بیشترین میزان پرولین ساقه و نشت الکترولیت نیز از تیمار مصرف ۱/۵ ppm عنصر بور در حین تنش ناگهانی دمای پایین بر قسمت هوایی بدست آمد. به نظر می‌رسد تنش ناگهانی دمای پایین ریشه و قسمت هوایی بر میزان بازیابی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گوجه فرنگی اثر منفی داشت اما زمانی که دمای پایین بر قسمت هوایی تحمیل شد گیاه متحمل خسارات بسیار بیشتری شد که اثرات منفی خود را در دوره بازیابی نشان داد. همچنین مصرف ۰/۵ ppm از عنصر بور در حین تنش سرمایی با ایجاد شرایط بهینه جهت رشد باعث خنثی سازی نسبی اثرات تنش دمای پایین شده و گیاه را در وضعیت مطلوبی نگه داشت به نحوی که پس از دوره بازیابی، گیاه توانست خود را به شرایط قبل از تنش سرمایی نزدیک کند.

کلمات کلیدی: بور، پرولین ساقه، فتوسنتز، نشت الکترولیت، وزن خشک ریشه، وزن خشک ساقه

۱- مقدمه

امروزه کشت و کار سبزیجات در مناطق مختلف دنیا رواج دارد که این گیاهان در مناطقی به جز خاستگاه اصلی آن‌ها کشت و کار شده و لازم شد که به شرایط جدید سازگار شوند. سازگاری به دمای پایین نیازمند سازگاری به شرایط نوری پایین است زیرا معمولا این دو عامل باهم همراه هستند [Deepah et al, 1999]. گیاهان برای رشد بهینه به محدوده دمایی خاصی احتیاج دارند و خارج شدن از این محدوده بعنوان یک تنش محسوب می‌شود (Seppanen, 2000). بیشتر گیاهان مخصوصا آنهایی که بومی مناطق گرم هستند، وقتی در معرض دمای پایین ولی بالای دمای یخ‌زدگی قرار می‌گیرند، علائم آسیب از خود نشان می‌دهند (Hu et al., 2008). آسیب‌های ناشی از تنش سرما، در سطح سلولی و اندام‌ها بروز می‌کند که بازتاب آن در سطح گیاه مشاهده می‌شود (Lyons et al., 1979). تغییر رنگ، کلروز، کاهش عمومی رشد، تخریب بافت‌های سلولی، عدم جذب عناصر غذایی، کاهش فتوسنتز، عدم انتقال مواد فتوسنتزی از آثار اولیه تنش سرما است (Seppanen, 2000). واکنش سلولی در مقابله با سرما، شامل از دست دادن فشار تورژسانس، واکوئولیزه شدن، برهم خوردن تعادل غشای سیتوپلاسمی، و زیکوله شدن، کاهش جریان سیتوپلاسمی و اختلال کلی در اندامک‌ها می‌باشد. حساسیت یا پایداری گیاه در برابر سرما بسته به نوع گیاه،

رقم، مرفولوژی بافت و سایر خصوصیات سلولی و همچنین شرایط وقوع سرما از نظر مدت، زمان، شدت سرما متفاوت است. ضمن اینکه به نظر می‌رسد اندام‌های مختلف گیاه نیز از نظر تحمل به سرما درجه‌های متفاوتی داشته باشند (Lyons et al., 1979). در صورتی که دمای قسمت هوایی مطلوب باشد دمای پایین ناحیه ریشه یکی از عوامل محدود کننده سیستم ریشه ای و رشد و نمو گیاه می‌تواند باشد. عمق نفوذ ریشه‌ها در خاک در اثر دمای پایین نسبت به دماهای بالاتر بیش تر محدود می‌شود و همچنین بیش ترین مقدار وزن تر ریشه در لایه‌های بالای خاک می‌توان مشاهده نمود [Ahn et al, 1999]. ساخت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنولی نیز در اثر تنش‌های دمایی تحریک می‌شود. به عنوان مثال ساخت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر دمای پایین با افزایش فعالیت فنیل آلانین مورد نیاز انجام می‌گیرد [Fox et al,]. ریشه‌ها یکی از مهمترین نقاط مصرف کربوهیدرات‌ها هستند و با فعالیت خود می‌توانند ساخت کربوهیدرات در بخش‌های هوایی را تحت تأثیر قرار دهند [Haghighi et al, 2012]. در بسیاری از گونه‌های دیده شده است که دمای ریشه در میزان رشد شاخساره مؤثر است و البته دمای بهینه برای رشد هر یک از این گونه‌ها با یکدیگر تفاوت دارد [Derry et al, 1981]. دمای ریشه‌ها عمدتاً از دمای بخش‌های هوایی در طول دوره رشد پایین تر بوده و همچنین تغییرات دمای ریشه نسبت به بخش‌های هوایی پایین تر است [Taiz et al, 2002].

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- آماده سازی و نحوه اعمال تیمارها:

این پژوهش در دو آزمایش جداگانه در شرایط محیطی کنترل شده در گلخانه‌ی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان (عرض جغرافیایی ۲۳°۷′۱۸″ شمالی، عرض جغرافیایی ۵۳°۲′۵۱″ شرقی) انجام شد. ابتدا بذره‌های گوجه فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* رقم Infinity در بستر پیت و پرلایت در ظروف کاشت کاشته شد و پس از ۴ هفته به سیستم هیدروپونیک اصلی که حاوی محلول غذایی جاسون با غلظت‌های بور تعریف شده منتقل گردیده و سپس به صورت ۲ آزمایش مجزا اجرا گردید.

این پژوهش به صورت دو آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تکرار شامل دو تیمار غلظت‌های مختلف عنصر بور (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ ppm) و دو سطح دمایی بخش‌های هوایی (۱۰ درجه سانتی‌گراد دمای تنش سرمایی بخش هوایی و ۱۱ دمای تنش ریشه و ۲۲ درجه سانتی‌گراد دمای بهینه و شاهد) انجام شد. ابتدا گیاهچه‌های گوجه فرنگی به مدت ۷ روز در غلظت‌های مختلف بور نگهداری شده سپس جهت تامین دمای پایین قسمت هوایی به انکوباتور و جهت تامین دمای پایین ریشه به درون حمام آب سرد تحت تنش دمای پایین منتقل شدند. پس از اعمال تیمارها به مدت ۴۸ ساعت، گیاهان جهت بازیابی به مدت ۹ روز در شرایط دمای بهینه به گلخانه منتقل شدند و سپس شاخص‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد.

۲-۲- فاکتورهای اندازه‌گیری شده:

شاخص‌های مورد نظر شامل میزان فتوسنتز، تنفس، میزان CO_2 زیر روزه‌ای و هدایت روزه توسط دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (مدل LCA₄ Portable, photosynthesis system ساخت کشور انگلستان) و میزان فلورسنس کلروفیل توسط دستگاه فلورومتر (مدل OS-30 ساخت کشور انگلستان) و شاخص کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل سنج (مدل CL-01 ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. میزان هدایت روزه‌ای و کارایی مصرف آب از طریق فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

(۱) هدایت روزه‌ای = میزان فتوسنتز / میزان کربن دی‌اکسید زیر روزه

(۲) کارایی مصرف آب = میزان فتوسنتز / میزان هدایت زیر روزه‌ای

اندازه‌گیری پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و قرائت در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-600A) انجام گرفت. اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان به شیوه‌ی DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) در طول موج

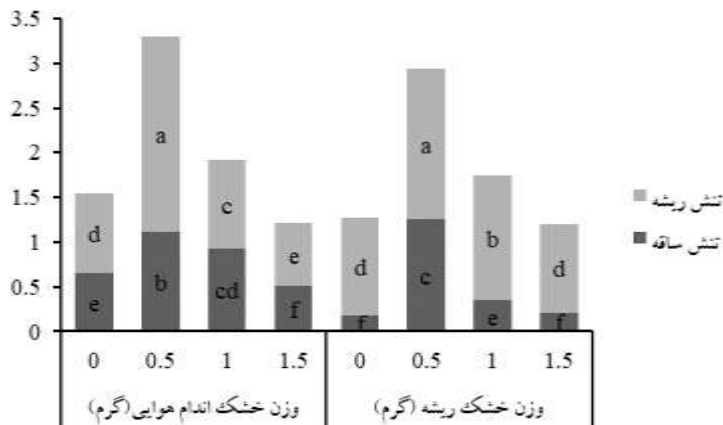
۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل UV-600A ساخت کشور انگلستان) قرائت صورت گرفت و توسط فرمول شماره زیر محاسبه شد (Yu et al, 2002).

جذب کنترلی - جذب نمونه / جذب کنترل = درصد ممانعت کنترلی

برای اندازه گیری فنول مترشحه از ریشه و عصاره برگ به شیوه فولین سیو کالتو ۵ با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل UV-600A ساخت کشور انگلستان) قرائت شد (sing et al., 2002). میزان محتوی آب نسبی برگ توسط روش ریچی و همکاران (۱۹۹۰) و با استفاده از فرمول $WC = \{(FW-DW) / FW\} \times 1$ محاسبه شد. سنجش غلظت پروتئین محلول با استفاده از روش (۱۳۷۶) BRADFORD انجام شد. اندازه گیری نشت یونی به روش زائو و همکاران انجام شد. پتانسیل آب برگ توسط دستگاه بمب فشار توسط اندامی که ۶ ثانیه قبل از گیاه جدا شده صورت گرفت. به منظور تعیین وزن خشک گیاه برای تعیین وزن خشک، نمونه های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت در آون (دمای ۸۰ درجه سانتی گراد) قرار داده شد و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه گیری ها صورت گرفت. جهت اندازه گیری سنجش میزان نشاسته، از روش شیلیگلا استفاده شد (Sheligl, 1986). در نهایت تجزیه و تحلیل نتایج توسط نرم افزار statistix8 و مقایسه میانگین ها توسط آزمون LSD در سطح ۵٪ انجام شد.

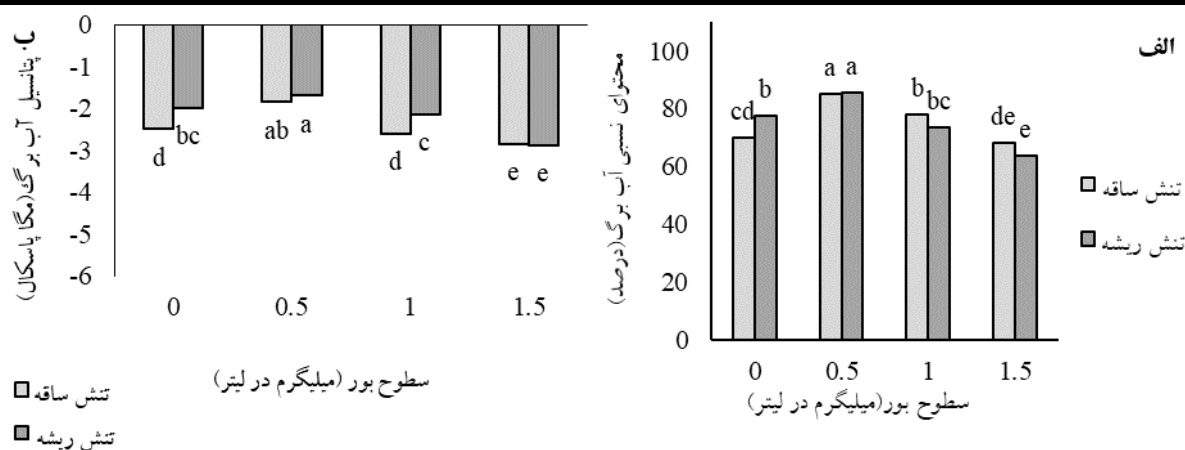
۳- نتایج

میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۰/۵ میلی گرم در لیتر در تنش ریشه و ساقه بیشترین میزان و در شاهد و ۱/۵ میلی گرم در لیتر حداقل میزان را داشت. وزن خشک ریشه نیز روند مشابهی داشت بطوریکه بیشترین میزان در ۰/۵ میلی گرم در لیتر و کمترین در شاهد و ۱/۵ میلی گرم در لیتر بود. درصد کاهش وزن خشک ریشه و ساقه تحت تنش تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت (شکل ۱).



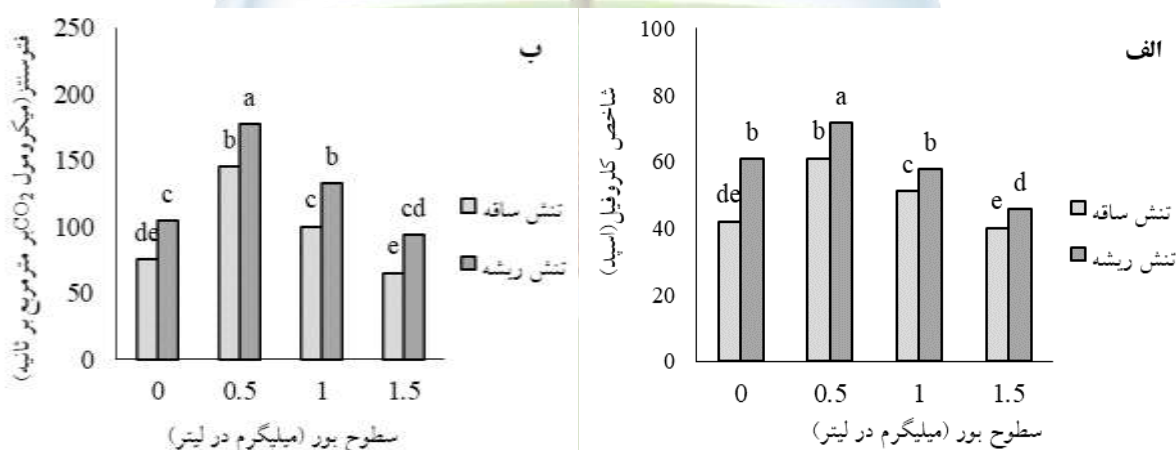
شکل ۱- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه

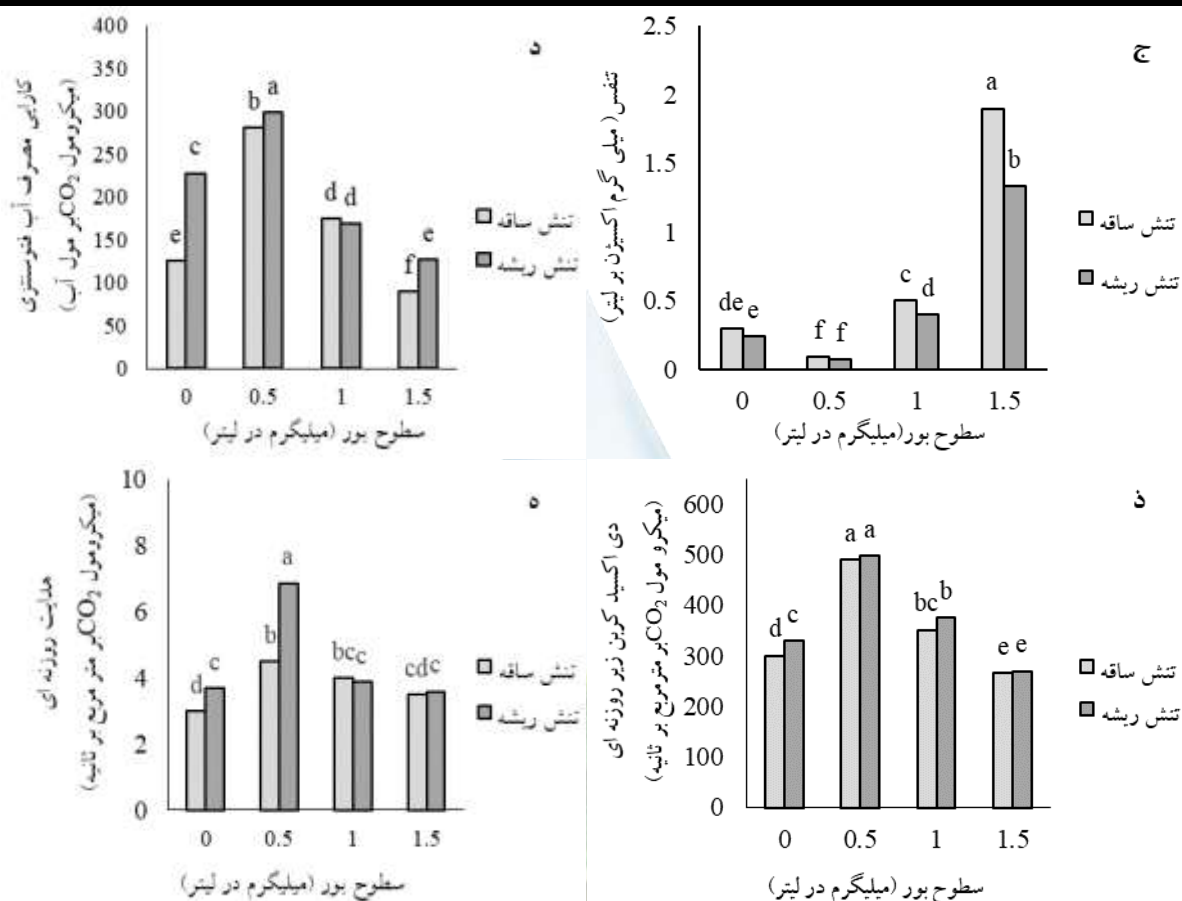
محتوای نسبی آب برگ در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر در هر دو تنش ساقه و ریشه بیشترین مقدار را داشت (شکل ۲- الف). میزان پتانسیل آب برگ در تیمار تنش ریشه و ۰/۵ میلی گرم در لیتر و در تیمار شاهد و ۱/۵ میلی گرم در لیتر منفی تر بود (شکل ۲- ب).



شکل ۲- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش بر محتوای نسبی آب برگ (الف)، پتانسیل آب برگ (ب)

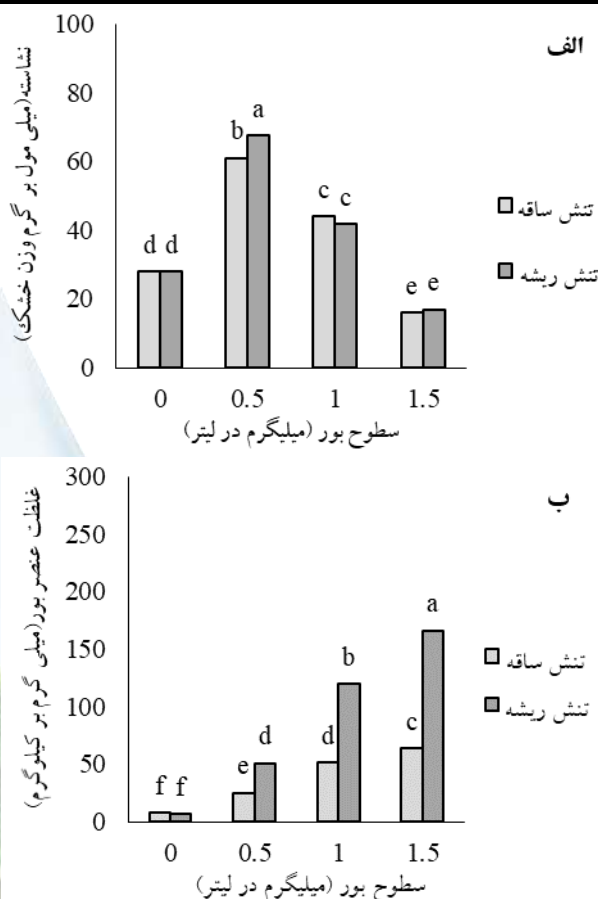
بیشترین میزان کلروفیل و فتوسنتز در تنش ریشه و بور ۰/۵ میلی گرم در لیتر و در تنش ساقه نیز در همین تیمار بود. به طور کلی تنش سرمایی ساقه باعث کاهش بیشتری در میزان کلروفیل و فتوسنتز شد (شکل ۳- الف و ب). بیشترین میزان تنفس در تیمار ۱/۵ و تنش سرمایی ساقه و پس از آن ریشه است کمترین میزان تنفس در غلظت ۰/۵ در هر دو تنش دیده شد. میزان تنفس در کلیه سطوح بور در تنش سرمایی ریشه کمتر از ساقه بود (شکل ۳- ج). کارایی مصرف آب فتوسنتزی در تیمار ۰/۵ میلی گرم در لیتر در تنش ریشه و پس از آن ساقه بیشترین و در ۱/۵ میلی گرم در لیتر در هر دو تنش کمترین را داشت (شکل ۳- د). بطور مشابه دی اکسید کربن زیر روزه‌های و هدایت روزه‌های در غلظت ۰/۵ و تنش ساقه و سپس ریشه بیشترین میزان و در ۱/۵ میلی گرم در لیتر بود و شاهد کمترین میزان را داشت (شکل ۳- ذ و ه).





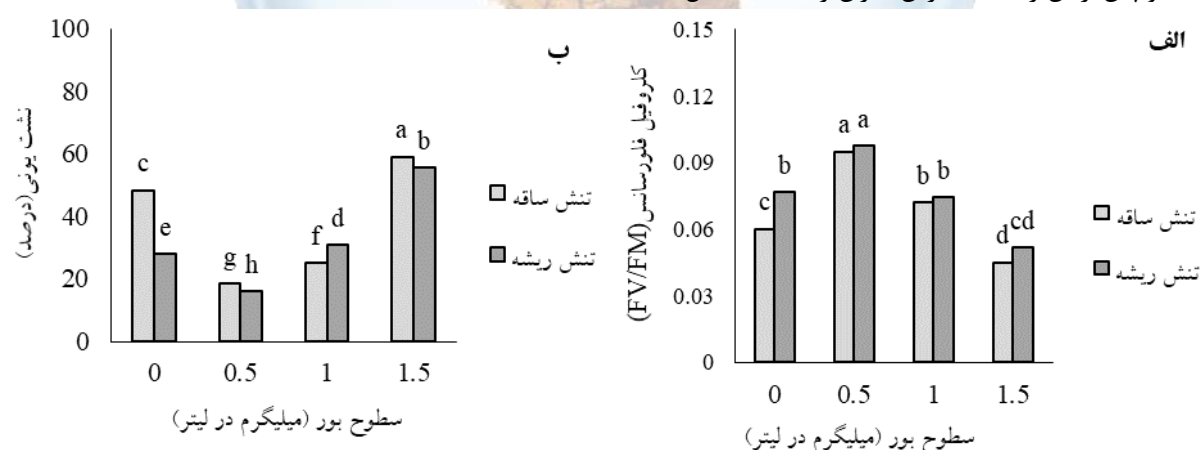
شکل ۳- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر شاخص کلروفیل (الف)، فتوسنتز (ب)، تنفس (ج)، کارایی مصرف آب فتوسنتزی (د)، دی اکسید کربن زیر روزنه ای (د)، هدایت روزنه ای (ه)

میزان نشاسته در ۰/۵ میلی گرم در لیتر و تنش ریشه و سپس ساقه بیشترین و در ۱/۵ میلی گرم در لیتر در هر دو تنش کمترین میزان را داشت (شکل ۴-الف). غلظت عنصر بور در تنش ریشه در غلظت ۱/۵ میلی گرم در لیتر و سپس در غلظت ۱ میلی گرم در لیتر بیشترین میزان را داشت (شکل ۴-ب).



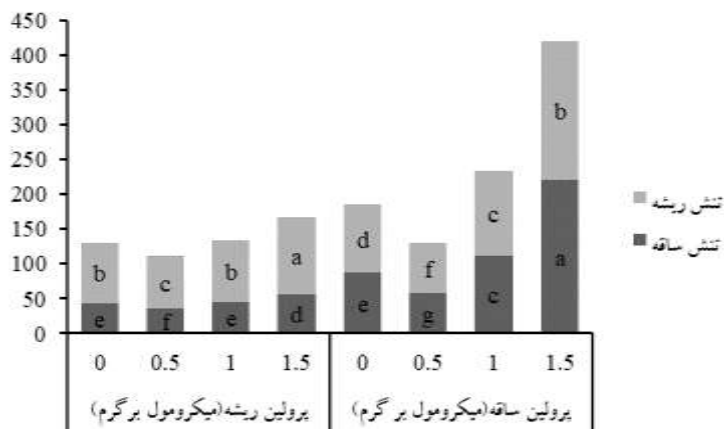
شکل ۴- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر میزان نشاسته (الف)، غلظت عنصر بور (ب)

فلورسانس کلروفیل در ۰/۵ میلی گرم در لیتر و ۱/۵ و شاهد کمترین میزان را داشت (شکل ۵-الف). نشت یونی در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر در هر دو تنش ریشه و ساقه کمترین میزان را داشت. نشت یونی در ۱/۵ میلی گرم در لیتر بور و شاهد در ساقه و پس از آن ریشه بیشترین میزان را داشت (شکل ۵-ب).

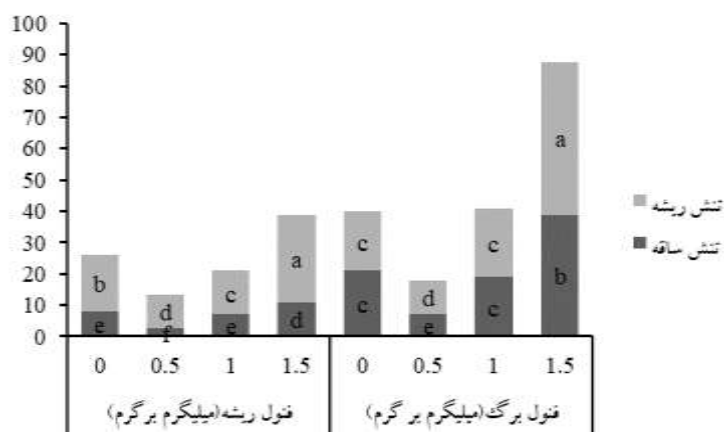


شکل ۵- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر کلروفیل فلورسانس (الف)، نشت یونی (ب)

میزان پرولین ریشه در تنش سرمایی ریشه بیشترین و در ۱/۵ میلی گرم در لیتر بور بیشترین و در ساقه و تنش سرمایی ساقه در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر بور کمترین میزان را داشت. با تنش سرمایی به ساقه میزان پرولین ساقه بیشترین افزایش و پس از آن در ریشه همان گیاهان در غلظت ۱/۵ میلی گرم در لیتر بور افزایش چشمگیری داشت. کمترین میزان پرولین ساقه در تنش سرمایی ریشه و ساقه بود (شکل ۶). به طور مشابه میزان فنول برگ نیز روند کاملاً مشابهی با پرولین ساقه در هر دو تنش داشت (شکل ۷).

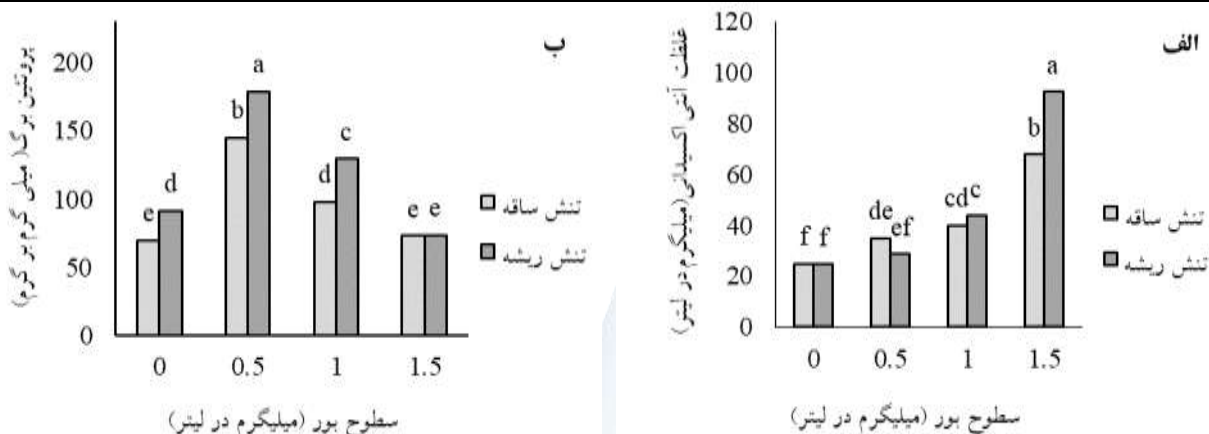


شکل ۶- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر میزان پرولین ساقه و ریشه



شکل ۷- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر میزان فنول برگ و ریشه

غلظت آنتی اکسیدان در تنش سرمایی ریشه بیشترین و سپس در تنش ساقه در غلظت ۱/۵ میلی گرم در لیتر افزایش یافت و کمترین میزان آنتی اکسیدان در هر دو تنش در شاهد دیده شد (شکل ۸- الف). میزان پروتئین برگ در تنش ساقه و سپس ریشه در غلظت ۰/۵ میلی گرم در لیتر بور بیشترین و در ۱/۵ میلی گرم در لیتر و شاهد در هر دو تنش کمترین میزان را داشت (شکل ۸- ب).



شکل ۸- اثر متقابل سطوح مختلف بور و تنش ریشه، ساقه بر غلظت آنتی اکسیدان (الف)، پروتئین برگ (ب)

۴- بحث:

وقتی که گیاه در معرض دمای پایین قرار می‌گیرد تغییرات فیزیولوژیک متعددی در آن بوجود می‌آید (Seppanen, 2000). نتیجه این تغییر ممکن است به صورت آسیب‌های قابل برگشت یا غیر قابل برگشت بروز نماید (Allen and Ort., 2001). با توجه به نتایج مشخص گردید که در مواقعی که تنش سرمایی از ناحیه ریشه به گیاه وارد شده است، گیاه پس از دوره بازیابی در وضعیت بهتری قرار گرفته است. به نظر می‌رسد هنگامی که تنش سرمایی بر روی ریشه اتفاق می‌افتد، گیاه با تولید میزان بالاتری از مواد آنتی اکسیدانی شامل فنول و پرولین توانسته همزمان با حفظ محتوای نسبی آب برگ، به طور مؤثرتری با عوامل رادیکالی مبارزه کند. بدین ترتیب از آنجایی که در شرایط طبیعی ریشه‌های گیاه در دمای پایین تری نسبت به بخش هوایی فعالیت دارند، نسبت به بخش هوایی سازگاری بیشتری به فعالیت در دمایی پایین از خودشان نشان می‌دهند و گیاه کمتر دچار خسارت می‌گردد (Wein, 1998). به نظر می‌رسد آثار منفی حاصل از تنش سرمایی بخش هوایی به مراتب بیشتر و گسترده تر از زمانی است که تنش بر بخش ریشه وارد شده باشد. به نحوی که گیاه نتوانسته در دوره بازیابی، بافت‌ها و اندامک‌های خود را به خوبی بازیابی کند. وقتی تنش سرمایی برای ریشه‌ی گیاه اتفاق می‌افتد، با افزایش گرانیوی آب باعث کاهش هدایت هیدرولیکی آب شده که در نهایت با القای تنش کم آبی باعث افزایش تنفس در گیاه و افزایش مصرف انرژی جهت جذب آب می‌شود. همچنین ساخت و انتقال هرمون‌های گیاهی از ریشه به بخش‌های بالایی مختل شده و جذب مواد غذایی نیز کمتر می‌شود (Alfocea et al., 2010). در ادامه بر اثر تنش کم آبی، در گیاه تولید رادیکال‌های مخرب اکسیژن می‌شود که گیاه با تولید فنل و پرولین با آنها به مبارزه می‌پردازد. اما به نظر می‌رسد تنش دمای ده درجه برای بخش ریشه در این آزمایش نه تنها هیچگاه آنچنان آثار مخربی بر روی گیاه نداشته باشد، بلکه با القای مقاومت باعث بهبود بیشتر در وضعیت عمومی گیاه پس از بازیابی می‌باشیم.

از طرف دیگر هنگامی که تنش سرما بر بخش هوایی در اوایل دوره رشد گوجه فرنگی وارد شد آثار بسیار گسترده‌ای از خود بر جای گذاشت. در این حالت گیاه هم به لحاظ آسیب بافت و ترکیبات ملکولی حیاتی ناشی از تخریب به وسیله رادیکال‌های آزاد اکسیژن (Arvin and Donnelly., 2008) هم به لحاظ آسیب ناشی از القای تنش کم آبی (Joshi et al., 2007) و هم آسیب ناشی از تغییر سیالیت غشا مورد تهدید قرار می‌گیرد (Taiz and Zeiger., 2002). به این ترتیب با تخریب کلروفیل و نشت الکترولیت‌ها و همچنین بسته شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش شدیدی در میزان فتوسنتز شاهد بودیم و همچنین به دلیل کاهش محتوای نسبی در آب برگ و افزایش تنفس از وزن خشک ریشه و بخش هوایی کاسته شد. تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه و کاهش محتوای نسبی آب برگ باعث شده که گیاه جهت مقابله با این اثر مخرب

و حفظ حالت پایدار خود شروع به افزایش تولید مواد آنتی اکسیدانی شامل فنول ها و پرولین کند (طریق الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۵). آلن و همکاران در سال ۲۰۰۱ در آزمایشی بر روی گیاهان مناطق گرمسیری گزارش کردند که در گیاه گوجه فرنگی تحت تنش سرما با کاهش رشد همراه بود.

بررسی نتایج مشخص نمود که در بین سطوح عنصر بور، سطح ppm ۰/۵ بهترین نتیجه را پس از دوره بازیابی در بین دیگر سطوح به دست آورد. به نظر می‌رسد از آنجایی که مرز بین کمبود یا سمیت عنصر بور بسیار باریک و حساس می‌باشد (Reid et al., 2004) و هم در زمان کمبود و هم در زمان سمیت این ماده، گیاه متحمل تنش مضاعف بر تنش سرمایی می‌گردد، گیاه دچار خسران بیشتری هم در سطوح بالاتر و هم در سطوح پایین تر از میزان ppm ۰/۵ شده است. مصرف میزان متعادل از عنصر بور در حین تنش سرما باعث می‌شود گیاه در مقابل تنش دمایی پایین مقاومت مطلوبی از خود نشان دهد. احتمالا مصرف میزان متعادل عنصر بور به طریق خنثی سازی اثرات منفی تنش سرما و مکانیزم‌هایی مثل حفظ ساختار غشا (Marschner, 1995)، بهبود و افزایش رشد ریشه (Guidong et al., 2011)، افزایش سنتز پروتئین‌های مورد نیاز گیاه (غیبی و ملکوتی، ۱۳۸۳)، تنظیم حرکات روزنه‌ای و بهبود هدایت روزنه‌ای (Sotiropoulos et al., 2002)، افزایش تقسیم سلولی (Guertal, 2004)، افزایش متابولیسم نیتروژن و تولید کلروفیل و پیامد آن با افزایش فتوسنتز و تولید ماده خشک (Eraslan et al., 2007)، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها (اورعی و همکاران، ۱۳۹۱)، تنظیم نسبت کلسیم به پتاسیم، بهینه کردن انتقال کلسیم در گیاه، تنظیم میزان آب و هدایت آن در سلول و افزایش رطوبت و محتوی نسبی آب برگ، نقل و انتقال مواد محلول (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۸) و افزایش کارایی مصرف آب (تلاوت و همکاران، ۱۳۹۵) موجب ایجاد مقاومت نسبی در برابر تنش دمایی پایین شده و آثار تنش را تعدیل ساخته است به نحوی که در گیاه رادیکال آزاد اکسیژنی کمتری تولید شده و گیاه نیاز به میزان کمتری از فنول‌ها و پرولین‌ها داشته است. اما در سطوح بالاتر از عنصر بور به دلیل تحمیل اثر سمیت بور و تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن اضافی (Ouzounidou et al., 2003)، احتمالا گیاه متحمل خسارات شدیدتری مضاف بر خسارت سرما شده است.

پس از رفع تنش و در حین دوره ی بازیابی روزنه‌ها دوباره به حالت طبیعی خود بازگشته اند و هدایت روزنه ای افزایش یافته است. پس از آن میزان فتوسنتز به مرور افزایش یافته و باعث تولید آسیمیلات‌های مورد نیاز گیاه شده است اما هریک از تیمارها بنا به میزان آسیب وارد شده در دوره تنش میزان متفاوتی از بازیابی را نشان دادند. بدین ترتیب در اکثر موارد تیمار میزان ppm ۰/۵ از عنصر بور در حین تنش سرمایی از طریق ریشه بیشترین میزان بهبودی پس از بازیابی را نشان دادند. به نظر می‌رسد از مهمترین دلایل عدم بازیابی کامل گیاهان عدم تحمل گیاه به تنش و تولید موارد خسارت خارج از تحمل گیاه بوده است (حسن فرد و همکاران، ۱۳۹۵). در طول دوره بازیابی، بازسازی فوتوسیستم یک، عامل محدود کننده جهت بازیابی کلروفیل و در نهایت سیستم فتوسنتزی می‌باشد. به عقیده محققین در گیاهان حساس مانند گوجه فرنگی در دوره تنش سرمایی فوتوسیستم یک بسیار بیشتر از فوتوسیستم دو آسیب می‌بیند (Baba et al., 1995, 1996, Tjus et al., 1998). محققین گزارش کردند که سرعت کم در جایگزینی پروتئین D1 در فوتوسیستم یک عامل این کاهش سرعت بازیابی در سیستم فتوسنتزی می‌باشد (Danon and Mayfield., 1994). پس از بازیابی درجات متفاوتی از ترمیم بر حسب سن و درجه تنش گیاه گزارش شده است. نرخ فتوسنتز بادام تحت شرایط تنش کمتر از شرایط تنش و یا شاهد گزارش شده است. در حالی که بعد از بازیابی و بهبود گیاه، نرخ فتوسنتز بالاتری نسبت به شاهد نشان داد. (Romero et al., 2004). با آزمایش بر روی لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L) مشخص شد که سرعت فتوسنتز، تعرق، هدایت روزنه ای در حین تنش کاهش یافت ولی بعد از بازیابی سرعت بهبود فتوسنتز، تعرق و هدایت روزنه ای متفاوت بود به نحوی که فتوسنتز و هدایت روزنه ای بیشترین و کمترین برگشت پذیری را داشتند (Koichi et al., 2005). بررسی تبادلات گازی فتوسنتزی لوبیا (*Vigna unguiculata*) تحت تنش نشان داد که میزان جذب CO₂ در طول تنش کاهش یافت ولی این امر به بسته شدن روزنه‌ها ارتباط دارد. همچنین تبادلات گازی نهال‌ها سه روز پس از رفع تنش به طور کامل بازیابی شد (Souza et al., 2004).

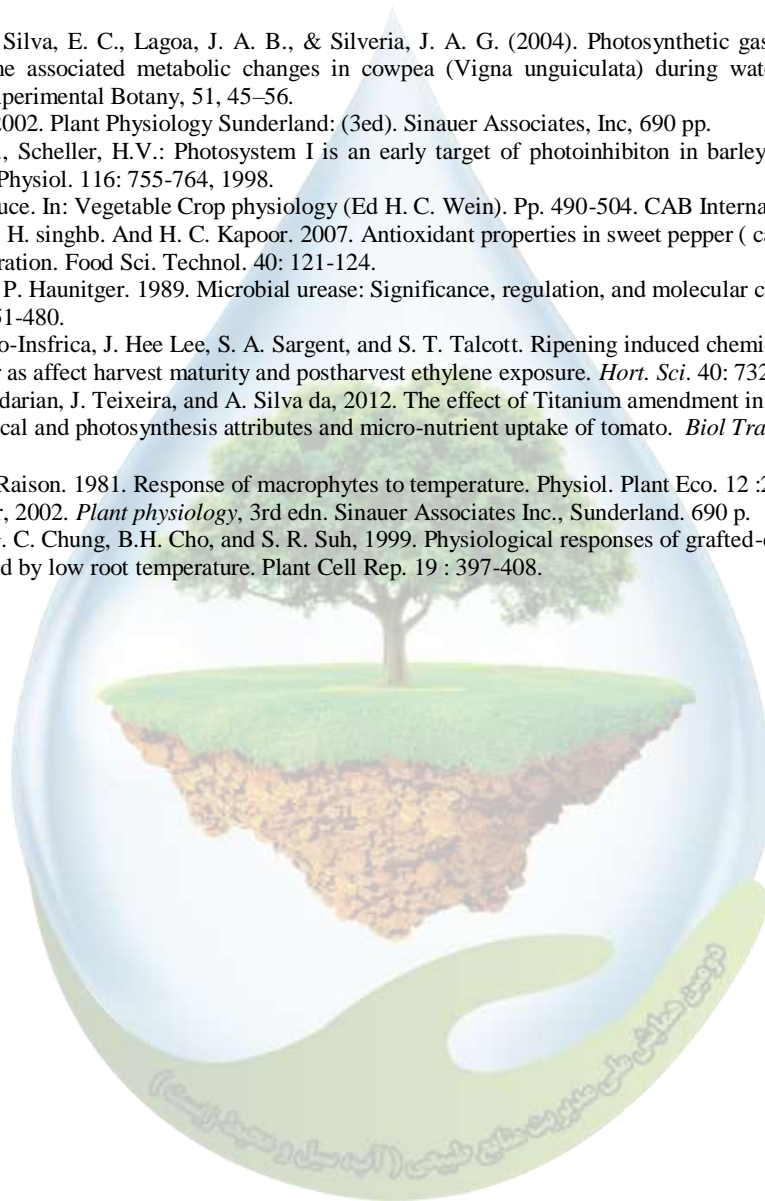
۵- نتیجه گیری نهایی

نتایج نشان می‌دهد تنش ناگهانی دمای پایین ریشه و قسمت هوایی بر میزان بازیابی صفات رویشی و فیزیولوژیکی گوجه فرنگی اثر منفی دارد اما زمانی که دمای پایین بر قسمت هوایی تحمیل می‌شود گیاه متحمل خسارات بسیار بیشتری می‌شود که اثرات منفی خود را در دوره بازیابی نشان می‌دهد. همچنین مصرف ۰/۵ ppm از عنصر بور در حین تنش سرمایی با ایجاد شرایط بهینه جهت رشد باعث خنثی سازی نسبی اثرات تنش دمای پایین شده و گیاه را در وضعیت مطلوبی نگه می‌دارد به نحوی که پس از دوره بازیابی، گیاه می‌تواند خود را به شرایط قبل از تنش سرمایی نزدیک کند.

۶- منابع:

- حسن فرد، ع.، نظامی، ا. و نباتی، ج. ۱۳۹۵. اهمیت به گزینی گیاهان برای تحمل به سرما. چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی.
- طریق الاسلامی، م.، کافی، م.، نظامی، ا. و زرغامی، ر. ۱۳۹۵. اثر تنش سرما بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی سه هیبرید ذرت در مرحله گیاهچه‌ای. مجله پژوهش‌های گیاهی. ۲۹ (۳): ۵۵۲-۵۴۰.
- غیبی، م و ملکوتی، ج. ۱۳۸۳. راهنمایی تغذیه بهینه گندم. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. چاپ اول. ۱۱۹ ص.
- مرادی تلاوت، م.، کاظمی، ز. و سیادت، س. ۱۳۹۵. واکنش فیزیولوژی، رشد و عملکرد کلزا به مصرف بور تحت تنش گرمایی ناشی از کشتهای دیرهنگام. به زراعی کشاورزی. ۱۸ (۱): ۶۷-۵۵.
- ملکوتی، م. و تهرانی، م.م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۳۲۸ ص.
- Alfocea, F., A. Albacete, Ghanem, M. E. and Dodd, I. A (2010) Hormonal regulation of source-sink relations to maintain crop productivity under salinity: a case study of root-to-shoot signalling in tomato. *Functional Plant Biology* 37: 592- 603.
- Allen, D.J. and D.R. Ort. 2001. Impact of chilling temperature on photosynthesis in warm climate plants. *Trends in Plant Science*. 6: 36-42.
- Allen, D.J., & Ort, D. R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends In Plant Science*. 6(1):36-41
- Arvin, M.J., and Donnelly, D.J. (2008). Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. *Journal of Agricultural Science Technology*. 10:33-42.
- Baba, K., Itoh, S., Hastings, G., Hoshina, S.: Photoinhibition of Photosystem I electron transfer activity in isolated Photosystem I preparations with different chlorophyll contents. *Photosynth. Res.* 47: 121-130, 1996.
- Baba, K., Itoh, S., Hoshina, S.: Degradation of photosystem I reaction center proteins during photoinhibition invitro. In: Mathis, P. (ed.): *Photosynthesis: from Light to Biosphere*. Vol. II. Pp. 179-182. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston - London 1995.
- Danon A, Mayfield SPY (1994) Light-regulated translation of chloroplast messenger RNAs through redox potential. *Science* 266:1717-1719
- Eraslan, F., A. Lnal, A. Gunes and M. Alpaslan. 2007. Boron toxicity alters nitrate reductase activity, proline accumulation, membrane permeability and mineral constituents of tomato and pepper plants. *J. Plant Nutr.* 30(6): 981-994.
- Guertal, E.A. 2004. Boron fertilization of bentgrass. *Crop Sci.* 44: 204-208.
- Guidong L., Cuncang J. and Yunhua W. 2011. Distribution of boron and its forms in young "Newhall" navel orange (*Citrus sinensis* Osb.) plants grafted on two rootstocks in response to deficient and excessive boron. *Soil Science Plant Nutrition*, 57: 93-104.
- Hu, Y., Zhu, Z. Yang, J. Ni, X. and Zhu, B. (2009). Grafting increase the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity, *Environmental and Experimental Botany* 66:270-278.
- Joshi, S.C., S. Chandra and L.M.S. Palni. 2007. Differences in photosynthetic characteristics and accumulation of osmoprotectants in saplings of evergreen plants grown inside and outside a glasshouse during the winter season. *Photosynthetica*. 45(4): 594-600.
- Koichi, M., Shigemi, T., Toshihiko, M., & Kazuyoshi, K. (2005). Recovery responses of photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance in kidney bean following drought stress. *Environment of Experiment Botany*, 53, 205-214.
- Lyons, M.J., Graham, D. and Raison, J.K. (1979). *Low temperature stress in crop plants: The role of the membrane*, Academic press, New York.
- Marschner H. 1995: *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd Ed.). Academic Press Inc., London, UK.
- Ouzounidou G., Ilias I., Kabataidid M., Chatzimichail A. 2003: Comparative study of nutrient deficiencies on growth and photochemistry of tobacco. *J. Plant Nutr.* 26: 1605-1616.

- Reid, R.J., Hayes, J.E., Post, A., Stangoulis, J.C.R. and Graham, R.D. 2004. A critical analysis of the cause of boron toxicity in plants. *Plant, Cell and Environment*, 25: 1405- 1414.
- Romero, P., Navarro, J. M., Garcia, F., & Ordaz, P. B. (2004). Effects of regulated deficit irrigation during the pre-harvest period on gas exchange, leaf development and crop yield of mature almond trees. *Tree Physiology*, 24, 303–312.
- Seppanen, M.M. (2000) Characterize of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (dun.) with special reference of the relationship between and oxidative stress. University of Helsinki, Department of Production, Section of Crop Husbandry 56: 4-44.
- Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*, 47-51.
- Sotiropoulos T.E., Therios I.N., Dimassi K.N., Bosabalidis A. and Kofidis G. 2002. Nutritional status, growth, CO₂ assimilation, and leaf anatomical responses in two kiwifruit species under boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*, 25: 1249-1261.
- Souza, R. P., Machado Silva, E. C., Lagoa, J. A. B., & Silveria, J. A. G. (2004). Photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and some associated metabolic changes in cowpea (*Vigna unguiculata*) during water stress and recovery. *Environmental and Experimental Botany*, 51, 45–56.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology Sunderland: (3ed)*. Sinauer Associates, Inc, 690 pp.
- Tjus, S.E., Møller, B.L., Scheller, H.V.: Photosystem I is an early target of photoinhibiton in barley illuminated at chilling temperatures. – *Plant Physiol.* 116: 755-764, 1998.
- Wein, H. C. (1998) Lettuce. In: *Vegetable Crop physiology* (Ed H. C. Wein). Pp. 490-504. CAB International.
- Deepah, N., C. Kura, H. singhb. And H. C. Kapoor. 2007. Antioxidant properties in sweet pepper (*capsicum annum* L.) genoryps during maturation. *Food Sci. Technol.* 40: 121-124.
- Mobley, H. L., and R. P. Haunitger. 1989. Microbial urease: Significance, regulation, and molecular characterization. *Microbial. Rev.* 59: 451-480.
- Fox, J., A. D. Del Pozo-Insfrica, J. Hee Lee, S. A. Sargent, and S. T. Talcott. Ripening induced chemical and antioxidant changes in bell pepper as affect harvest maturity and postharvest ethylene exposure. *Hort. Sci.* 40: 732-736.
- Haghighi, M., S. Heidarian, J. Teixeira, and A. Silva da, 2012. The effect of Titanium amendment in N-withholding nutrient solution on physiological and photosynthesis attributes and micro-nutrient uptake of tomato. *Biol Trace ElemRes.* 150: 381-390.
- Berry, J. A. and J. K. Raison. 1981. Response of macrophytes to temperature. *Physiol. Plant Eco.* 12 :227-338.
- Taiz, L., and E. Zeiger, 2002. *Plant physiology*, 3rd edn. Sinauer Associates Inc., Sunderland. 690 p.
- Ahn, S. J., Y. J. IM, G. C. Chung, B.H. Cho, and S. R. Suh, 1999. Physiological responses of grafted-cucumber leaves and rootstock roots affected by low root temperature. *Plant Cell Rep.* 19 : 397-408.



پهنه‌بندی شاخص کیفی و نیترات در آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود

حسن ترابی پوده^{۱*}، بابک شاه‌نژاد^۲، آزاده ارشیا^۳، مسعود سیدی پور^۴، نیاز وحدت پور^۵

^{۱*} دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، ^۲ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه لرستان، ^۳ دانش‌آموخته ارشد آبخیزداری، دانشگاه لرستان، ^۴ و ^۵ کارشناس ارشد منابع آب و محیط زیست، شرکت آب منطقه ای اصفهان.

^{۱*} (torabi.ha@lu.ac.ir)

چکیده

منابع آب زیرزمینی بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آب شیرین زمین هستند و بررسی کیفیت این منابع برای برنامه‌ریزی و توسعه منابع آب و حفاظت و کنترل آن‌ها بسیار مهم و ضروری است. در این پژوهش به بررسی کیفیت آب از نظر مصارف شرب و کشاورزی و نیز محاسبه شاخص IRWQIGC در آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود پرداخته شد. بدین منظور پارامترهای EC, TDS, SAR, pH, TH, Cl, CO₃, Ca, Mg, HCO₃, K, Na و نیز NO₃ و عناصر سنگین شامل روی، مس، سرب، کادمیوم و آرسنیک از نمونه‌های آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند. طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی عمدتاً در محدوده‌ی C2-S1 و از نظر شرب عمدتاً در طبقات قابل قبول و خوب قرار گرفت. میزان عناصر سنگین در حد مجاز است. مقدار متوسط نیترات در آبخوان‌های چهل خانه، دامنه‌داران، بوئین-میاندشت و چادگان به ترتیب ۴۳/۷۷، ۴۸/۰۸، ۳۵/۵۳ و ۲۶/۳۶ میلی‌گرم در لیتر محاسبه شد و ماکزیمم مقدار نیترات در این مناطق، اغلب فراتر از حد مجاز است. متوسط شاخص IRWQIGC در آبخوان‌های ذکرشده محاسبه و پهنه‌بندی شاخص و نیترات با روش کریجینگ انجام شد. کمترین مقدار شاخص که در طبقات نسبتاً بد قرار می‌گیرد در قسمت‌های جنوب و جنوب شرق بوئین میاندشت و جنوب و جنوب غرب چهل خانه و نیز در قسمت‌های مرکزی دامنه‌داران و جنوب چادگان قرار دارد.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، کیفیت، زاینده‌رود، نیترات، IRWQIGC

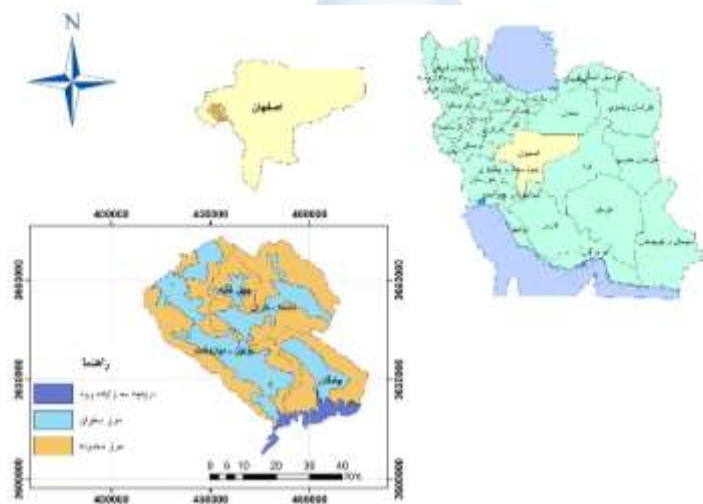
۱- مقدمه

برای ارزیابی سریع کیفیت آب از شاخص آلودگی آب *WQI (Water Quality Index)* برای ارائه سریع نتیجه ارزیابی وضعیت کیفیت آب بهره می‌گیرند (۵). که بدون پیچیدگی‌های ریاضی و آماری کیفیت آب را بیان می‌کند. شاخص کیفیت منابع آب ایران *IRWQI (Iran Water Quality Index)* با هدف استفاده از روش مناسب با شرایط طبیعی و مسائل منابع آب ایران تهیه شده است (۲). Baalousha (2010) در ارزیابی شبکه پایش میزان نیترات آب زیرزمینی با استفاده از نقشه‌های آسیب‌پذیری و زمین‌آماری در دشت هریتانگا واقع در نیوزلند، برای بررسی توزیع‌های مکانی منطقه از واریانس کریجینگ استفاده نمودند. براساس این مطالعه مشخص شد که بعضی مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بالایی هستند توسط شبکه موجود پوشش داده نمی‌شوند؛ بنابراین بعضی مکان‌ها باید به شبکه اضافه و تعدادی حذف شوند. (Maghesh et al (2013) در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه دیندیگوئل، تاملیل نادو هند با استفاده از شاخص *WQI* و تکنیک‌های *GIS* به این نتیجه رسیدند که وجود نیترات در آب‌های زیرزمینی از فعالیت‌های انسانی است. آنالیز شیمیایی پارامترها در این منطقه نشان داد که با توجه به استانداردهای کیفیت آب‌های زیرزمینی، اغلب نمونه‌ها برای آب آشامیدنی مناسب بودند. (Abbasnia et (2018

al به بررسی کیفیت آب زیرزمینی چابهار در سیستان و بلوچستان با کمک شاخص کیفیت آب آبیاری و پهنه‌بندی آن با GIS پرداختند. نتایج نشان داد که ۴۰٪ نمونه‌های طبقه‌بندی شده به‌عنوان آب بسیار خوب و ۶۰٪ نمونه‌ها از طبقه آب خوب بودند. امیری و همکاران (۱) در مطالعه‌ای با استفاده از شاخص $IRWQI_{GC}$ به ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی در محل دفن زباله در قائم‌شهر پرداختند و دریافتند که از جنوب به شمال و شمال شرق منطقه از کیفیت آب کاسته می‌شود و اغلب منطقه در طبقه نسبتاً بد قرار گرفته است. تحقیق حاضر با هدف بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی و پهنه بندی نترات و شاخص $IRWQI_{GC}$ در محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود ارائه می‌گردد.

۲- مواد و روش‌ها

منابع آب شیرین استان اصفهان محدود بوده و در سال‌های اخیر نیز رشد جمعیت و بهره‌برداری‌های غلط از منابع آب باعث آلودگی منابع آب‌های زیرزمینی شده است. در شکل ۱ موقعیت آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود مشخص شده است.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی در ایران و اصفهان

تعداد نمونه‌های کیفی در محدوده آبخوان‌ها

در آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود که شامل آبخوان‌های چهل خانه، دامنه‌داران، چادگان و بوئین-میان دشت است، شرکت آب و فاضلاب روستایی در ۵۵ مکان، ۵۷ نمونه آزمایشگاهی برای آزمایش‌های شیمیایی و در ۳۸ مکان، ۴۰ نمونه برای آزمایش‌های عناصر سنگین برداشت کرده است. شرکت آب و فاضلاب شهری نیز در این محدوده در ۲۵ مکان دارای ۷۳ نمونه آزمایشگاهی است. شرکت آب منطقه‌ای اصفهان نیز در ۲۳ نقطه، ۴۶۶ نمونه آزمایشگاهی برداشت کرده است. دانشگاه اصفهان نیز در ۶۰ مکان و برای هر مکان، دو نمونه در فصل‌های تر و خشک برای آزمایش‌های فیزیکو شیمیایی و عناصر سنگین برداشت کرده است. اطلاعات شامل EC, SAR, TDS, pH, TH, Cl, $CaCO_3$, Mg, HCO_3 , K, Na و NO_3 و عناصر سنگین شامل روی، مس، سرب، کادمیوم و آرسنیک هستند.

شاخص کیفیت منابع آب ایران ($IRWQI$)

پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی تحت نظارت سازمان محیط‌زیست در سال ۱۳۹۰، راهنمای محاسبه شاخص کیفیت آب را در دو بخش آب‌های سطحی و زیرزمینی برای پارامترهای متداول و سمی آب منتشر نموده است. به‌منظور محاسبه شاخص کیفیت آب زیرزمینی ($IRWQI_{GC}$) به هر کدام از پارامترها براساس نقشی که در آلودگی آب‌های زیرزمینی دارند وزنی تعلق می‌گیرد که البته تعداد پارامترها می‌تواند تغییر کند. با توجه به پارامترهای کیفی موجود برای هر منبع، مقدار شاخص از طریق نمودارهای مربوط به هر پارامتر در نشریه راهنمای محاسبه شاخص کیفیت آب مشخص خواهد شد. سپس وزن کل براساس تعداد پارامترهایی که در تعیین شاخص کل مؤثر بوده‌اند با استفاده از رابطه ۱ شاخص کل کیفیت آب محاسبه می‌گردد و طبق این شاخص، کیفیت آب زیرزمینی به ۷ دسته مطابق با جدول ۱ تقسیم شده است.

$$\gamma = \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

$$IRWQI_{GC} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{W_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}}$$

که در آن W_i وزن پارامتر i ، n تعداد پارامترها، I_i مقدار شاخص برای پارامتر i است.

جدول ۱ - معادل توصیفی شاخص کیفیت آب

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹/۹	بد
۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

تهیه نقشه پهنه‌بندی

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی از روش‌های مختلف درون‌یابی در محیط نرم‌افزار *ArcGIS* می‌توان استفاده کرد. ارزیابی میزان دقت و خطا میان مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی معیارهای مختلفی نظیر مجموع مربعات باقیمانده، جذر میانگین مربعات خطا (*RMSE*)، استفاده از روش‌های مقایسه آماری نظیر آنالیز واریانس و کای اسکوئر وجود دارد. در مطالعه حاضر از شاخص *RMSE* برای تعیین روش مناسب استفاده شد که به‌عنوان شاخصی مهم جهت نشان دادن دقت تحلیل مکانی در *GIS* شناخته می‌شود (Nazarizadeh, 2006) و از طریق رابطه ۳ و با استفاده از داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده به دست می‌آید:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3)$$

از بین روش‌های مختلف، هر کدام که میزان *RMSE* کم‌تری داشته باشد به‌عنوان روش مناسب انتخاب می‌گردد.

۳- نتایج و بحث

کیفیت منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی و شرب

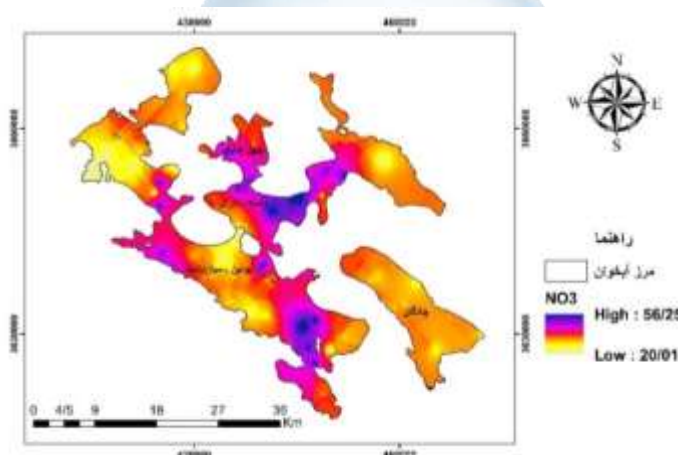
در آبخوان‌های چهل خانه و دامنه‌داران، طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی براساس طبقه‌بندی ویلکاکس عمدتاً *C2-SI* (کمی شور - مناسب برای کشاورزی) است و درصد کمی نیز در طبقه‌ی *CI-SI* قرار دارد. از نظر شرب طبق دیاگرام شولر عمدتاً خوب و درصد کمی نیز در طبقه قابل قبول قرار دارد. نمونه‌های عناصر سنگین اخذشده در این محدوده مطالعاتی نیز نشان می‌دهد که میزان عناصر سنگین در حد مجاز است. آب از لحاظ صنعتی خورنده و کیفیت آب به لحاظ سختی کل، آب سخت است. در آبخوان بوئین - میاندشت، کیفیت آب از نظر کشاورزی عمدتاً *C2-SI* و درصد کمی در طبقه‌ی *C3-SI* قرار دارد و از نظر شرب طبق دیاگرام شولر عمدتاً خوب و درصد کمی نیز در طبقه قابل قبول قرار دارد. در آبخوان چادگان، کیفیت آب از نظر کشاورزی *C2-SI* است و از نظر شرب در طبقه‌ی خوب قرار دارد. نمونه‌های عناصر سنگین اخذشده در این محدوده نشان می‌دهد که میزان عناصر سنگین در حد مجاز است و آب از لحاظ صنعتی خورنده و به لحاظ سختی کل، آب سخت است.

نقشه پهنه‌بندی نیترات و شاخص *IRWQI_{GC}* در محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود

مشخصات اجرای روش کریجینگ در جدول ۲ آورده شده است. نقشه پهنبندی نیترا در شکل ۲ آورده شده است. Baalousha (2010) و Abbasnia et al (2018) نیز روش کریجینگ را روشی مناسب برای تهیه نقشه پهنبندی معرفی کردند زیرا که نتایج حاصل از کریجینگ از نظر واریانس مکانی، موقعیت مکانی، موقعیت و توزیع نمونه‌ها قابل اعتماد است و نسبت به روش‌های دیگر، بیشتر مورد توجه محققین در مطالعات آب زیرزمینی بوده است. اگر یکی از علت‌های اصلی بالا بودن نیترا در بعضی موارد از محدوده آبخوان‌های بالادست زاینده‌رود، عملیات کشاورزی در منطقه باشد می‌توان گفت آلاینده‌های مربوط به استفاده از سموم شیمیایی نیز باید در اندازه‌گیری‌های آتی مدنظر قرار گیرد.

جدول ۲: مشخصات اجرای روش کریجینگ

ASE	RMSES	MSE	RMSE	مدل	داده
۱۸/۴۷	۱۹۱۲	۱۰۴۳	۱۶/۹۳	Simpel	NO3
۱۱/۴۸	۱۹۳۱	-۱۰۳۹	۱۰/۵۸	Ordinary	IRWQIGC



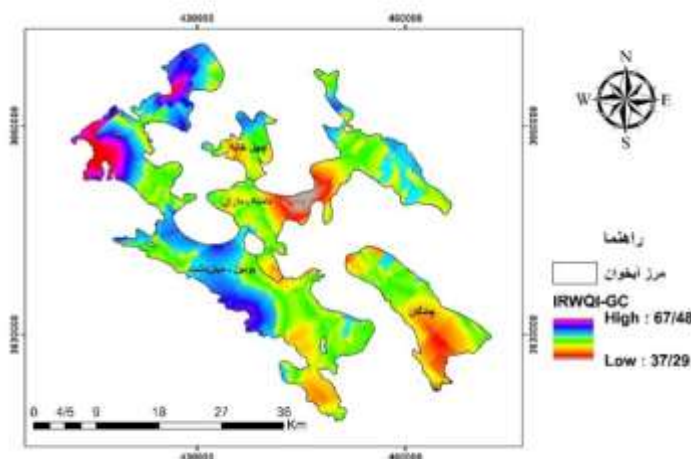
شکل ۲: نقشه پهنبندی نیترا در محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود

محاسبه شاخص IRWQIGC

مشخصات آماری شاخص کیفی در جدول ۳ نشان داده شده است. پهنبندی شاخص نیز در شکل ۳ آورده شده است. Maghesh et al (2013) نیز شاخص WQI را برای بررسی کیفیت منابع آب، مناسب برشمردند اما در مطالعه حاضر با توجه به اینکه منطقه تحقیق در ایران قرار دارد از این شاخص اما مناسب شرایط کشور (IRWQI) استفاده شد، همان‌طور که در مطالعه-ی امیری و همکاران (۱۳۹۷) در قائم‌شهر، کیفیت آب زیرزمینی با این شاخص کیفی انجام گرفته است.

جدول ۳: مقادیر IRWQIGC در محدوده آبخوان‌ها

متوسط IRWQIGC	مینیمم IRWQIGC	ماکزیمم IRWQIGC	محدوده
۵۰/۲	۴۱	۶۹	چهل خانه
۴۶/۴	۲۳/۶	۷۲	دامنه‌داران
۵۴/۵	۲۷/۷	۷۶	بوئین‌میاندشت
۴۶/۶	۳۳	۵۶	چادگان



شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی شاخص $IRWQIGC$ در محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کیفیت آب از نظر مصارف شرب و کشاورزی بررسی و نیز شاخص $IRWQIGC$ برای محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود محاسبه شد. کیفیت آب از نظر کشاورزی، عمدتاً $C2-SI$ است که در واقع در طبقه کمی شور و مناسب برای کشاورزی قرار دارند. کیفیت آب از نظر شرب عمدتاً در طبقات قابل قبول و خوب است. میزان عناصر سنگین در حد مجاز است. براساس شاخص کیفیت منابع آب ایران ($IRWQI$) با توجه به اینکه این مطالعه برای منابع آب‌های زیرزمینی صورت گرفت از شاخص $IRWQIGC$ استفاده شد. مقادیر متوسط شاخص $IRWQIGC$ ، کیفیت آب را در طبقه متوسط نشان داد و البته مقادیر مینیمم شاخص در آبخوان‌های دامنه‌داران و بویین-میاندهشت، کیفیت آب را در طبقه بد و در آبخوان‌های چهل خانه و چادگان، کیفیت را در طبقه نسبتاً بد نشان دادند، اما به‌طور متوسط کیفیت آب محدوده آبخوان‌های بالادست سد زاینده‌رود در طبقه متوسط قرار دارد. پهنه‌بندی شاخص در محدوده مطالعاتی با استفاده از روش کریجینگ صورت گرفت. کمترین مقدار شاخص که در طبقات نسبتاً بد قرار می‌گیرد در قسمت‌های جنوب و جنوب غرب بوئین-میاندهشت و جنوب و جنوب غرب چهل خانه و نیز در قسمت‌های مرکزی دامنه‌داران و جنوب چادگان قرار دارد. پهنه‌بندی نترات نیز در این محدوده با استفاده روش کریجینگ انجام شد. بیشترین مقدار نترات در قسمت‌های مرکزی دامنه‌داران و نیز جنوب و جنوب غرب بوئین-میاندهشت و جنوب و جنوب غرب چهل خانه قرار دارد. حال اینکه سهم هر یک از موارد چقدر است به‌آسانی و با حجم اطلاعات موجود تقریباً کار مشکلی است ولی قطعاً باید رویکرد عدم آلودگی منابع آب به‌عنوان یک رویکرد ملی مدنظر قرار گیرد.

۵- منابع و مراجع

۱. امیری، ف.، طباطبایی، ط.، ولی پور، س. ۱۳۹۷. ارزیابی و تجزیه و تحلیل کیفیت آب زیرزمینی در محل‌های دفن زباله با استفاده از $IRWQIGC$. مجله علوم خاک و آب. (۱) ۲۲: ۲۱۱-۲۲۶.
۲. فرزادکیا، م.، پور عشق، ی.، جنیدی جعفری، ا.، صادقی، ه.، غلامی، م.، چاوشی، ا. ۱۳۹۵. بررسی کیفیت آب رودخانه آغلاغان شهرستان نیر با شاخص NSFQI و پهنه‌بندی یا سیستم اطلاعات جغرافیایی. (۱): ۷۸-۶۸.
- 3-Abbassnia, A., Radfard, M., Mahvi, A. H., Nabizadeh, R., Yousefi, M., Soleimani, H., & Alimohammadi, M., 2018. Groundwater quality assessment for irrigation purposes based on irrigation water quality index and its zoning with GIS in the villages of Chabahar, Sistan and Baluchistan, Iran. Data in brief 19: 623-631.
- 4-Baalousha H. 2010. Assessment of a groundwater quality monitoring network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from Heretaunga Plains, New Zealand. J. Agricultural. W. Management 97: 240-246.
- 5-Effendi H. 2016. River water quality preliminary rapid assessment using pollution index. Procedia Environ Sci 33: 562-7.
- 6-Magesh, N., S. Krishnakumar, N. Chandrasekar and J. P. Soundranayagam. 2013. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. Arab. J. Geosci 6: 4179-4189.



7-Nazarizadeh, F., Ershadian, B., ZandVakili, K., Nouriemamzade'i, M. 2006. Investigating the variations in groundwater quality in Balarood plain in Khuzestan province originally published as an ASCE 1981 Water Forum Conference Proceedings.





Evaluation of water quality in upstream aquifers of Zayandehrood Dam with IRWQIGC index

Hasan Torabipodeh^{1*}, Babak Shahinejad², Azadeh Arshia³, Masoud Sayedipour⁴, Niaz Vahdatpour⁵

¹Associate Professor, Department of Water Engineering, Lorestan University

²Assistant Professor of Water Engineering, Lorestan University.

³Graduated from Watershed Engineering Department, Lorestan University.

^{4,5}MSc in Water Resources and Environment, Isfahan Regional Water Company.

1 و * : (torabi.ha@lu.ac.ir)

Abstract

Groundwater resources are the largest freshwater reservoirs and it is important to assess the quality of these resources for planning and developing water resources, and protecting and controlling them. In this research, water quality in terms of drinking and agricultural consumption was calculated and IRWQIGC index was calculated in upstream aquifers of Zayandehrud dam. For this purpose, the parameters of EC, TDS, SAR, PH, TH, Cl, CO₃, Ca, Mg, Na, K, HCO₃ and also NO₃ and heavy metals including zinc, copper, lead, cadmium and arsenic were studied from laboratory samples. Agricultural water classification was mainly in the C2-S1 range, and in terms of drinking, it was mostly found in acceptable and good grades. The amount of heavy elements is within the permissible limits. The average amount of nitrate in the fourteenth, domehdaran, boeing-miandasht and chadegan aquifers was calculated to be 43.77, 48.08, 35.53 and 26.36 mg / l, respectively, and the maximum amount of nitrate in these areas, often exceeds the limit Is. The average IRWQIGC indicator was calculated in the aquifers and the zoning of the index and nitrate was done by Kriging method. The lowest index, which is located relatively poorly, is located in the southern and southeast parts of Buenwand Miasthat and the south and southwest of forty houses, as well as in the central parts of the southwest and south of Chadegan.

Keywords: Groundwater, IRWQIGC, Nitrate, Quality, Zayandehrud.

ارزیابی مدل هیبریدی شبکه عصبی مصنوعی - ژنتیک (ANN-GA) جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه

غلامرضا شمس^{۱*}، زهرا نعمت‌الهی^۲

^{۱*} استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی، مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهرکرد
(g.shams@sku.ac.ir)

چکیده

در این پژوهش به ارزیابی مدل هیبریدی شبکه عصبی-ژنتیکی برای شبیه‌سازی جریان رودخانه استفاده شده است. این رویکرد بر روی رودخانه دز در حوضه آبریز کارون بزرگ انجام گردیده است. از داده‌های تاریخی سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ ایستگاه تله زنگ با در نظر گرفتن پارامترهای جریان رودخانه در ماه قبل، بارش، دما و تبخیر در این ماه به‌عنوان ورودی به مدل و جریان خروجی در انتهای ماه را به‌عنوان خروجی مدل استفاده گردید. با توجه به ماهیت محاسبات نرم حدود ۷۵ درصد داده‌ها به آموزش و ۲۵ درصد داده‌ها به‌عنوان آزمون در نظر گرفته شد. با توجه به پارامترهای مختلف چهار الگوی ورودی مختلف تدوین گردید. نتایج نشان داد الگوی چهارم با مشارکت همه پارامترها به‌عنوان ورودی بیشتر دقت در تخمین جریان در انتهای ماه را دارا بود. به‌طوری‌که نتایج آزمون الگوی چهارم برای معیار ارزیابی R^2 ، NRMSE و MAE به ترتیب ۰/۹۱، ۰/۳۶ و ۴۷ مترمکعب به دست آمد. درنهایت الگوی منتخب با شبکه عصبی مصنوعی نیز اجرا گردید. در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی، مدل هیبریدی عصبی - ژنتیکی از دقت قابل قبول تری برخوردار بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، از مدل هیبریدی عصبی-ژنتیکی می‌توان برای سایر متغیرهای خروجی دیگر به‌جای شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد.

واژگان کلیدی: شبیه‌سازی جریان رودخانه، رودخانه دز، حوضه آبریز کارون بزرگ، شبکه عصبی، ANN-GA

۱- مقدمه

با توجه به وضعیت آبخوان‌های کشور که وضعیت بحرانی دارند، تأثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و افزایش جمعیت منابع آب سطحی نیز دچار کمبود شده است. بنابراین مدیریت و توجه به منابع آب سطحی ضروری به نظر می‌رسد. شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان‌های رودخانه‌ها مؤلفه‌ی مهمی در مدیریت منابع آب و همچنین در برنامه‌ریزی و توسعه پایدار نقش اساسی ایجاد می‌کند. پیش‌بینی رودخانه‌ها به دلیل پویایی سامانه‌های هیدرولوژیکی، تصادفی بودن متغیرهای ورودی و خروجی سیستم، وقوع فرآیندهای حدی و غیره معمولاً با پاسخ غیرخطی در سیستم جهت پیش‌بینی همراه است (۹). مدل‌های مختلفی جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان رودخانه وجود دارد که بسته به نوع اطلاعات موردنیاز متفاوت هستند. مدل‌های مفهومی اغلب به دلیل نیاز داشتن به اطلاعات فیزیکی رودخانه‌ها پرهزینه، وقت‌گیر و گاهی همراه با دقت کمتری هستند. اخیراً مدل‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی‌ها دقت مناسبی داشته‌اند که علاوه بر کاهش در وقت و هزینه به اطلاعات کمتری موردنیاز است. با مرور سوابق تحقیقات مشاهده می‌شود روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی و پیش‌بینی جریان رودخانه به‌کاررفته است. ولی پور و همکاران ز مدل‌های سری زمانی ساریما و آریما در پیش‌بینی بلندمدت رواناب در ایالات متحده آمریکا مقایسه نمود که نتایج حاکی از برتری مدل ساریما نسبت به آریما در پیش‌بینی جریان است (۱۰). میلان و همکاران از

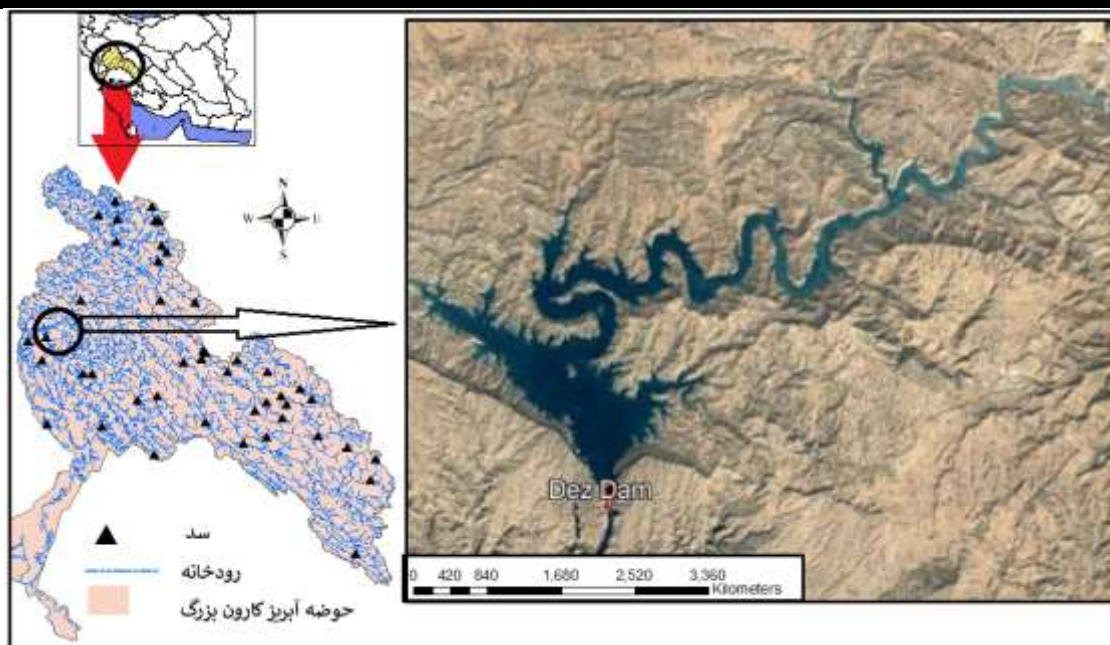
مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل هیدرولوژیکی IHACRES در جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی پویا دقت مناسب‌تری نسبت به شبکه عصبی مصنوعی ایستا و مدل هیدرولوژیکی مذکور دارد (۵). در تحقیق دیگری قزل ایاق و همکاران به مقایسه دو مدل شبکه عصبی و برنامه‌ریزی بیان ژن در جهت شبیه‌سازی رواناب استفاده کردند. رویکرد آن‌ها در بروی رودخانه لیقوان در حوضه آبریز دریاچه ارومیه انجام شد و نتایج آن‌ها نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی دقت مناسب‌تری نسبت به مدل برنامه‌ریزی بیان ژن دارد. از دیگر نتایج آن‌ها می‌توان به حساس بودن مدل شبکه عصبی مصنوعی به داده‌های پرت اشاره کرد (۴). نوریه و همکاران از شبکه بیزین در جهت شبیه‌سازی مقدار جریان خروجی رواناب به سد زاینده‌رود استفاده کردند. نتایج مدل‌سازی شبکه بیزین نشان داد که سناریوی تعریف‌شده برای پیش‌بینی رواناب ورودی به صورت صریح عددی توانایی خوبی در پیش‌بینی داشته به طوری که در الگوی منتخب ضریب همبستگی بین داده‌های مشاهداتی و پیش‌بینی شده ۰/۷۸ بوده است (۲). کمالی و بانژاد از مدل هیبریدی عصبی-ژنتیکی و عصبی-فازی برای برآورد طول نسبی پرش هیدرولیکی در کانال‌های مستطیلی استفاده کردند. ورودی‌های مدل اعداد بی‌بعد رینولدز و فرود بود. در نهایت نتایج معیارهای ارزیابی خطا برتری مدل هیبریدی عصبی-فازی نسبت به مدل شبکه عصبی-فازی بود (۶).

در تحقیق حاضر نیز به بررسی و ارزیابی مدل هیبریدی عصبی-ژنتیکی در جهت شبیه‌سازی رواناب رودخانه پرداخته شده است. از اطلاعات ایستگاه تله زنگ به دلیل وجود آمار و اطلاعات کامل استفاده شده است. داده‌های در نظر گرفته شده برای یک دوه ۱۶ ساله (۱۳۸۱-۱۹۳۵) است. از داده‌های جریان رودخانه، بارندگی، دما و تبخیر ماهانه به عنوان پارامترهای مؤثر بر جریان رودخانه در انتهای هرماه استفاده شده است. در نهایت نتایج شبکه عصبی مصنوعی-ژنتیکی با مدل شبکه عصبی مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مطالعاتی

پژوهش حاضر بر روی رودخانه دز در حوضه آبریز دز انجام شده است. این حوضه در موقعیت جغرافیایی ۴۸ دقیقه و ۱۰ درجه تا ۵۰ درجه و ۲۱ دقیق طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی محدود است (گزارشات شرکت آب منطقه‌ای). مساحت کل حوضه بالغ بر ۲۱۷۲۰ کیلومترمربع و متوسط ارتفاع حوضه حدود ۱۶۰۰ متر است (شکل ۱). مساحت آن در حدود ۱۷۳۶۵ کیلومترمربع است. شیب حوضه در بالادست نسبتاً تند و پوشش گیاهی در ارتفاعات پایین حوضه کم بوده و با افزایش ارتفاع، این پوشش زیاد می‌گردد. رودخانه دز در ابتدا از اتصال دوشاخه اصلی رودخانه تیره و رودخانه سیلاخور شروع و در ادامه مسیر آن در محلی به نام تنگ پنج در اعماق رشته‌کوه زاگرس، از تلاقی دو رودخانه سزار و بختیاری تشکیل می‌شود. این رودخانه از مهم‌ترین شاخه‌های کارون بزرگ بوده و آب‌های مناطق وسیعی از استان لرستان، فردین شهر و دزفول را جمع‌آوری و به رودخانه کارون می‌رساند (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر

بررسی آمار ایستگاه هیدرومتری حاکی از آن است که ۵۷ درصد آورد سالانه رودخانه دز متعلق به حوضه بختیاری و ۳۹ درصد آن مربوط به حوضه سزار است. با این وجود بیش از ۵۰ درصد کل آورد سالانه رودخانه مربوط به ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است. همچنین بیشترین تغییرات آبدهی مربوط به آذرماه و کمترین آن در مهرماه اتفاق می‌افتد. پارامتر دیگری که به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است بارش حوضه است. متوسط بارش سالانه در نواحی شمال و شرق حوضه دز نسبت به سایر مناطق حوضه بیشتر است. در جدول (۱) مقادیر بارش متوسط در طول دوره مورد نظر و بیشتر بارش و کمترین بارش ماهانه را نشان می‌دهد. علاوه بر دو پارامتر گفته شده، پارامترهای دما و تبخیر نیز رودی به مدل شبکه عصبی ژنتیکی در نظر گرفته شد. بدون شک جریان رودخانه تحت تأثیر هر دو پارامتر مذکور قرار دارد و در دمای زیاد و تبخیر بیشتر مقدار جریان رودخانه کمتر می‌شد و ضروری است در تعیین جریان رودخانه در نظر گرفته شود. مشخصات پارامترهای (۱) قابل مشاهدات است.

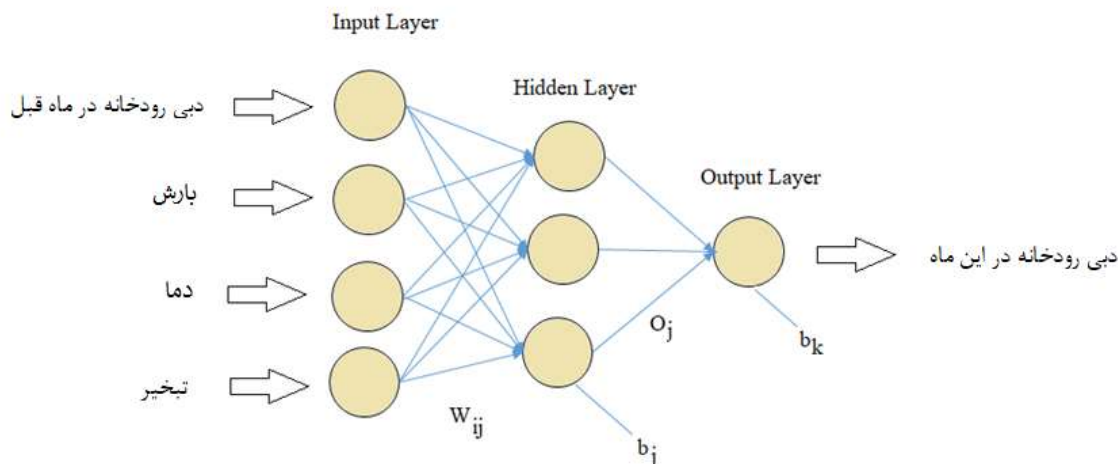
جدول ۱- وضعیت پارامترهای ورودی و خروجی در طول دوره مورد نظر (۱۳۸۱-۱۳۹۵)

ایستگاه اندازه‌گیری	پارامتر	متوسط درازمدت	بیشترین مقدار ماهانه	کمترین مقدار ماهانه
تله زنگ	جریان رودخانه (مترمکعب)	۱۹۶/۵۷	۱۲۸۱	۳۶/۲۶
	بارش (میلیمتر در ماه)	۶۱	۳۸۳	۰
	دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۴/۵	۴۱	۶/۷
	تبخیر	۲۳۲	۵۷۸	۰

۲-۲- مدل هیبریدی شبکه عصبی - الگوریتم ژنتیک (ANN-GA)

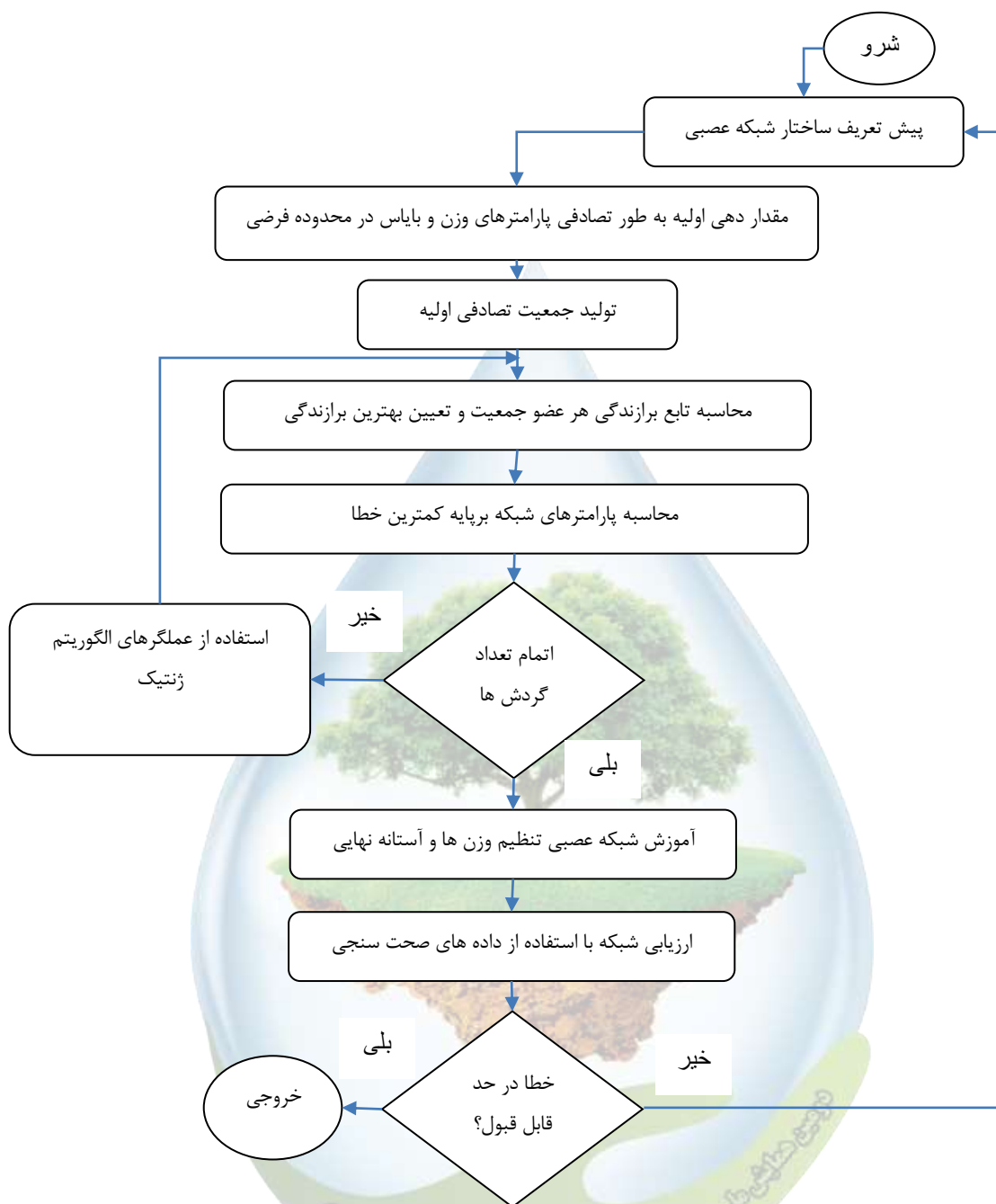
مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، سال‌های زیادی به امید رسیدن به عملکردی مشابه کارایی انسان در زمینه سرعت و شناخت تصویر مورد مطالعه قرار گرفته است (Lippman, 1998). این مدل‌ها یک سیستم پردازش اطلاعات با توزیع موازی هستند که عملکردی مشابه شبکه‌های عصبی زیستی مانند مغز انسان دارند (۷). ساختار عادی یک شبکه عصبی مصنوعی، معمولاً از لایه ورودی، لایه‌های میانی (مخفی) و لایه خروجی تشکیل شده است. لایه ورودی یک لایه انتقال دهنده و وسیله‌ای برای ورودی داده‌ها است. آخرین لایه، لایه خروجی مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله شبکه است و خروجی مدل را معرفی می‌کند (۹). شکل (۲) تصویر شماتیکی از یک شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد که شامل چهار پارامتر ورودی برای تخمین مقدار دبی

جریان خروجی است لایه میانی از حدود ۱۰ نورون تشکیل شده است و با توجه به پارامتر خروجی یک نرون در لایه خروجی در نظر گرفته شده است پارامترهای ورودی شامل دبی رودخانه در ماه قبل، بارش، دما و تبخیر در این ماه است که برای تخمین مقدار دبی جریان رودخانه در این ماه استفاده شده است



شکل ۲- نمونه شبکه عصبی مصنوعی ساخته شده برای پژوهش حاضر

در این مطالعه از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی و تخمین مقدار دبی جریان استفاده شده است. لذا از الگوریتم ژنتیک در جهت آموزش مدل و تخمین مقدار بایاس ها و وزن ها استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک با شبیه سازی فرآیند بقای اصلح در علم ژنتیک اقدام به یافتن مناسب ترین پاسخ یک مسئله می نماید. این الگوریتم، با تولید جمعیت اولیه آغاز می شود و در هر مرحله جمعیت جواب های منفرد را بهبود داده و برای هدایت عملیات جستجو به طرف نقطه بهینه از روش های آماری استفاده می کند (۷). هدف از به کارگیری الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی پارامتر وزن شبکه عصبی مصنوعی است. بنابراین تابع هدف الگوریتم ژنتیک، تابعی از نتایج آماری شبکه عصبی مصنوعی است. تمرکز روش جستجوگر عصبی ژنتیک بر جمعیتی از نقاط به عنوان مجموعه جواب، موجب جلوگیری از افتادن الگوریتم ژنتیک در حداقل های محلی می شود. همچنین به کارگیری شبکه عصبی منجر به کاهش پیچیدگی های زمان بر محاسباتی و بهره گیری از قواعد آماری به جای قواعد صریح می گردد (۸). شکل (۳) ساختار مدل تلفیقی عصبی ژنتیک مورد استفاده در این مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۳- ساختار روش تلفیقی عصبی ژنتیک در پژوهش حاضر

داده‌های ورودی و خروجی به شبکه عصبی در وهله اول می‌بایستد نرمال‌سازی گردد. در این صورت اختلاف بین متغیرها بهتر نشان داده و از سردرگمی شبکه به‌وسیله داده‌های پرت قادر به نرمال‌سازی و دینرمال‌کردن داده‌ها در دامنه‌ای متفاوت جلوگیری می‌شود لازم به ذکر است، ۷۵ درصد داده‌ها جهت آموزش و ۲۵ درصد برای صحت سنجی و آزمون باکار گرفته شد.

۳-۲- معیارهای ارزیابی الگوها

برای ارزیابی الگوها معیارهای ارزیابی برای سنجش الگوها از ضریب تبیین (R^2)، خطای جذر میانگین مربعات نرمال شده (NRMSE)¹ و میانگین خطای مطلق (MAE) استفاده شده است. هرچقدر مقدار ضریب تبیین به عدد یک نزدیکتر باشد، خطای جذر میانگین مربعات و خطای جذر میانگین مربعات نرمال شده و میانگین خطای مطلق به صفر نزدیکتر باشد، کارایی مدل مورد نظر نیز بهتر است.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_p - x_o)^2}{\sum_{i=1}^n (x_o - \bar{x}_o)^2} \quad (1)$$

$$NRMSE = \frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_p - x_o)^2 \right)^{1/2}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_o} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_p - x_o| \quad (3)$$

که در آن x_o و x_p به ترتیب بیانگر مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر واقعی هستند. در ادامه به نتایج حاصل از پژوهش پرداخته شده است.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش به بررسی ارزیابی مدل هیبریدی عصبی-زنتیکی برای شبیه‌سازی جریان رودخانه پرداخته شد. از پارامترهای دبی در ماه قبل، بارش، دما و تبخیر در ماه موجود جهت تعیین مقدار جریان این ماه استفاده گردید. با توجه به تعداد ورودی‌های مختلف الگوهای مختلفی به‌مانند جدول (۲) برای ورودی به مدل مذکور تدوین گردید. سپس نتایج هر یک از الگوها توسط معیارهای ارزیابی بخش (۲-۳) مورد مقایسه قرار گرفت تا الگوی مناسب از بین الگوها انتخاب گردد.

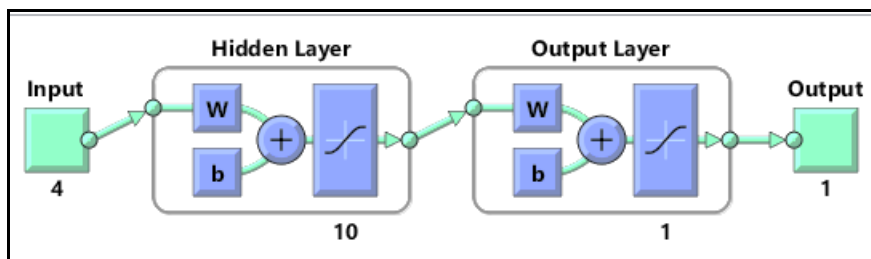
جدول ۲- الگوهای مختلف پیشنهادی جهت ورود به مدل هیبریدی عصبی-زنتیکی

الگو	دبی ماه قبل (متر مکعب)	بارش این ماه (میلیمتر)	دمای این ماه (درجه سانتی گراد)	تبخیر این ماه	تعداد پارامترهای ورودی	پارامتر خروجی
الگوی اول	✓	✓	✓	✗	۳	
الگوی دوم	✓	✗	✓	✓	۳	
الگوی سوم	✗	✓	✓	✓	۳	دبی این ماه
الگوی چهارم	✓	✓	✓	✓	۴	

الگوهای در نظر گرفته شده دارای پارامترهای مختلفی هستند که رابطه مستقیم و یا رابطه عکس با متغیر خروجی دارند. به‌عنوان نمونه با افزایش بارندگی میزان دبی جریان زیاد می‌گردد درحالی‌که با افزایش دما مقدار دبی جریان کاهش می‌یابد. با این وجود نتایج حاصل از هر یک از الگوها در نوع خود جالب است. در نتیجه معماری شبکه عصبی برای هر الگو مشابه هم خواهد شد. از تابع سیگموئید برای لایه میانی و لایه خروجی جهت تابع انتقال استفاده گردید. برای هر لایه تعداد لایه‌های مختلف دولایه، سه لایه و ۴ لایه در نظر گرفته شد. برای هر لایه نیز نرون‌های مختلفی از ۲ تا ۱۵ نرون در نظر گرفته شد که

¹Normalized Root Mean Square Error

در نهایت شبکه عصبی با دولایه و تعداد ۱۰ نرون بیشترین دقت را داشت. شکل (۴)، نمونه شبکه عصبی ساخته شده برای الگوی چهارم است.



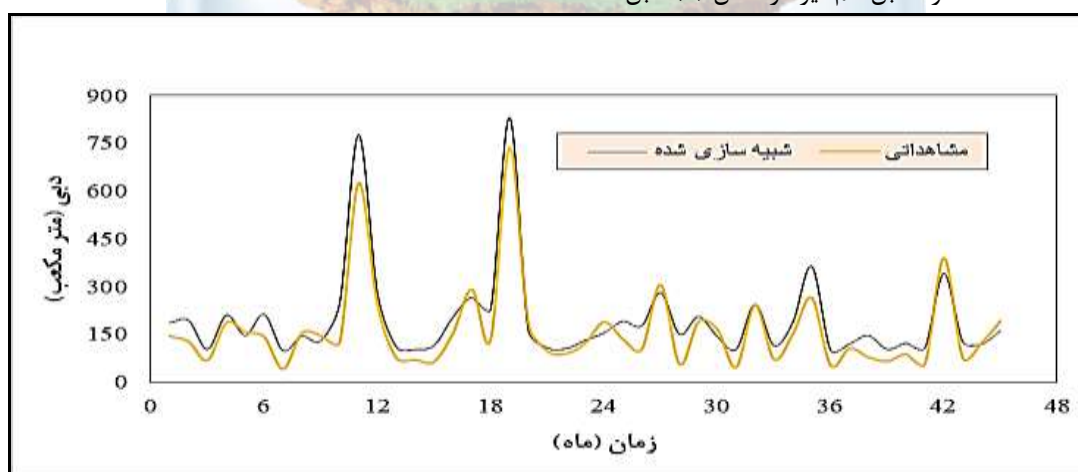
شکل ۴- نمونه معماری شبکه عصبی برای الگوی چهارم تحقیق حاضر

با توجه به فلوجارت شکل (۲) و بر اساس معیار خطای بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی تابع هزینه (بیشترین دقت) در تکرار ۵۰ به کمترین خطا رسید و از آن تکرار به بعد مقدار خطا به مقدار ثابتی رسید. در نهایت نیز بعد از اعمال همه الگوهای ورودی نتایج معیارهای ارزیابی به شرح جدول (۳) است. با توجه به جدول مشاهده می‌گردد که بیشترین دقت را الگوی چهارم با در نظر گرفتن همه متغیرهای ورودی داشته است. به نوعی با دادن مقادیر دبی ماه قبل، بارندگی، دما و تبخیر این ماه قادر به تخمین دبی رودخانه در انتهای ماه رادار است.

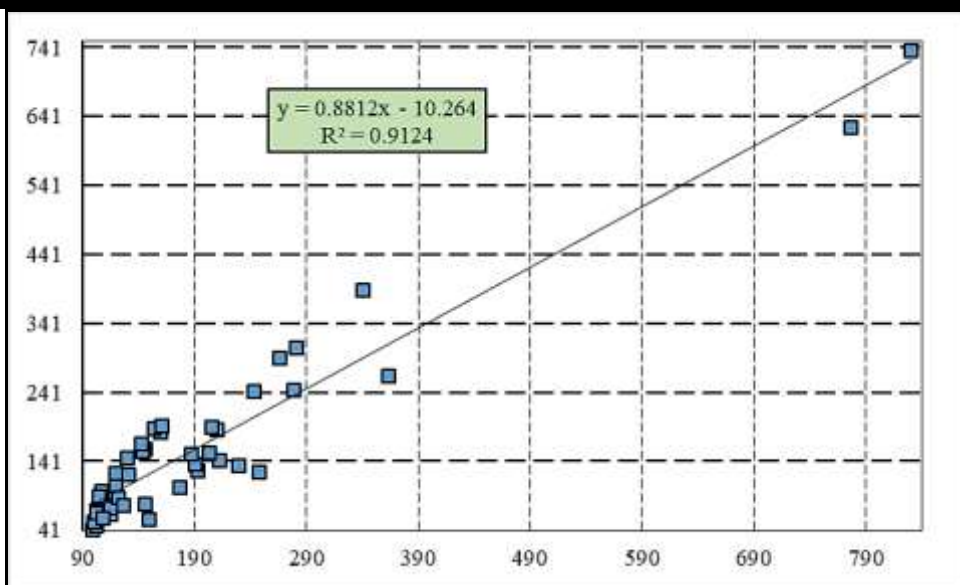
جدول ۳- نتایج معیارهای ارزیابی برای الگوهای مختلف ورودی به مدل عصبی- ژنتیکی

الگوی ورودی	R ²		MAE		NRMSE	
	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
الگوی ۱	۰/۳۹	۰/۷۶	۴۸	۵۹	۰/۴۶	۰/۷۶
الگوی ۲	۰/۴۱	۰/۷۴	۵۸	۶۴	۰/۵۱	۰/۷۴
الگوی ۳	۰/۵۸	۰/۷۳	۸۰	۹۸	۰/۶۳	۰/۷۳
الگوی ۴	۰/۲۸	۰/۹۱	۳۵	۴۷	۰/۳۶	۰/۹۱

در نهایت نیز نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده برای بهترین الگو به مانند شکل (۵) است. مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده در مقابل هم نیز در شکل (۶) قابل مشاهده است.

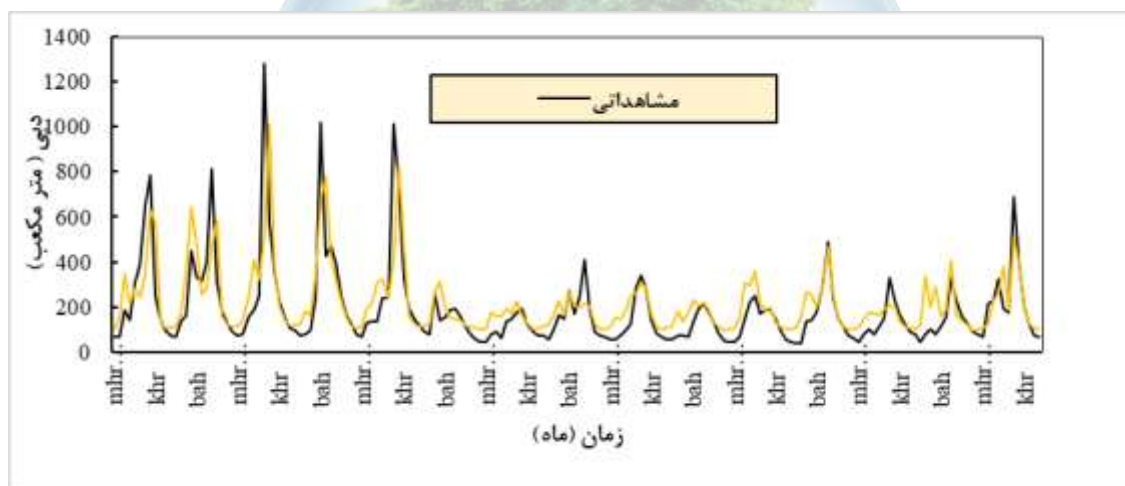


شکل ۵- مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای الگوی منتخب (بخش آزمون)



شکل ۶- مقادیر مطلوب دبی جریان انتهایی همراه برای الگوی چهارم (بخش آزمون)

در نهایت نیز سری زمانی شبیه‌سازی شده برای کل دوره مورد نظر شبیه‌سازی گردید که در شکل (۷) قابل مشاهده است. با ارجاع به شکل مذکور همبستگی نسبتاً قوی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده مشاهده می‌گردد که بیانگر کارکرد مناسب مدل هیبریدی عصبی-ژنتیکی است.



شکل ۷- نمودار سری زمانی شبیه‌سازی شده الگوی چهارم توپط مدل هیبریدی برای دوره مورد نظر (۱۳۸۱-۱۳۹۵)

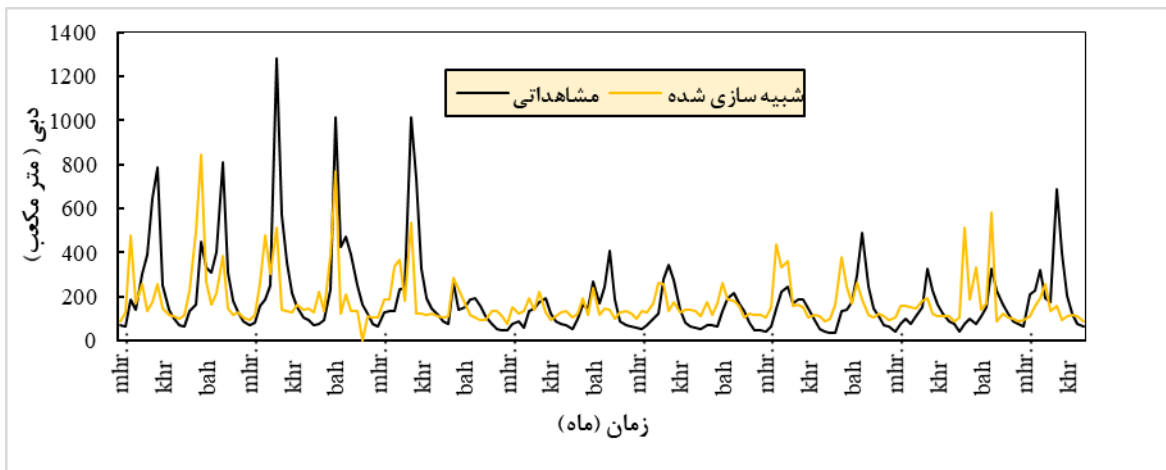
در ادامه نتایج الگوی منتخب توسط مدل شبکه عصبی نیز مورد آموزش و شبیه‌سازی قرار گرفت نتایج آن حاکی از برتری مدل هیبریدی نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی بوده است. معماری شبکه عصبی مصنوعی نیز بر گفته از دولایه میانی و خروجی است در لایه میانی به تعداد ۱۲ نرون و از تابع سیگموئید در جهت تابع انتقال استفاده شد، از تابع همانی نیز برای تابع انتقال لایه خروجی استفاده گردید. آموزش شبکه نیز توسط الگوریتم لونیبرگ آموزش داده شد. جدول (۴)، مقایسه بین دو مدل شبکه عصبی مصنوعی و هیبریدی را نشان می‌دهد که توسط معیارهای ارزیابی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج جدول نشان می‌دهد که مدل هیبریدی با دقت بیشتری و با اطمینان بیشتری قادر به شبیه‌سازی جریان رودخانه است.

جدول ۴- نتایج شبکه عصبی مصنوعی و عصبی-ژنتیک برای الگوی چهارم.

الگوی ورودی	NRMSE	MAE	R ²
-------------	-------	-----	----------------

آموزش	آزمون	آموزش	آزمون	آموزش	آزمون
۰/۳۳	۰/۳۸	۴۲	۵۰	۰/۹۱	۰/۸۹
۰/۲۸	۰/۳۶	۳۵	۴۷	۰/۹۵	۰/۹۱

در نهایت نیز مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای سری زمانی در نظر گرفته شده به شکل (۸) است. به صورت شماتیکی نیز مشخص است مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده همبستگی کمتری نسبت به مدل هیبریدی دارند.



شکل ۸- نمودار سری زمانی شبیه‌سازی شده الگوی چهارم توسط شبکه عصبی مصنوعی برای دوره مورد نظر (۱۳۸۱-۱۳۹۵)

۴- نتیجه‌گیری

شبیه‌سازی جریان رودخانه و پیش‌بینی جریان آینده یکی از مؤثرترین راهکارها برای مدیریت میزان آب موجود و جلوگیری از جریان‌های سیلابی احتمالی است. بنابراین در این پژوهش عملکرد یک مدل هیبریدی برای شبیه‌سازی جریان رودخانه مورد ارزیابی قرار داده شد. مدل هیبریدی در واقع تلفیقی از شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک است که از الگوریتم ژنتیک در جهت آموزش شبکه عصبی و بهینه کردن خطا و به دنبال آن بهینه کردن پارامتر وزن‌ها و بایاس‌ها است. بعد از اعمال الگوها و ارزیابی آن‌ها نتایج نشان داد که الگوی چهارم بیشترین دقت را در تخمین مقدار خروجی جریان در انتهای ماه رادار است. در مقایسه با نتایج شبکه عصبی مصنوعی برتری مدل هیبریدی نسبت به مدل عصبی مصنوعی نشان داد که می‌توان در پشی بینی‌های سری زمانی از مدل هیبریدی به‌جای مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کرد.

۵- منابع مورد استفاده

۱. دباغ تبریزی، س. (۱۳۹۲)، بهینه‌سازی توابع مهندسی در نرم افزار MATLAB " انتشارات صفار، تهران، ۲۱۵ صفحه
۲. روزبهانی، عباس؛ پریسا نوریه و حمید کاردان مقدم، ۱۳۹۷، پیش بینی رواناب ماهانه ورودی به سد های مخزنی با رویکرد احتمالاتی شبکه بیزین، پنجمین همایش و نمایشگاه سد و تونل ایران، تهران، موسسه غیرتجاری هنری نشر فن آریا،
۳. زارع ابیانه، ح. و بیات ورکشی، م. (۱۳۹۲) " توسعه و کاربرد مدل عصبی، فازی و الگوریتم ژنتیک و زمین امار در برآورد توزیع مکانی سطح ایستابی، " نشریه پژوهش های آب و خاک، جلد ۲۰، شماره ۴، صفحه ۱ تا صفحه ۲۵.
۴. قزل ایاق، پویا؛ سامی قوردویی میلان و محمدرضا عینی کریم کندی، ۱۳۹۶، مقایسه ی مدل های شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با برنامه ریزی به بیان ژن (GEP) در پیش- بینی جریان ماهانه ی رودخانه ليقوان، اولین سمینار ملی بررسی چالش ها و راهکارهای مهندسی و مدیریتی دریاچه ارومیه، تبریز، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان،

۵. قوردویی میلان، سامی؛ پویا قزل ایاق و مهرناز ژیان نیا، ۱۳۹۶، مقایسه عملکرد مدل هیدرولوژیکی IHACRES با مدل خود همبسته شبکه عصبی مصنوعی استاتیک و پویا در کالیبراسیون و صحت سنجی جریان ماهانه، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد -انجمن هیدرولوژی ایران،
۶. کمالی، بهناز و حسین بانزاد، ۱۳۹۴، مقایسه عملکرد مدل هیبرید شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک با مدل ترکیبی عصبی فازی دربرآورد طول نسبی پرش هیدرولیکی، دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تبریز، دانشگاه تبریز دانشکده مهندسی عمران
7. Haykin S (1999). Neural networks: A comprehensive foundation. 2nd ed, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 842p.
8. Lippman, R (1987). An introduction to computing with neural nets. IEEE ASSP Mag 4:4-22
9. Nadiri A (2015) Application of artificial intelligence methods in geosciences and hydrology. OMICS Group International, 126p.
10. Valipour M. 2015. Long-term runoff study using SARIMA and ARIMA models in the United States, Meteorological Applications, 22(3): 592-598.



مطالعه و برآورد انرژی خورشیدی در استان گلستان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای

محمد کردجزی^{۱*}، نوربخش داداشی^۲، محمدرضا رحمن‌نیا^۳، عبدالجبار ملاعرازی^۴

^۱ رئیس گروه تحقیقات هواشناسی، ^۲ مدیرکل هواشناسی گلستان، ^۳ معاون توسعه و پیش بینی، ^۴ کارشناس آمار هواشناسی گلستان
Mkordjazi88@gmail.com

چکیده

تامین انرژی پایدار جهت رسیدن به توسعه پایدار از مباحث مهم در توسعه کشورها به شمار می‌آید. بدین منظور کشورهای مختلف اعم از پیشرفته و در حال توسعه سعی دارند با ایجاد تنوع در استفاده از منابع انرژی وابستگی خود را به یک حامل انرژی کاهش دهند. ایران به سبب قرار گرفتن در موقعیت جغرافیایی خاص دارای تنوع زیاد آب و هوایی است و پتانسیل بالایی از نظر انرژی‌های تجدید پذیر دارد. همچنین استان گلستان دارای دشتهای وسیعی می‌باشد و میزان ساعت آفتابی سالانه در مناطق شمالی استان گلستان در حدود ۲۶۰۰ تا ۲۸۰۰ ساعت و میزان تابش خورشیدی کل سالانه این مناطق در محدوده ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد. بنابراین بررسی و پتانسیل سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در استان گلستان بسیار مهم و ضروری می‌باشد. با توجه به کمبود تعداد ایستگاه‌های تابش سنجی در امروزه در دنیا از روش‌های مختلفی برای برآورد تابش خورشیدی استفاده می‌شود که عبارتند از روشهای تجربی و استفاده از مدل‌های آماری و مدلهای دینامیکی می‌باشد. همچنین معیارهای مهم دیگری نیز وجود دارند که دسترسی به آنها از طریق علم سنجش از دور یا هواشناسی میسر می‌باشد. به عنوان مثال، مناطق انتخابی جهت مزارع خورشیدی بایستی دارای کمترین تعداد روز ابرناکی و همچنین گرد و غبار باشند که تشخیص این موضوع از طریق داده‌های هواشناسی و تلفیق آن با تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر است. در این مقاله از داده‌های تابش ایستگاه‌های هواشناسی استان و داده‌های ماهواره هواشناسی جئوس ۵ (GEOS5) سازمان فضایی ناسا برای بررسی انرژی تابش خورشیدی در نقاط مختلف استان استفاده شده است. بررسی‌های آماری نشان دهنده دقت بالای خروجی داده‌های ماهواره‌ای در تخمین تابش ایستگاه‌های استان می‌باشد. بنابراین می‌توان با استفاده از این داده‌ها و تصحیح خطای آن با استفاده از داده‌های واقعی، میزان انرژی خورشیدی قابل حصول خورشیدی در کلیه نقاط استان گلستان را برآورد نمود.

واژگان کلیدی: تابش، انرژی خورشیدی، سنجش از دور، استان گلستان

۱- مقدمه

با توجه به نیاز روز افزون کشور به منابع انرژی و کاهش منابع انرژی فسیلی، ضرورت سالم نگه داشتن محیط زیست، کاهش آلودگی هوا، محدودیت‌های برق رسانی و تأمین سوخت برای نقاط و روستاهای دورافتاده و... استفاده از انرژی‌های نو مانند: انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی هیدروترمال، انرژی آب و غیره می‌تواند جایگاه ویژه‌ای داشته باشد. تشعشعات خورشید دارای انرژی بسیار بالایی می‌باشد ولی تنها بخش کوچکی از آن توسط زمین دریافت می‌شود که همین مقدار انرژی چندین برابر مصرف جهانی است. کشور ایران با میانگین ۳۰۰ روز آفتابی در سال در بیش از دو سوم مساحت کشور و متوسط تابش ۴/۵ تا ۵/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی می‌باشد.

همین مسئله توجه محققان برای بهره برداری از این حجم بالای انرژی به منظور برطرف کردن نیاز روز افزون کشور را به خود معطوف کرده است. کاربردهای عمده انرژی خورشیدی به دو دسته سیستمهای گرما خورشیدی و سیستمهای فتوولتائیک تقسیم می شود. سیستمهای گرما خورشیدی انرژی تابشی خورشیدی را به انرژی گرمایی و سیستمهای فتوولتائیک انرژی تابشی خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. در ایران نیز اگرچه کم و بیش در برخی استانهای کشور استفاده از انرژی خورشیدی برای تولید برق مورد توجه قرار گرفته است، اما هنوز تا رسیدن به نقطه مطلوب فاصله زیادی وجود دارد. در این بین در استان گلستان نیز به ویژه در مناطق شمال و شرق آن از ظرفیت بالایی برای تولید برق از تابش خورشیدی برخوردار است، ولی هنوز اقدام قابل توجهی در جهت بهره برداری از انرژی خورشیدی در این استان انجام نشده است. در این خصوص شناسایی نواحی مستعد و مناسب که در آن انرژی خورشیدی در حدی باشد که بتوان از آن بهره برداری کرد از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود.

تخمین اشتباه میزان تابش دریافتی بزرگترین ریسک در یک نیروگاه فتوولتائیک است. با توجه به اینکه اطلاعات صحیح و دقیقی از میزان انرژی خورشیدی در برخی نقاط در دسترس نیست و از طرفی میزانی خطا در دستگاههای اندازه گیری نیز وجود دارد، که مهمترین علت آن عدم کالیبراسیون دستگاهها و وجود گردوغبار در آنها است بنابراین می توان گفت مدل های تجربی که بر پایه برآورد انرژی خورشیدی طراحی شده اند، در نبود دستگاههای اندازه گیری می تواند مفید باشند (معینی و همکاران).

کنیزارین (۲۰۱۲) در پژوهش خود افزایش مستمر در سطح انتشار گازهای گلخانه ای را دلیل جهت گیری به سمت استفاده از منابع مختلف انرژی های تجدید پذیر می داند. هنمن (۲۰۱۲) در مقاله خود تحت عنوان ساخت فتوولتائیک یکپارچه جهت تولید انرژی خورشیدی به معرفی روش های کارآمدتر جهت بهره برداری از انرژی خورشید توسط سلول های فتوولتائیک پرداخته است. میلر و لامبی (۲۰۱۲) به معرفی روش های بهره برداری از انرژی خورشیدی در نیروگاه های خورشیدی در کشور هند پرداخته اند. فنگ (۲۰۱۲) در مقاله خود به اهمیت استفاده از انرژی خورشیدی برای خانواده های روستایی در فلات چینگ های و تبت برای انطباق با تغییرات آب و هوایی اشاره کرده است. حیدری و همکاران (۱۳۸۸) به مکان یابی ساخت نیروگاه خورشیدی در ایران پرداخته و استان کرمان را مناسبترین مکان تشخیص دادند. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خود تحت عنوان پتانسیل سنجی احداث نیروگاههای خورشیدی؛ شهرهای بهبهان، رامهرمز و باغ ملک در استان خوزستان را مستعد احداث این تاسیسات یافتند.

خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیق خود تحت عنوان مکان یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی استان اصفهان را جهت تاسیس نیروگاه خورشیدی مناسب دانسته اند.

با توجه به اینکه بسیاری از کشورها دارای منابع انرژی خورشیدی (حتی بسیار کمتر از ایران) از جمله آلمان، فرانسه، آمریکا، اسپانیا، ژاپن و حتی بسیاری از کشورهای اسکاندیناوی استفاده از انرژی خورشیدی و تکنولوژی های خورشیدی را به مرزهای اقتصادی رسانده اند و استفاده از نیروگاه های خورشیدی مثل نیروگاه های خورشیدی سهموی خطی^۱، نیروگاه های CRS (دریافت کننده مرکزی) یا سیستم های فتوولتائیک را روز به روز گسترش می دهند، بدون شک در ایران نیز با شناسایی مناطق مستعد و مناسب برای احداث چنین نیروگاه هایی می توان در جهت استفاده از تکنولوژی های خورشیدی، در نتیجه آن تامین انرژی ارزان و با ثبات و همچنین کاهش مشکل روز افزون آلودگی هوا گام مهمی برداشت.

۱-۱- مفاهیم و یكاهای تابش

¹ Parabolic Trough Solar Power Plant

مقدار انرژی خورشیدی رسیده به واحد سطح در واحد زمان، شدت تابش خورشیدی نامیده می‌شود، که در سیستم بین-المللی، واحد آن وات بر مترمربع می‌باشد. آگاهی از میزان شدت تابش خورشیدی در هر منطقه، به منظور بررسی برآورد و میزان کارایی انواع سیستم‌های خورشیدی، ضروری است (سلیمان ریزی و همکاران).
شدت تابش خورشید (وات بر متر مربع $W.m^{-2}$) و روشنایی خورشید (لومن بر متر مربع $lm.m^{-2}$ یا لوکس lx) اشاره به انرژی ساطع شده از خورشید دارند. تابش انرژی مربوط به کلیه طیف‌های انرژی خورشید است، در حالی که روشنایی انرژی مربوط به بخش مرئی طیف خورشید (۰/۳۹ تا ۰/۷۸ میکرومتر) را شامل می‌شود

۱-۲- تابش جهانی (Global Radiation) یا تابش کل خورشید (TSR: Total Solar Radiation)

تابش رسیده به یک سطح افقی در محدوده ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر را تابش جهانی می‌گویند. این تابش برابر مجموع تابش مستقیم خورشیدی (DSR: Direct Sky Radiation) و تابش پراکنده (DSR: Diffuse Sky Radiation) می‌باشد که از زاویه فضایی 2π به واحد سطح افقی می‌رسد که جهت مطالعات انرژی خورشیدی از تابش کل خورشیدی استفاده می‌شود و در کلیه موارد عنوان شده در این مقاله منظور از تابش خورشیدی، تابش کل خورشیدی یا تابش جهانی می‌باشد.

۱-۳- اندازه‌گیری انرژی تابشی خورشید

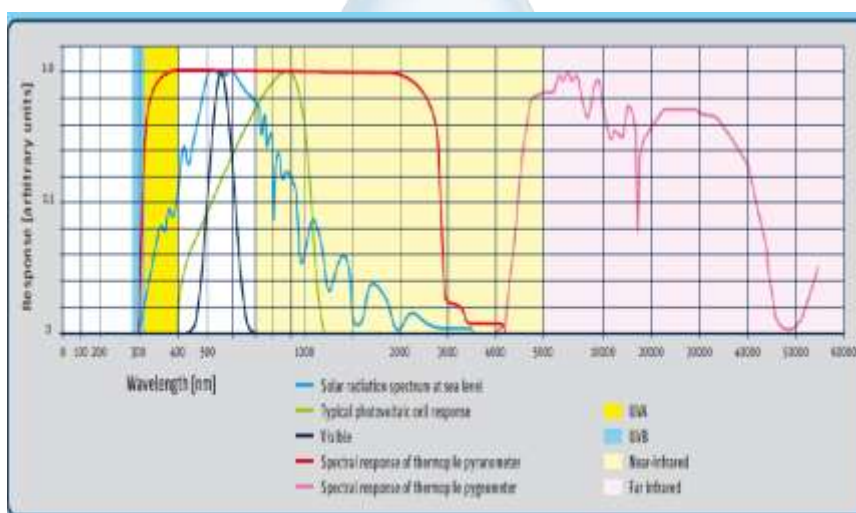
اندازه‌گیری انرژی تابشی خورشید ابتدا با نصب دستگاه اکتینوگراف در برخی از ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و هواشناسی کشاورزی شروع شد و به مرور با تجهیز تعدادی از ایستگاه‌های سینوپتیک کشور به دستگاه‌های اندازه‌گیری تابش جهانی (TSR: Total Solar Radiation)، تابش پراکنده آسمان و بازتابش جهانی (RSR: Reflect Solar Radiation) کار پایش انرژی تابشی خورشید در این ایستگاه‌ها ادامه یافت. در حال حاضر در برخی از ایستگاه‌ها این مقادیر ثبت و از میان آنها تنها مقدار تابش جهانی (TSR) کد شده و گزارش می‌شود و در نتیجه تنها همین کمیت در مرکز داده سازمان هواشناسی ثبت می‌گردد.

۱-۴- پیرانومتر (Pyranometer)

برای اندازه‌گیری تابش جهانی از پیرانومتر استفاده می‌شود که در واقع یک آشکارساز گرمایی است گنبد شیشه‌ای پیرانومتر باعث می‌شود که نسبت به تابش‌های موج بلند رسیده به آن مات شود (شکل ۱). از این دستگاه برای اندازه‌گیری تابش طول موج کوتاه استفاده شده، بسته به نحوه نصب سنسور، متغیرهای مختلفی را می‌توان با آن اندازه‌گیری نمود. جنس گنبد شیشه‌ای به گونه‌ای است که محدوده کاری دستگاه بین ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر باشد. کاربرد دیگر گنبد شیشه‌ای جلوگیری از تأثیر عوامل محیطی مانند باد و باران روی سنسور دستگاه می‌باشد. گنبد شیشه‌ای اجازه عبور یکسان پرتوهای مستقیم خورشید را در تمام موقعیت‌های آن کره در آسمان فراهم می‌کند. دستگاه پیرانومتر تغییرات دمایی ایجاد شده بر اثر دریافت یا از دست دادن گرما به سبب جذب یا انتشار تابش توسط یک سطح سیاه را اندازه‌گیری می‌کند سنسور این دستگاه یک صفحه سیاه رنگ با دو گنبد شیشه‌ای (در دستگاه‌های جدید) یا صفحات سیاه و سفید با یک گنبد شیشه‌ای در دستگاه‌های قدیمی می‌باشد. که اختلاف دمای بین صفحه جذب کننده سیاه با بدنه دستگاه یا اختلاف دمای بین صفحات سیاه و سفید با استفاده از ترموپیل به اختلاف ولتاژ تبدیل شده و از طریق کابل ارتباطی به دستگاه نشانگر منتقل می‌شود.



شکل ۱: دستگاه پیرانومتر جدید همراه با طرح مدار داخلی آن



شکل ۲: نمودار طیف تابشی خورشید در محدوده مرئی طیف تابش خورشیدی، تابش فرابنفش A و B، فرورسرخ دور و نزدیک و محدوده عملکرد کار دستگاه پیرانومتر و پیرژنومتر و همچنین سلول‌های خورشیدی

ویگنولا و همکاران (۲۰۰۶) برای تهیه اطلس تابش خورشیدی شمال غرب اقیانوس آرام از تصاویر ماهواره GEOS استفاده کردند. در این مطالعه نقشه‌های تابش مستقیم و کل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شدند و نقشه تابش پراکنده نیز با استفاده از نقشه‌های تابش کل و مستقیم محاسبه گردید. کوهگلیانی و همکاران (۲۰۰۷) جهت تهیه اطلس تابش خورشیدی ایتالیا از مدل SOLARMET استفاده کردند. این مدل یک مدل فیزیکی است که گذر تابش از جو زمین را با استفاده از ورودی‌های مختلف مثل ازن، میزان بخار آب موجود در جو، مقدار و نوع آئروسول‌ها و غیره شبیه‌سازی می‌کند. طی پروژه پتانسیل‌سنجی انرژی خورشیدی و بادی در کشور برزیل از داده‌های اندازه‌گیری شده تابش، تصاویر ماهواره‌ای و سیستم‌های GIS جهت تهیه نقشه‌های تابش در این کشور استفاده شد (مارتینز و همکاران، ۲۰۰۷). دیاباته و همکاران (۲۰۰۴) از داده‌های اندازه‌گیری شده در ۶۲ ایستگاه در سرتاسر قاره آفریقا برای تهیه اطلس تابش این قاره استفاده کردند. در این مطالعه با استفاده از تحلیل خوشه‌ای کل آفریقا به ۲۲ منطقه همگن تقسیم شد.

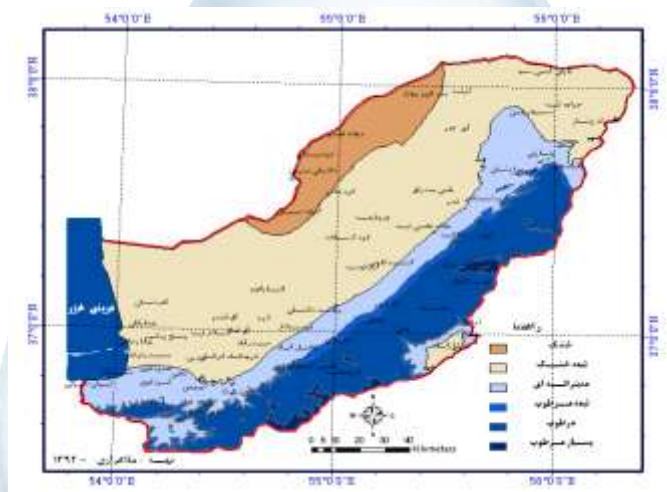
لادوس-آربولداس و همکاران (۱۹۹۵) از داده‌های اندازه‌گیری شده به وسیله تابش‌سنج‌های سیلیکونی برای تهیه اطلس تابش خورشیدی اسپانیا استفاده کردند. قیمت این نوع تابش‌سنج‌ها از قیمت تابش‌سنج‌های دارای ترموپیل ارزان‌تر است و امکان استفاده از تعداد زیادی از آن‌ها در شبکه تاش‌سنجی وجود دارد. در این مطالعه ابتدا براساس داده‌های اندازه‌گیری شده در مقیاس ده دقیقه‌ای یک ضریب تصحیح برای داده‌های پیرانومتر نوع سیلیکونی توسعه یافت و از این ضریب برای تصحیح

داده‌ها استفاده شد. در طی پروژه اطلس تابش خورشیدی اروپا (ESRA) پیچ و همکاران (۲۰۰۱) مدل‌های زیادی را برای محاسبه تابش خورشیدی توسعه دادند.

۱-۵- اقلیم استان گلستان:

به طور کلی آب و هوای استان گلستان تحت تاثیر دو عامل محلی و بیرونی می باشد. که از عوامل محلی می توان از عرض جغرافیایی، وضعیت توپوگرافی، منابع آب سطحی، پوشش گیاهی و غیره و از عوامل بیرونی پرفشار سبیری، پرفشارهای مهاجر، کم فشار مدیترانه‌ای، کم فشار سودانی، کم فشار شمال اروپا، کم فشار حرارتی دشت کویر، کم فشار حرارتی صحرائی ترکمنستان و غیره نام برد. وجود سامانه‌های متعدد موجب پیچیدگی پیش بینی وضع هوا در این استان می‌گردد. هر کدام از سامانه‌های مذکور موجب بروز آب و هوای خاص خود بر روی این استان می‌گردند.

نتایج حاصل از پهنه بندی اقلیمی به روش دمارتن استان گلستان را به ۶ اقلیم متفاوت تقسیم بندی کرده است. که این روش بطور نسبی توانسته است مناطق استان را به خوبی از یکدیگر تفکیک کند. بطوری که نواحی شمالی آن آب و هوای نیمه خشک و تا حدودی خشک، نواحی مرکزی و غربی از آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای و نواحی جنوبی آن از آب و هوای مرطوب و نیمه مرطوب و کوهستانی برخوردار است.



شکل ۳: تقسیم بندی اقلیمی استان گلستان به روش دوما رتن

۲-۱- داده‌ها و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده شامل داده‌های تابش، ساعت آفتابی، دما، ابرناکی و سایر داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک، اقلیم شناسی و ایستگاه‌های خودکار هواشناسی استان گلستان در مقیاس‌های زمانی مختلف می‌باشند. همچنین از داده‌های تابش کل ماهواره جنوس ۵ (GEOS5) مربوط به سازمان فضایی ناسا استفاده شده است.

۱-۲- برآورد و بازسازی داده‌ها

با توجه به کمبود تعداد ایستگاه‌های سنجش تابش در دنیا از روش‌های مختلفی برای برآورد تابش استفاده می‌شود که عبارت از روشهای تجربی و استفاده از مدل‌های آماری رگرسیونی، داده‌های سنجش از دور و استفاده از مدل‌های عددی هوا و اقلیم می‌باشد. برخلاف روش‌های کنترل کیفیت که بسیار محدود بوده و بیشتر آن‌ها نیز دارای پایه و اساس تجربی هستند، در مورد بازسازی داده‌ها، مدل‌ها و روش‌های مختلفی پیشنهاد شده که بسیاری از این مدل‌ها نیز در ایران مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در این مدل‌ها ابتدا رابطه رگرسیونی بین تابش خورشید و سایر پارامترهای هواشناسی مثل ساعت آفتابی و دما برقرار

و در نهایت از رابطه فوق استفاده کرده و برای روزهایی که داده‌های تابش موجود نباشند از سایر پارامترها استفاده کرده و مقدار تابش را برآورد می‌کنند.

آنگستروم (۱۹۲۴) اولین کسی بود که اقدام به برآورد تابش خورشید بر اساس سایر پارامترهای هواشناسی نمود. مدل بسیار ساده آنگستروم که بر اساس رابطه بین نسبت $\frac{H}{N}$ (نسبت ساعات آفتابی واقعی به ساعات آفتابی حداکثر) و K_T (نسبت تابش دریافتی روی سطح زمین به تابش بیرون جو) می‌باشد، بعداً توسط محققین بسیار زیادی جهت برآورد تابش خورشید بر اساس داده‌های ساعت آفتابی استفاده شد.

خلیلی و رضایی صدر (۱۳۷۶) از داده‌های متوسط ماهانه تابش ۱۸ ایستگاه تابش سنجی ایران برای ارزیابی دو مدل آنگستروم و یک مدل نمایی (که بر اساس رابطه بین رطوبت نسبی و ساعات آفتابی با گذرای اتمسفر استوار بود) استفاده کردند. در اکثر ایستگاه‌ها یا نتایج مدل آنگستروم بهتر بود یا دو مدل دارای عملکرد یکسان بودند. کمالی و مرادی (۱۳۸۳) روش‌های آنگستروم (۱۹۲۴)، بریستو و کمپبل (۱۹۸۴)، هارگریوز و همکاران (۱۹۸۵) و روش ردی (۱۹۸۷) را با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های تابش سنجی ایران که بر اساس تابش فراجو و ساعات آفتابی کنترل کیفیت شده بودند، مورد ارزیابی قرار دادند و استفاده از روش آنگستروم را برای برآورد تابش خورشید در ایران پیشنهاد کردند.

برای درونیابی داده‌ها و تهیه نقشه‌های مختلف در محیط GIS روش‌های مختلفی از جمله روش معکوس فاصله^۱، روش کریجینگ^۲ و روش اسپلاین‌ها^۳ وجود دارد. روش معکوس فاصله در مواقعی که فاصله ایستگاه‌ها کم باشد و تراکم ایستگاه‌ها مناسب باشد برای درونیابی داده‌ها مفید است. در مورد روش کریجینگ نیز برای مواقعی که تغییر پارامتر مورد نظر از نظر مکانی زیاد باشد روش مناسبی است و البته در این روش به داده‌های نسبتاً زیادی برای تهیه و ریوگرام‌ها نیاز است. روش اسپلاین از جمله روش‌های ریاضی و نه آماری (هر دو روش قبل جزء روش‌های آماری محسوب می‌شوند) است که از برازش یک رویه^۴ بر داده‌های موجود برای درونیابی استفاده می‌کند. این روش برای مواقعی که تغییر پارامتر مورد نظر شدید نباشد مفید است.

در این مطالعه از داده‌های خروجی ماهواره جئوس ۵ برای بازسازی و برآورد داده‌های تابش در نقاط فاقد ایستگاه استفاده شده است. به منظور بررسی دقت داده‌های ماهواره‌ای، این داده‌ها در نقاط دارای داده ثبت شده به صورت ماهانه با داده‌های ایستگاهی مقایسه شدند و میزان دقت آن با آزمون آماری t-student مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین ضریب همبستگی بین میانگین ماهانه داده‌های واقعی و داده‌های ماهواره‌ای محاسبه شد و آزمون معنی داری ضریب همبستگی انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تحلیل پارامترهای هواشناسی

میانگین تعداد روزهای بارندگی سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان ۸۷/۳ روز می‌باشد که بیشترین تعداد روزهای بارندگی سالانه مربوط به علی آباد به میزان ۱۰۸/۳ روز و کمترین تعداد روزهای بارندگی سالانه مربوط به اینچه برون به میزان ۵۶ روز می‌باشد.

میانگین سالانه دمای ایستگاه‌های استان گلستان ۱۶/۵ درجه سانتیگراد می‌باشد که از ۷/۵ درجه سانتیگراد در نواحی کوهستانی مرتفع جنوب غرب استان تا نزدیک ۱۹ درجه در مناطقی از گنبد و اینچه برون در تغییر است. گرمترین ماه سال

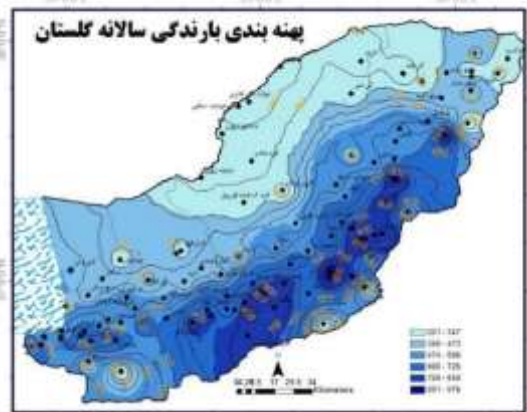
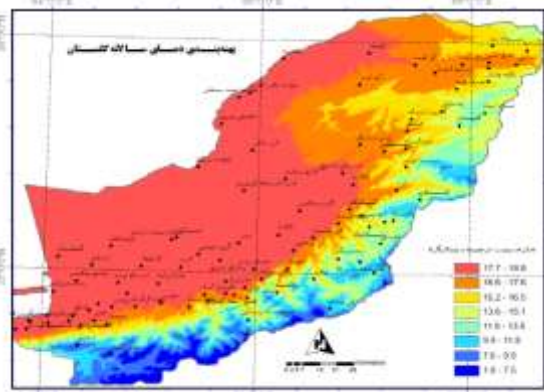
1 Inverse Distance Weighted

2 kriging

3 Splines

4 Surface

مرداد ماه با متوسط دمای ۲۶/۷ درجه سانتی گراد و سردترین ماه سال استان بهمن ماه با متوسط دمای ۶/۳ درجه سانتی گراد می باشد. بیشترین و کمترین دمای ثبت شده در استان ۴۹/۳ درجه سانتیگراد در گنبد و ۱۴/۲- درجه سانتیگراد در مراوه تپه می باشد. که این اعداد بیانگر نوسان و تنوع اقلیمی زیاد استان گلستان می باشد.



شکل ۴: پهنه بندی بارش استان گلستان به روش (IDW) شکل ۵: پهنه بندی دمای استان گلستان (IDW)

۲-۳- تحلیل ساعت آفتابی و تابش

جدول ۱: میانگین ساعت آفتابی ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان در دوره آماری

نام ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	ساعت آفتابی سالانه
هاشم آباد گرگان	163.6	194.4	252.2	231.8	253.3	225.1	204.0	167.4	136.3	140.4	136.7	132.4	2237.6
گنبد کاوس	174.2	206.3	283.7	264.6	276.6	256.3	221.1	174.0	139.8	148.8	148.5	145.7	2439.6
کالاه	167.3	209.5	281.4	272.7	297.5	275.1	232.2	182.6	146.9	157.3	144.4	148.2	2515.0
مراوه تپه	197.5	239.8	311.3	303.9	320.9	294.2	247.1	184.5	147.3	153.4	157.5	162.5	2719.9
علی آباد	142.9	171.1	235.2	211.3	262.8	232.8	186.3	153.1	130.1	147.6	122.8	130.5	2126.4
بندر ترکمن	163.2	206.7	266.5	248.6	282.0	256.5	210.0	169.7	142.6	158.6	128.5	132.1	2365.0
بندر گز	161.0	207.8	247.5	221.6	282.1	241.6	191.8	153.6	136.2	151.0	118.5	118.3	2231.0
اینچه برون	202.1	241.7	314.3	307.1	323.0	295.7	229.7	162.7	148.2	147.5	138.0	145.9	2655.8
مینودشت	172.5	216.8	275.5	277.6	303.8	278.8	203.5	159.4	133.8	143.6	120.6	129.3	2415.2
فرودگاه	159.1	207.8	259.9	245.5	281.4	257.9	208.0	168.1	140.7	156.2	131.4	135.5	2351.5

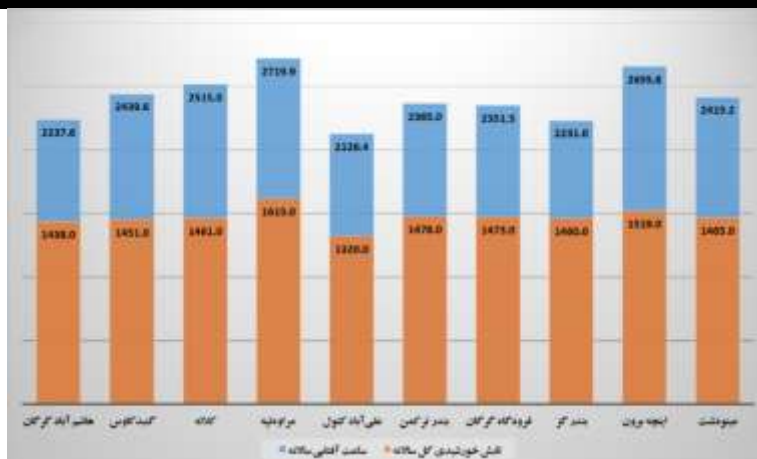
میانگین ساعت آفتابی سالانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان ۲۴۰۶ ساعت می‌باشد که بیشترین ساعت آفتابی سالانه مربوط به مراوه تپه به میزان ۲۷۲۰ ساعت و کمترین ساعت آفتابی سالانه مربوط به علی آباد به میزان ۲۱۲۶ ساعت می‌باشد. میانگین تعداد روزهای با بیش از ۱۰ ساعت آفتابی در روز در استان ۹۲،۴ روز می‌باشد و بیشترین آن مربوط به مراوه و اینچه برون به ترتیب برابر با ۱۲۲ و ۱۱۷ روز در سال می‌باشد.

جدول ۲: میانگین سالانه تعداد روز با ساعت آفتابی بیش از ۱۰ ساعت

ردیف	نام ایستگاه	میانگین تعداد روز
۱	مراوه تپه	۱۲۲
۲	اینچه برون	۱۱۷
۳	کلاله	۱۰۱
۴	مینودشت	۹۷
۵	گنبد کاوس	۹۱
۶	فرودگاه گرگان	۸۶
۷	بندر ترکمن	۸۳
۸	بندر گز	۷۷
۹	هاشم آباد گرگان	۷۷
۱۰	علی آباد	۷۳

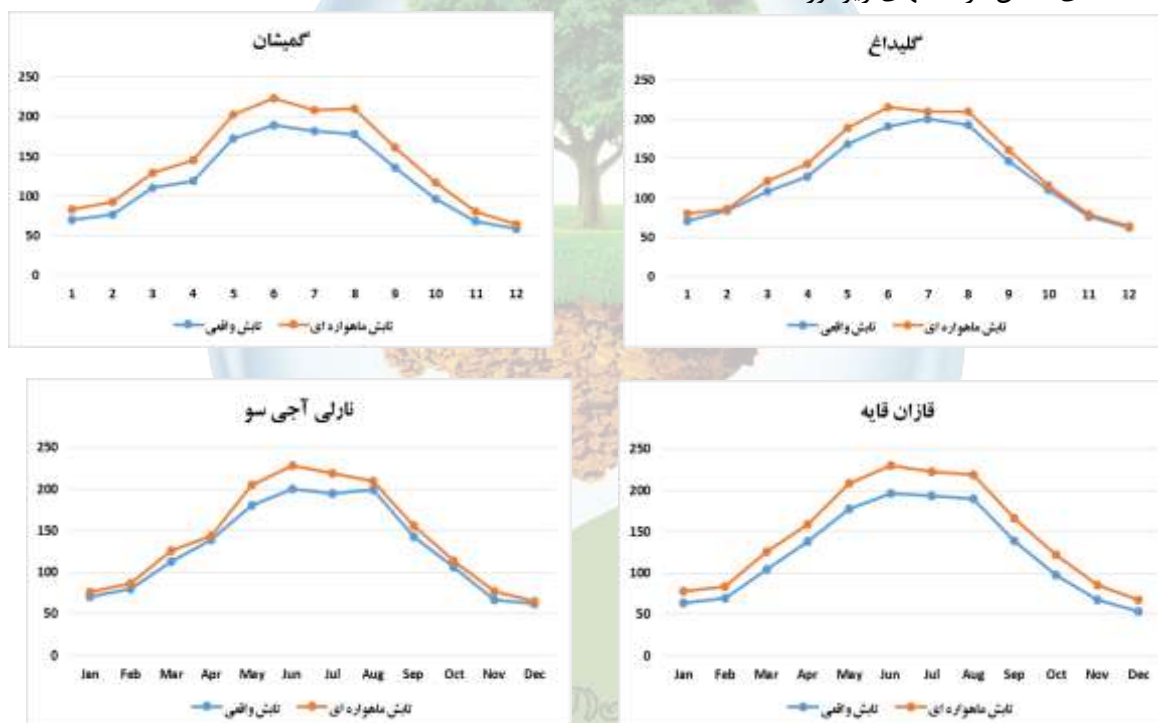
جدول ۳: میزان انرژی تابش خورشیدی کل دریافتی ماهانه و سالانه ایستگاه‌های استان گلستان (Kw/m^2)

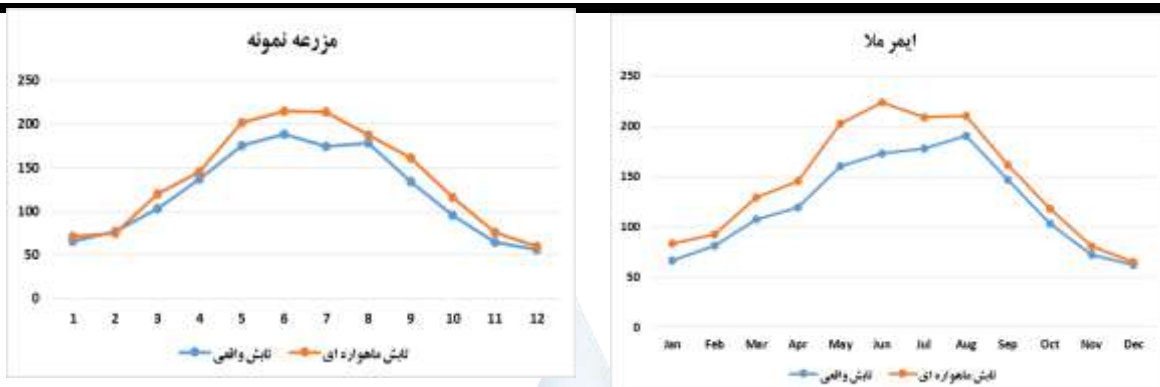
نام ایستگاه هواشناسی	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann
ایمر ملساری	66	81	107	119	160	173	178	191	146	103	72	62	1458
بندرگز	66	59	98	127	186	192	184	152	149	114	73	59	1460
قازان قایه	64	70	104	138	178	196	194	190	140	98	68	54	1494
گلیداغ	70	84	109	128	169	191	201	193	147	110	77	63	1541
گمیشان	70	77	111	119	173	189	182	178	136	96	68	59	1458
فرودگاه گرگان	63	78	100	146	167	186	172	197	134	104	70	56	1473
اینچه برون	73	79	109	123	190	188	193	180	140	110	72	61	1519
فرودگاه کلاله	59	75	96	127	172	183	180	191	147	104	76	52	1461
مراوه تپه	68	74	110	134	199	213	214	188	161	116	80	57	1615
مزرعه نمونه	65	77	103	137	175	189	175	178	134	96	65	57	1450
مینودشت	60	55	98	121	179	191	202	167	154	109	76	52	1465
نارلی آچی سو	71	80	113	125	180	200	194	199	143	107	66	62	1541
بندر ترکمن	64	58	101	127	185	196	196	162	148	114	69	58	1478
میانگین	66	73	105	129	178	191	190	182	145	106	72	58	1493



شکل ۶: نمودار ساعت آفتابی سالانه و تابش خورشیدی کل سالانه دریافتی (Kw/m²)

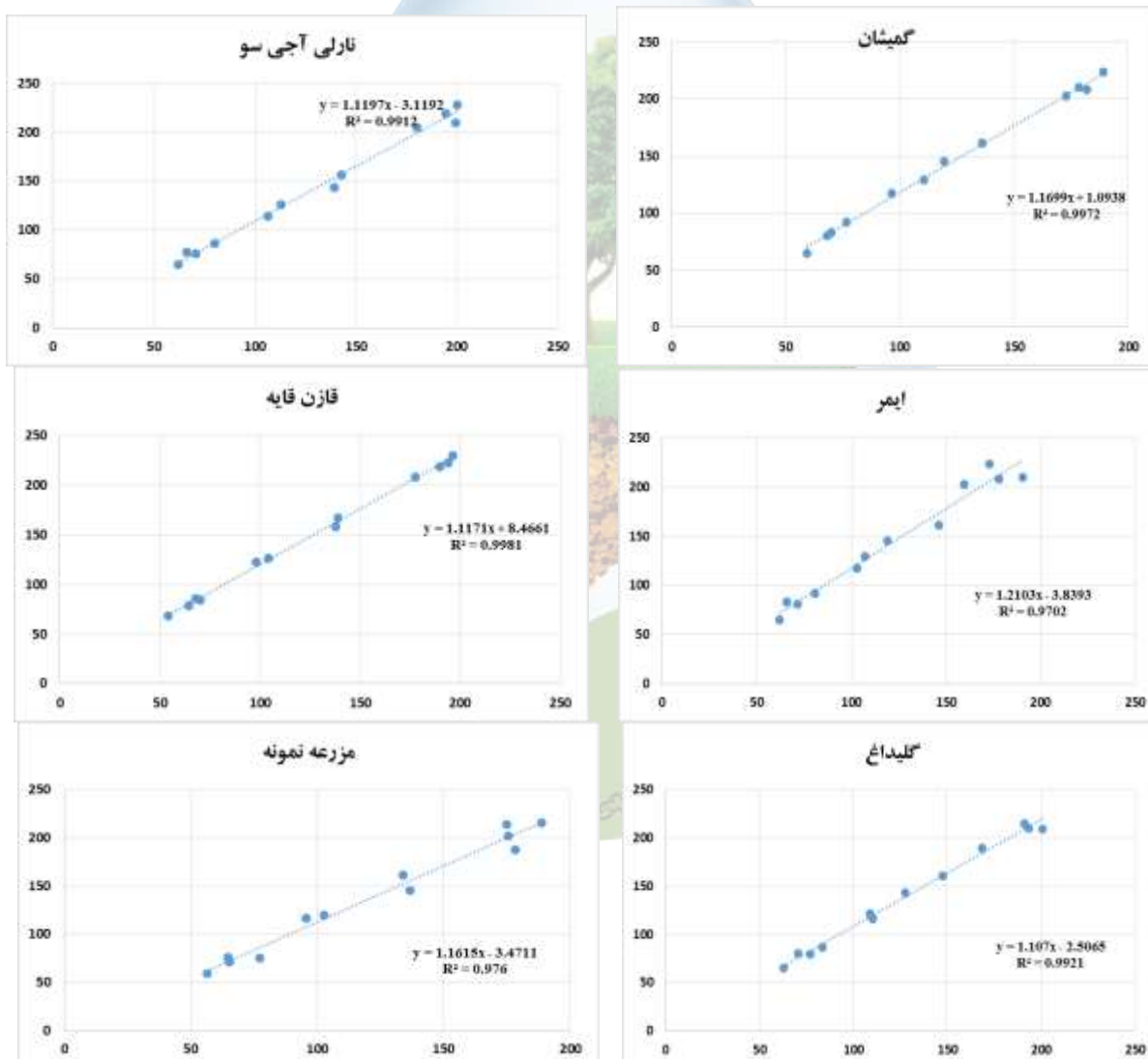
میانگین انرژی تابشی کل ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان ۱۴۹۳ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد که بیشترین انرژی تابش خورشیدی دریافتی سالانه مربوط به مراوه تپه به میزان ۱۶۱۵ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌باشد. برای برآورد داده‌های تابش در نقاط مختلف استان از خروجی داده‌ای تابش کل ماهواره جنوس ۵ (GEOS₅) استفاده شده است. نمودار مقایسه‌ای تابش دریافتی کل خورشیدی ماهانه ایستگاهی و برآورد شده توسط تصاویر ماهواره جنوس ۵ در برخی از ایستگاه‌های استان در شکل‌های زیر آورده شده است.





شکل ۷: نمودار مقایسه‌ای تابش دریافتی خورشیدی کل ماهانه ایستگاهی و برآورد شده توسط تصاویر ماهواره جئوس ۵

نتایج بررسی و مقایسه داده‌های ماهانه واقعی و داده‌های ماهواره‌ای با آزمون T-Student نشان دهنده قابل قبول بودن داده‌های ماهواره در همه موارد می‌باشد.

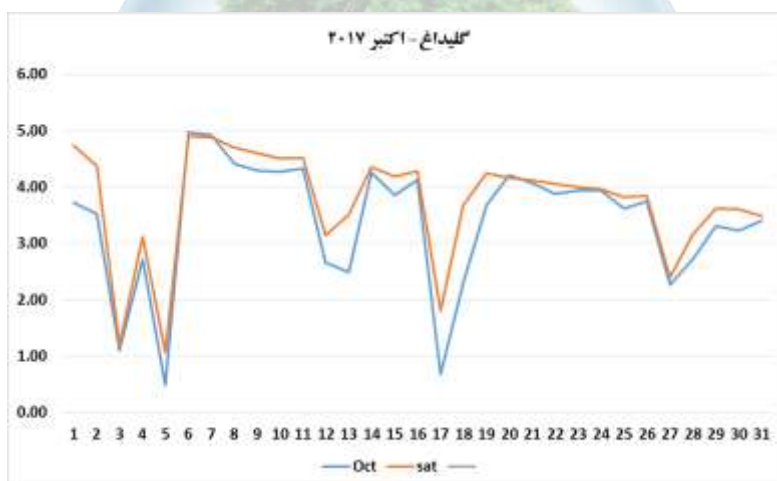


شکل ۸: نمودار مقایسه‌ای رگرسیونی داده‌های واقعی تابش ایستگاهی و داده‌های تابش ماهواره‌ای ماهانه در برخی نقاط استان گلستان

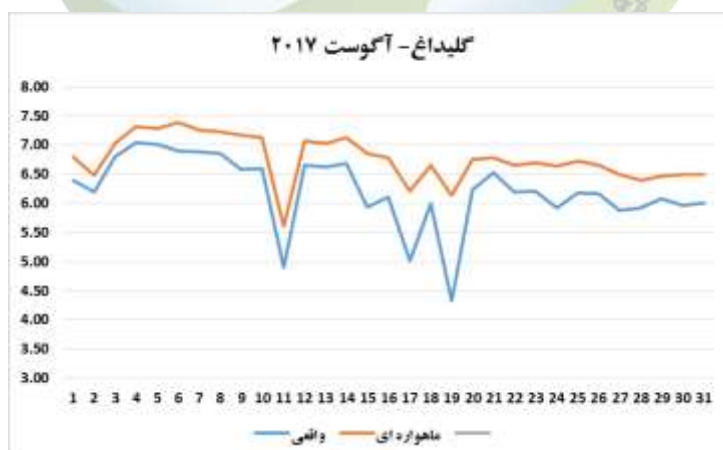
مقایسه داده‌های واقعی تابش ماهانه ایستگاهی و داده‌های تابش خورشیدی ماهواره‌ای ماهانه با استفاده از نمودار رگرسیونی خطی دو متغیره نشان دهنده همبستگی بالا بین این داده‌ها می‌باشد و ضریب رگرسیونی در بیشتر موارد نزدیک به عدد ۱ می‌باشد که نشان دهنده قابل قبول بودن داده‌های ماهواره برای برآورد داده‌های تابش در استان گلستان می‌باشد. همچنین نمودار مقایسه‌ای داده‌های روزانه واقعی و داده‌های ماهواره‌ای در شکل‌های زیر بصورت موردی برای ایستگاه‌های گمیشان در ماه مارس، گلیداغ در ماه‌های اکتبر و آگوست در شکل‌های زیر آورده شده است.



شکل ۹: نمودار مقایسه‌ای تابش دریافتی کل خورشیدی روزانه ایستگاه گمیشان با داده‌های ماهواره جئوس - مارس ۲۰۱۷



شکل ۱۰: نمودار مقایسه‌ای تابش دریافتی کل خورشیدی روزانه ایستگاه گلیداغ با داده‌های ماهواره جئوس - اکتبر ۲۰۱۷



شکل ۱۱: نمودار مقایسه‌ای تابش دریافتی کل خورشیدی روزانه ایستگاه گلیداغ با داده‌های ماهواره جنوس - آگوست ۲۰۱۷

مقایسه تابش دریافتی کل خورشیدی روزانه ایستگاه‌های استان گلستان نشان می‌دهد که در اکثر موارد داده‌های ماهواره-ای تابش روزانه را بیشتر از داده‌های واقعی ثبت شده ایستگاهی برآورد کرده‌اند که جهت تصحیح داده‌های ماهواره از معادله رگرسیونی خطی بین داده‌های واقعی و ماهواره‌ای هر ایستگاه استفاده شد و از آن معادله برای تصحیح میزان تابش برآوردی ماهواره در نقاط اطراف آن ایستگاه که در داخل یک شبکه قرار می‌گیرند استفاده شده است. در نهایت با استفاده از داده‌های واقعی و داده‌های تصحیح شده ماهواره‌ای می‌توان نقشه پهنه بندی تابش دریافتی خورشیدی کل استان گلستان را ترسیم نمود.

۴- نتیجه گیری

استان گلستان دارای دشت‌های وسیع می‌باشد و میزان ساعت آفتابی در مناطق شمالی استان گلستان بین ۶/۵ تا ۷/۵ ساعت در روز و انرژی تابشی کل خورشیدی دریافتی آن در حدود ۴/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز می‌باشد. بنابراین بررسی و پتانسیل سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در استان گلستان بسیار مهم و ضروری می‌باشد داده‌های مورد استفاده در این تحقیق داده‌های واقعی و همچنین از داده‌های تابش خورشیدی کل ماهواره جنوس ۵ مربوط به سازمان فضایی ناسا می‌باشند. مقایسه داده‌های واقعی تابش ایستگاهی و داده‌های تابش ماهواره‌ای نشان دهنده همبستگی بالا بین این داده‌ها می‌باشد و ضریب رگرسیونی در همه موارد نزدیک به عدد ۱ می‌باشد که نشان دهنده قابل قبول بودن داده‌های ماهواره برای برآورد داده‌ها در نقاط فاقد ایستگاه در استان می‌باشد. همچنین مقایسه‌ای تابش دریافتی کل خورشیدی روزانه ایستگاه‌های استان گلستان نشان می‌دهد که در اکثر موارد در داده‌های ماهواره‌ای تابش روزانه را بیشتر از داده‌های واقعی ثبت شده ایستگاهی برآورد شده‌اند که جهت تصحیح داده‌های ماهواره از معادله رگرسیونی خطی بین داده‌های واقعی و ماهواره‌ای هر ایستگاه استفاده شد و از آن معادله برای تصحیح میزان تابش برآوردی ماهواره در نقاط اطراف آن ایستگاه که در داخل یک شبکه قرار می‌گیرند استفاده شده و داده‌های نهایی استخراج شده است. بنابراین می‌توان با استفاده از خروجی این مطالعه میزان انرژی خورشیدی قابل حصول خورشیدی در نقاط مختلف استان را تعیین نمود.

۵- منابع

- ۱- کمالی، غ، مرادی، ۱۳۸۳ تابش خورشید، اصول و کاربردها در کشاورزی و انرژی‌های نو. انتشارات پژوهشکده هواشناسی تهران
- ۲- مرادی، ۱۳۸۲، برآورد تابش دریافتی از خورشید بر روی سطوح شیب دار، بررسی تئوری و آزمون تجربی نتایج در شرایط اقلیمی کرج، پایان نامه کارشناسی ارشد تهران
- ۳- بهادری نژاد م، میر حسینی، س، ع ۱۳۸۲، ضریب صافی هوا برای شهرهای مختلف ایران، سومین کنفرانس بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان
- ۴- مرادی، ۱۳۸۵ تهیه اطلس تابش خورشیدی ایران با استفاده از تصاویر ماهواره میتئوست گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت معلم (خوارزمی) تهران.

6. Alizadeh, A., khalili, N. 2009. Estimation of Angstrom Coefficient and Developing a Regression Equation for Solar Radiation Estimation (Case study: Mashhad). Journal of Water and Soil, Vol. 23, No. 1, Spring : p.229-238. (In Farsi)
7. Alados-Arboleda, L., Batlles, F.G., Olmo, F.J. 1995, solar radiation resource Assessment by means of silicon cell. Solar Energy, 54: 183-191
8. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
9. Angstrom, A. 1924. Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric. Radiation QJR Meteorological Society 50:121-126.
10. Bakirci, K. 2009. Correlations for estimation of daily global solar radiation with hours of bright sunshine in Turkey. Energy; 34: 485-501.
11. Ebrahimpour, A. S., Maerefat, M., Naiyeri, H. 2009. A New Method to Estimate the Global Solar Radiation in Different Climates of Iran. Geographic Space, (Issue 25). (In Farsi)

12. Erfanian, M., Babayi Hesar, S. 2013. Evaluation of hybrid models to estimate daily solar radiation on the number of stations measuring radiation Iran. *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)* 158(1):16-27. (In Farsi)
13. Fooladmand, H., Hadipoor, S. 2013. Calibration and validation of different methods for estimation of daily solar radiation (Case study: Rasht). *geores.* 28 (2) :1-12. (In Farsi)
14. Greif, J. & K. Scharmer, 2000. *European solar radiation atlas*, 4th. France: presses
15. Ghabayi Soogh, M., Mosaedi, A., Dehghani, A. A. 2012. Intelligent Modeling solar radiation using gamma and compared to empirical equations calibrated in Kermanshah. *Journal of Water and Soil Conservation* 18(4):185-208. (In Farsi)
16. Ghalhari, F., Shakeri, F. 2017. Calibration of Angstrom- Prescott Coefficients for Selected Stations of Khorasan-e Razavi Province. *Journal of Water and Soil Science.* 26(3: 2) p. 229-241. (In Farsi)
17. Hargreaves, G.H., Z. A. Samani. 1982. Estimating potential evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering ASCE* 108(3):223-230.
18. Hay, J.E., 1979, Calculation of monthly mean solar radiation for horizontal and inclined surfaces, *solar Energy*, 23, 301-307
19. Major, G. 1992. Estimation of the error caused by the circumsolar radiation when measuring global radiation as a sum of directed and diffuse radiation. *Solar Energy*
20. Kashefipour, S. M., Sepaskhah, A. R. 1998. Determination of Local Radiation Coefficients for the Mollasani Area in Khuzestan Province. *Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)*, 20, 17-26. (In Farsi)
21. Katiyar, A.K., C.K. Pandey. 2010. Simple correlation for estimating the global solar radiation on horizontal surfaces in India. *Energy*:1-6.
22. Khalil, S. A., A. M. Shaffie, and H. A. S. Aly. 2018. Comparative and Evaluate of Empirical Models for Estimation Global Solar Radiation in Al-Baha, KSA. *Journal of Earth Science & Climatic Change.* 9(9).
23. Lee, M., C. Koo, T. Hong, and H. S. Park. 2014. Framework for the mapping of the monthly average daily solar radiation using an advanced case-based reasoning and a geostatistical technique, *Environmental Science and Technology* 48(8): 4604-4612. <https://doi.org/10.1021/es405293u>.
24. Majnooni Heris, A., Zand Parsa, Sh., Sepaskhah, A., Nazemosadat, M.J. 2008. Development and evaluation of global solar radiation models based on sunshine hours and meteorological information. *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12(46):491-499. (In Farsi)
25. Moeini, S., Javadi, Sh., Kokabi, M., Dehghan Menshadi, M. 2010. Iran's estimate of solar radiation using an optimal model. *Iran Energy Journal* 13(2):1-10. (In Farsi)
26. Mousavi-Baygi, M., Ashraf, B., Miyabady, A. 2010. The Investigation of different Models of estimating Solar Radiation to Recommend the Suitable Model in a Semi-arid Climate. *Journal of Water and Soil*, Vol. 24, No. 4, Sep-Oct 2010, p. 836-844. (In Farsi)
27. Piri, J., Ansari, H., Faridhosseini, A. 2013. Modeling of solar radiation by using experimental models and ANFIS (Case Study: Zahedan and Bojnourd stations). *Iran Energy Journal* 16(3):37-58. (In Farsi)
28. Prescott, J. A. 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of South Australia* 64: 114-125.
29. Rahimi Khob, A., Behbahani, M., Jamshidi, M. 2010. Evaluation of Two Empirical Methods and Artificial Neural Network Models Used for Estimation of Solar Radiation Intercepted at the Earth's Surface: A Case Study in Southeast of Tehran. *JWSS.* 13 (50) :53-62. (In Farsi)
30. Samuel, TDMA. 1991. Estimation of global radiation for Sri Lanka. *Solar Energy*, 47:333-7.
31. Seyedian, S.M., Farasati, M., Rouhani, H., Heshmatpour, A. 2017. Solar radiation prediction using metrological parameters. *Iran-Water Resources Research.* Volume 13, No. 1: 88-100. (In Farsi)
32. Soltani, S., Morid, M. 2005. Comparative estimation of global solar radiation using Hargeavessamani and artificial neural network methodologies, *Journal of Science of Agriculture*, 15: 69-77. (In Farsi)



Study and Estimation of Solar Energy in Golestan Province Using Satellite data

Mohammad Kordejzi *, Nourbakhsh Dadashi, Mohammad Reza Rahmannia, Abdol Jabar Mollarazi Golestan
Meteorological Office

Mkordjazi88@gmail.com

Abstract

Providing sustainable energy to achieve sustainable development is one of the most important issues in developing countries. To this end, various developed and developing countries are trying to reduce their dependence on one energy carrier by diversifying their use of energy resources. Due to its specific geographical location, Iran has a great variety of climates and has high potential for renewable energies. Also Golestan province has wide plains and annual sunshine in northern areas of Golestan province is about 2600 to 2800 hours and total annual solar radiation in these areas is in the range of 1500 to 1700 kWh. Therefore, evaluation and potential assessment of solar energy use in Golestan province is very important.

Due to the scarcity of radiometric stations in the world, today different methods are used for estimating solar radiation, including experimental methods and statistical and dynamic models. There are also other important criteria that can be accessed through remote sensing or meteorology. For example, areas selected for solar farms should have the least number of cloudy days as well as dust, which can be detected by meteorological data and integrated with satellite imagery. This article uses radiation data from the province's meteorological stations and NASA's Geos5 meteorological satellite data (GEOS5) to investigate solar radiation energy in different parts of the province. Statistical studies show high accuracy of satellite data output in estimating radiation of province stations. Therefore, it is possible to estimate the amount of solar energy obtainable in all parts of Golestan province using this data and correcting its error using actual data.

Keywords: Radiation, Solar Energy, Remote Sensing, Golestan Province

جداسازی و شناسایی تری تریپن از گیاه نوروزک

اکرم طالقانی^{۱*}، مهدی مریدی فریمانی^۲^۱ گروه شیمی، دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، استان گلستان، ایران^۲ استاد گروه فیتوشیمی، پژوهشکده گیاهان دارویی و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

akramtaleghani@yahoo.com

چکیده

شناخت ترکیبات و خواص شیمیایی دارویی مواد موجود در گیاهان، منجر به استفاده صحیح آن‌ها برای درمان بیماری می‌شود، که با کوشش دانشمندان در این زمینه، نتایج مثبتی حاصل گردیده است. مریم‌گلی یا سالویا *Salvia* نام یک سرده از تیره نعنائیان است. این سرده شامل بیش از ۱۰۰۰ گونه از درختچه‌ها، گیاه علفی، گیاهان پایا، و گیاهان یک ساله می‌شود. در مطالعه حاضر بررسی فیتوشیمیایی شامل جداسازی و بررسی ساختاری بر روی گیاه *Salvia leriifolia* (نوروزک) انجام شد. جداسازی عصاره هگزانی اندام هوایی گیاه نوروزک منجر به خالص‌سازی و شناسایی یک تری تریپن شد. ساختار این ترکیب با استفاده از انمار یک بعدی و دو بعدی تایید شد.

واژگان کلیدی: نوروزک، عصاره هگزانی، تری تریپن، انمار

۱- مقدمه

خانواده نعنائیان دارای ۲۳۶ جنس و ۶۹۰۰ تا ۷۲۰۰ گونه است، که معمولاً دارای اسانس می‌باشند. از جنس‌های مهم این تیره می‌توان به *Salvia* (۹۰۰)، *Scutellaria* (۳۶۰)، *Stachys* (۳۰۰)، *Plectranthus* (۳۰۰)، *Hyptis* (۲۸۰)، *Teucrium* (۲۵۰)، *Vitex* (۲۵۰)، *Thymus* (۲۲۰) و *Nepeta* (۲۰۰) گونه اشاره کرد. جنس *Salvia* بزرگ‌ترین جنس خانواده نعنائیان می‌باشد. این جنس متعلق به خانواده نعنائیان شامل گونه‌های بی شماری است که از زمان‌های بسیار قدیم برای درمان چندین اختلال مورد استفاده قرار گرفته است، شامل ۹۰۰ گونه است که در سرتاسر دنیا گسترده هستند و در ایران ۵۸ گونه گیاه علفی یک ساله و چند ساله دارد که در سراسر کشور پراکنده‌اند و بعضی از آن‌ها نیز علف هرز مزارع هستند. ۱۷ گونه آن انحصاری ایران است. این گیاهان در بسیاری از نواحی یافت می‌شوند ولی بیشترین انتشار آن‌ها، ناحیه مدیترانه است. گیاهان این تیره، عموماً علفی یک ساله یا پایا و دارای ساقه‌های راست یا خزنده و به ندرت پیچنده یا درختچه هستند. ساقه‌های آن‌ها چهارگوش، معطر با برگ‌های متقابل، گل‌های پنج پر و زیگومورف و خامه از قاعده تخمدان منشاء می‌گیرد. وجود خطوط برجسته روی کاسه گل و ظاهر جام گل کمک مؤثری در تشخیص این گیاهان می‌کند. جام گل غالب این گیاهان دارای دو لب مشخص است و علت نام‌گذاری این تیره نیز همین ویژگی است. گلبرگ‌ها دارای ۲ زبانه هستند، یکی زبان بالایی که از اتصال ۲ گلبرگ و دیگری زبانه پایینی که از اتصال سه گلبرگ دیگر حاصل شده است. تاکنون تحقیقات زیادی بر روی جنس‌های مختلف این خانواده به خصوص سالویا انجام شده و ترکیبات زیادی با ساختارهای متنوع از آن‌ها جداسازی شده است. ترکیبات شاخص این خانواده عمدتاً فلاونوئیدها و ترپنوئیدها هستند. دی ترپنوئیدها، تری ترپنوئیدها و پلی فنول‌ها در گیاهان این جنس بسیار متداول هستند. بیشتر گونه‌های سالویا به دلیل ویژگی‌های بالقوه بیولوژیکی مورد

بررسی قرار گرفته است. گیاه نوروزک که در سال ۱۹۸۲ در فلور ایران معرفی شد از لحاظ جغرافیایی در مناطق جنوبی و گرمسیری استان‌های خراسان و سمنان در ایران رشد می‌کند. فعالیت‌های دارویی مختلف این گیاه مانند کاهش وابستگی به مرفین، فعالیت‌های ضد درد و ضد التهاب و داروهای ضد تشنج، ضد نفخ، اثرات ضد باکتریایی و غیره مورد ارزیابی قرار گرفتند [۲-۱۲]. در مطالعات فیتوشیمیایی قبلی این گیاه چندین دی ترپنوئید آبیاتان، یک ترکیب جدید نوردی ترین، یک دی ترپنوئید لابدانی، تری ترپنوئیدهای لوپانی و فلاونوئیدها گزارش شده است [۱۳-۱۶]. در اینجا، ما جداسازی و تایید ساختاری یک ترکیب تری ترین از عصاره هگزانی قسمت‌های هوایی گیاه نوروزک را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش‌های آزمایشگاهی عمومی

طیف‌های انمار در طیف سنج مدل Bruker Avance که در ۵۰۰،۱۳ مگاهرتز برای ثبت هیدروژن انمار و ۷۷،۱۲۵ مگاهرتز برای کربن انمار ثبت شد. آزمایش‌های انمار دوبعدی با استفاده از ریزگردهای Bruker انجام شد. کروماتوگرافی لایه نازک بر روی ژل سیلیکا (Kieselgel 60, Merck, F254, ۰،۲۵ میلی متر) انجام شد. لکه‌های روی صفحه کروماتوگرافی با اسپری با ۵٪ اسید فسفومولیبدیک اسید در اتانول، و به دنبال گرم کردن در ۱۱۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۰ دقیقه یا تحت نور فرابنفش ۲۵۴ نانومتر نمایان شد. کروماتوگرافی ستون با استفاده از ژل سیلیکا (مش ۷۰-۲۳۰ و مش ۳۰۰-۲۳۰، Merck) انجام شد.

۲-۲- مواد گیاهی

قسمت‌های هوایی گیاه نوروزک از مناطق گرمسیری استان‌های خراسان (روستای سنگ سفید، شمال سبزوار) جمع آوری شد و با شماره هرباریومی (MPH-1975) در پژوهشگاه گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی، تهران ذخیره شد.

۲-۳- استخراج و جداسازی

قطعات هوایی پودر شده خشک شده (۴/۴ کیلوگرم) پنج بار متوالی با ۱۵ لیتر هگزان، ۱۵ لیتر اتیل استات و ۱۵ لیتر متانول در دمای اتاق عصاره گیری شد. حلال تحت خلاء تبخیر شد تا ۱۲۰ گرم عصاره هگزانی حاصل شود. عصاره روی ستون سیلیکاژل (مش ۲۳۰-۴۰۰ مش) جداسازی شد و به بخش‌های مختلف تقسیم شد. ستون کروماتوگرافی به قطر ۵ cm و طول ۱/۲ m با ۱۰۰۰ gr سیلیکاژل (مش ۲۳۰-۴۰۰)، پر شد سپس نمونه آماده شده به روی ستون منتقل شد و توسط سیستم حلالی هگزان-اتیل استات به روش گرادپانی^۱ شسته شد. شستشوی ستون با هگزان ۱۰۰٪ آغاز و در ادامه به اتیل استات ۱۰۰٪ و در نهایت با متانول ۲۰٪ پایان یافت و در حدود ۳۰۰ ساعت به طول انجامید. با توجه به نحوه جداسازی ترکیبات در هر مرحله از افزایش قطبیت حلال‌ها، حدود ۲-۴ L حلال مصرف شد. (جدول ۱) نحوه افزایش نسبت حلال‌ها را به همراه جزء‌های حاصله از هر نسبت حلالی را نشان می‌دهد. پس از شستشوی کامل، جزء^۲ بدست آمد که با مقایسه آن‌ها توسط (TLC)، و ادغام جزء‌های مشابه، در نهایت ۱۴ جزء اصلی حاصل شد.

جدول (۱) نحوه افزایش نسبت حلال‌ها به همراه جزء‌های حاصله

حلال	درصد حلال	جزء‌های اولیه	خصوصیات	حلال	درصد حلال	جزء‌های اولیه	خصوصیات
هگزان/اتیل استات	۹۵-۵	۱-۱۹	رسوب نارنجی	هگزان/اتیل استات	۵۰-۵۰	۱۸۳-۱۶۹	مایع قهوه‌ای

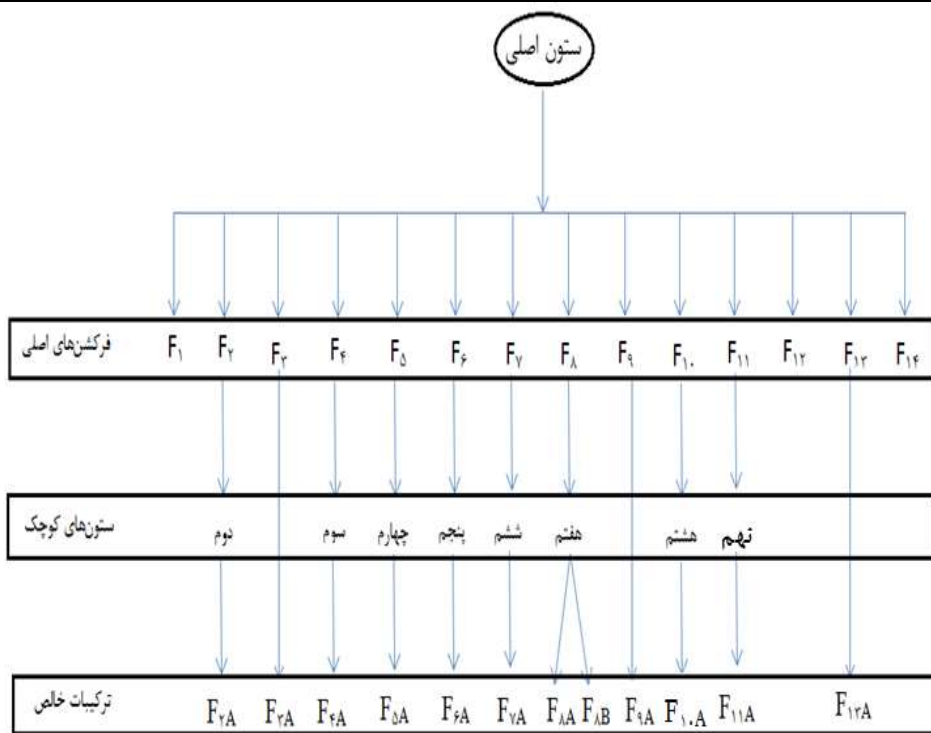
^۱ Gradient
^۲ Fraction

مابع زرد	۱۸۴-۱۹۹	۴۵-۶۰	هگزان/اتیل استات	کریستال سفید	۲۰-۳۹	۹۰-۱۰	هگزان/ اتیل استات
مابع زرد	۲۰۰-۲۱۵	۳۰-۷۰	هگزان/اتیل استات	مابع قهوه‌ای	۴۰-۶۰	۸۵-۱۵	هگزان/ اتیل استات
مابع قهوه‌ای	۲۱۶-۲۳۰	۱۵-۸۵	هگزان/ اتیل استات	رسوب قهوه‌ای	۶۱-۷۹	۸۰-۲۰	هگزان/ اتیل استات
کریستال سفید	۲۳۱-۲۴۵	۱۰۰	اتیل استات	روغنی سبز	۸۰-۹۷	۷۵-۲۵	هگزان/ اتیل استات
مابع قهوه‌ای	۲۴۶-۲۶۳	۵-۹۵	اتیل استات/متانول	رسوب سفید	۹۸-۱۱۷	۷۰-۳۰	هگزان/ اتیل استات
مابع زرد	۲۶۴-۲۷۸	۱۰-۹۰	اتیل استات/متانول	مابع سبز	۱۱۸-۱۳۶	۶۵-۳۵	هگزان/ اتیل استات
مابع زرد	۲۷۹-۲۸۷	۲۰-۸۰	اتیل استات/متانول	رسوب قهوه‌ای	۱۳۷-۱۵۲	۶۰-۴۰	هگزان/ اتیل استات
حلال	۲۷۹-۳۰۰	۵۰-۵۰	اتیل استات/متانول	کریستال زرد	۱۵۳-۱۶۸	۵۵-۴۵	هگزان/ اتیل استات

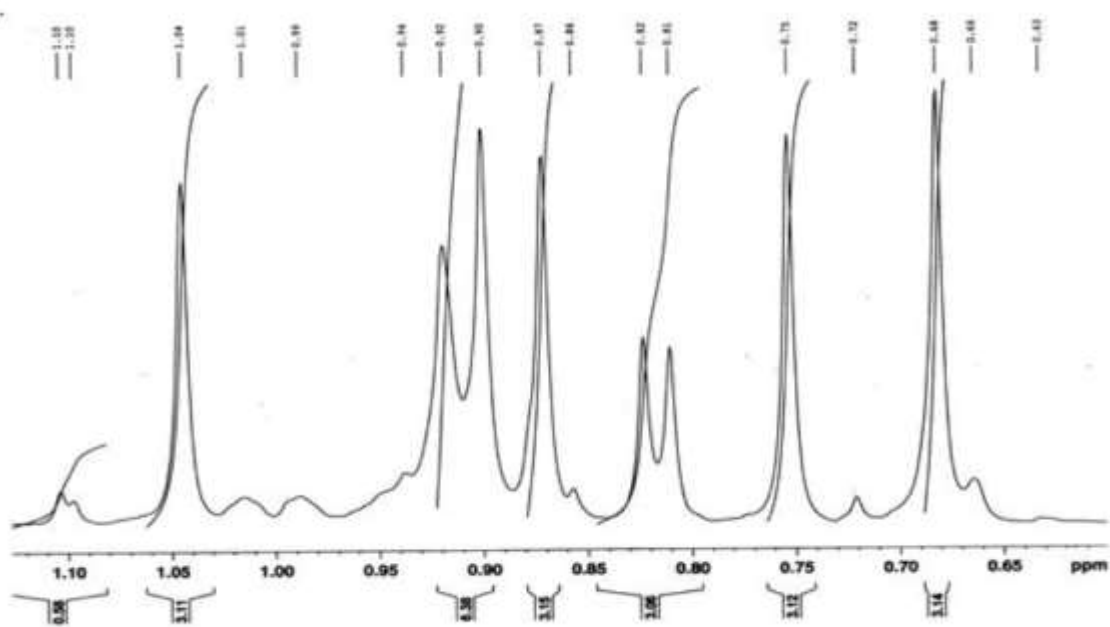
۳- نتایج و بحث

جداسازی با استفاده از ستون های کروماتوگرافی چندین ترکیب به دست آمد، (شکل ۱) به صورت شماتیک مراحل فرکشن گیری تا رسیدن به ترکیب خالص را نشان می دهد. در مجموع نه ستون برای خالص سازی ترکیبات استفاده شد. از ستون ۱ تا ۸ به ترتیب با سیستم حلالی های هگزان/کلروفرم به نسبت ۳۰/۷۰، هگزان/کلروفرم/استون با نسبت ثابت ۶۰/۴۴/۶، هگزان/کلروفرم/استون به نسبت ۱۷/۸۰/۳، کلروفرم/استون به نسبت ۵/۹۵، کلروفرم/استون ۱۰/۹۰، کلروفرم/استون به نسبت ۱۰/۹۰، دی کلرومتان/استون ۵/۹۵ و ستون نهم با سیستم حلالی انتخابی مناسب کلروفرم/استون به نسبت ۳۰/۷۰ برای بررسی لکه های موجود به روی ستون کوچک منتقل شدند. جزء خالص ترکیب ۱ از ستون نهم به صورت رسوب سفید رنگ ظاهر گردید و خالص بودن با سیستم TLC بررسی شد. به منظور شناسایی ساختار آن از انمار استفاده شد. یک پیک یکتایی با انتگرال یک در ناحیه ppm ۱۲ مربوط به هیدروژن گروه اسیدی است. وجود دوپیک با انتگرال یک پروتون در ناحیه های ppm ۴/۲ و ppm ۵/۱ مربوط به هیدروژن های الفینی است. پیک های یکتایی با انتگرال سه پروتون در ناحیه های ppm ۰/۶۷، ppm ۰/۷۵، ppm ۰/۸۸، ppm ۱/۰۵ مربوط به گروه های متیل است (شکل ۲). با توجه به داده های فوق و مقایسه TLC آن با داده های موجود در آزمایشگاه ترکیب به عنوان تری تریپن اورسولیک اسید (ترکیب ۱) شناسایی گردید (شکل ۳).

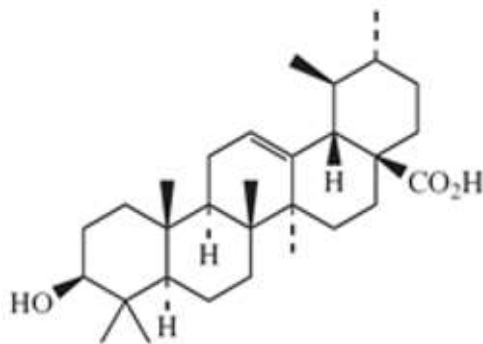
۲۳ آبان ۱۳۹۸



شکل ۱- طیف مراحل خالص سازی



شکل ۲- طیف 1H NMR ترکیب ۱



شکل ۳- ساختار شیمیایی ترکیب ۱

۴- منابع و مراجع

- [1] Liu, J.; Shen, H.-M.; Ong, C.-N., 2000. *Salvia miltiorrhiza* inhibits cell growth and induces apoptosis in human hepatoma HepG2 cells. *Cancer Lett* 153, 85.
- [2] Hosseinzadeh, H., Haddadkhodaparast, M. H.; Arash, A. R., 2003. Antinociceptive, antiinflammatory and acute toxicity effects of *Salvia leriifolia* Benth. seed extract in mice and rats. *Phytother Res* 17, 422.
- [3] Hosseinzadeh, H; Lary, P., 2000. Effect of *Salvia leriifolia* extract on morphine dependence in mice. *Phytother Res* 14: 384–387.
- [4] Hosseinzadeh, H; Haddadkhodaparast, MH; Shokoohzadeh, H., 1998. Antihyperglycemic effect of *Salvia leriifolia* Benth. leaf and seed extract in mice. *Iran J Med Sci* 28: 74–80.
- [5] Hosseinzadeh, H., Yavari, M. 1999. Anti-inflammatory effects of *Salvia leriifolia* Benth. leaf extract in mice and rats. *Pharm Pharmacol Lett* 9: 60–62.
- [6] Hosseinzadeh, H., Haddadkhodaparast, M.H., Arash, A. 2003. Antinociceptive, antiinflammatory and acute toxicity effects of *Salvia leriifolia* Benth. seed extract in mice and rats. *Phytother Res* 17: 422–425.
- [7] Hosseinzadeh, H., Arabasnavi, J. 2001. Anticonvulsant effect of *Salvia leriifolia* Benth. seed and leaf extracts in mice. *Iran J Med Sci* 3: 166–170.
- [8] Tundis, R., Monica, R., Federica, L., Bonesia, M.M., Colica, C., Menichini, F. 2011. *In vitro* cytotoxic activity of extracts and isolated constituents of *Salvia leriifolia* Benth. against a panel of human cancer cell lines. *Chem Biodivers* 8: 1152–1162.
- [9] Loizzo, M., Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Nadjafi, F., Saab, A.M., Frega, N.G. 2010. Comparative chemical composition and antiproliferative activity of aerial parts of *Salvia leriifolia* Benth. and *Salvia acetabulosa* L. essential oils against human tumor cell *in vitro* models *J Med Food* 13: 62–69.
- [10] Loizzo, R.M., Tundis, R., Conforti, F., Menichini, F., Bonesia, M., Nadjafi, F., Frega, N.G., Menichini, F. 2010. *Salvia leriifolia* Benth (Lamiaceae) extract demonstrates *in vitro* antioxidant properties and cholinesterase inhibitory activity. *Nutr Res* 30: 823–830.
- [11] Hosseinzadeh, H., Haddadkhodaparast, M.H., Hosseini, E. 2000. Anti-ulcer effect of *Salvia leriifolia* Benth. leaf extracts in mice. *Pharm Pharmacol Lett* 2: 63–64.
- [12] Hosseinzadeh, H., Hosseini, A., Nassiri-Asl, M., Sadeghnia, H.R. 2007. Effect of *Salvia leriifolia* Benth. Root extracts on ischemia reperfusion in rat skeletal muscle. *BMC Complement Altern Med* 7: 23–31.
- [13] Habibi, Z., Eftekhari, F., Samiee, K., Rustaiyan, A. 2000. Structure and antibacterial activity of a new labdane diterpenoid from *Salvia leriaefolia*. *J Nat Prod* 63: 270–271.
- [14] Choudhary, M.I., Hussain, A., Ali, Z., Adhikari, A; Sattar, S.A; Ayatollahi, S.A., Al-Majid, A.M. 2012. Diterpenoids including a novel dimeric conjugate from *Salvia leriaefolia*. *Planta Med*, 78: 269–275
- [15] Choudhary, M.I., Hussain, A., Adhikari, A., Marasini, B.P., Sattar, S.A., Wahab, A.T., Hussain, N., Ayatollahi, S.A.M., Atta-ur-Rahman. 2013. Anticancer and α -chymotrypsin inhibiting diterpenes and triterpenes from *Salvia leriifolia*. *Phytochem Lett* 6: 139–143.
- [16] Ayatollahi, S.A.M., Shojaii, A., Kobarfard, F., Mohammadzadeh, M., Choudhary, M.I., 2009. Two flavones from *Salvia leriaefolia*. *Iran J Pharm Res* 8: 179–184.



Isolation and identification of triterpenoid from *Salvia leriifolia*

Akram taleghani,^{1,*} Mahdi Moridi Farimani²

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, I.R. Iran

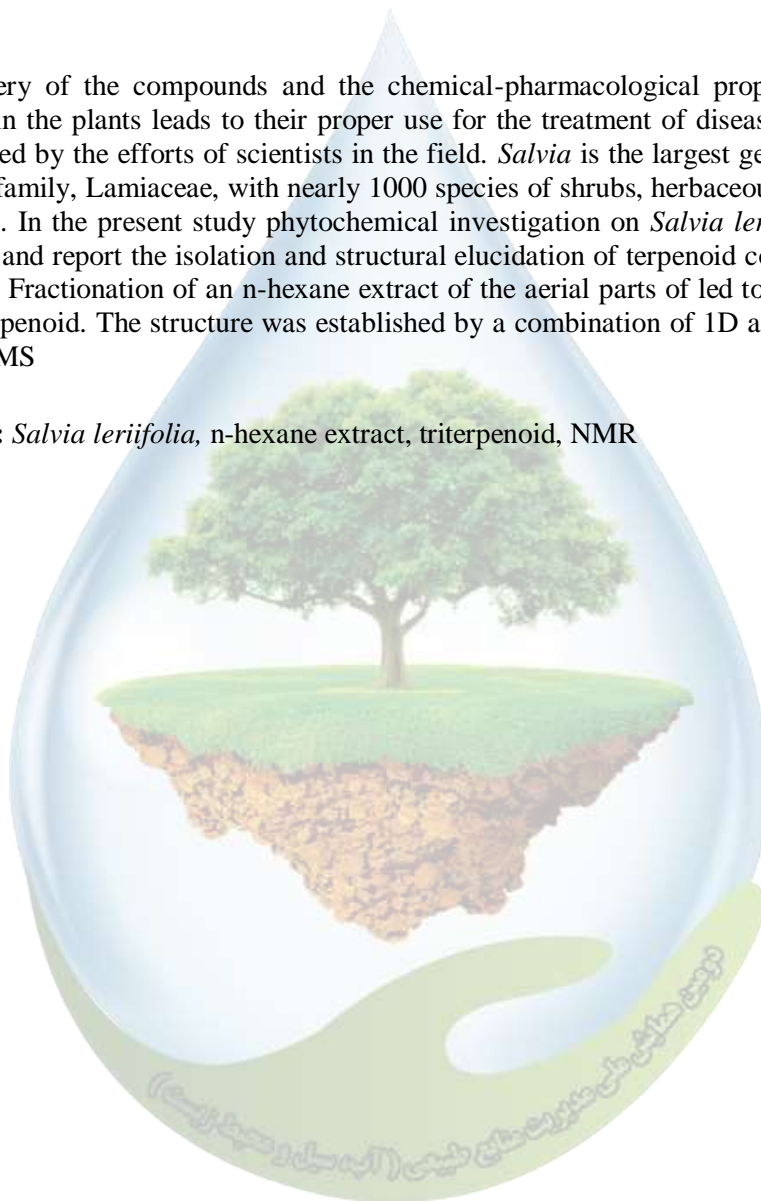
²Department of Phytochemistry, Medicinal Plants and Drugs Research Institute, Shahid Beheshti University, G. C., Evin, Tehran, Iran.

Email: akramtaleghani@yahoo.com

Abstract

The discovery of the compounds and the chemical-pharmacological properties of the substances in the plants leads to their proper use for the treatment of disease, which has been achieved by the efforts of scientists in the field. *Salvia* is the largest genus of plants in the mint family, Lamiaceae, with nearly 1000 species of shrubs, herbaceous perennials, and annuals. In the present study phytochemical investigation on *Salvia leriifolia*, were carried out, and report the isolation and structural elucidation of terpenoid constituents of *S. leriifolia*. Fractionation of an n-hexane extract of the aerial parts of led to the isolation of one triterpenoid. The structure was established by a combination of 1D and 2D NMR, and HRESIMS

Keywords: *Salvia leriifolia*, n-hexane extract, triterpenoid, NMR



برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای، ابزاری جهت تخصیص بهینه منابع آب

نعمت‌اله تقی‌نژاد^{۱*}، فاطمه باباگردی^۲^{۱،۲} استادیار گروه ریاضی و آمار دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی دانشگاه گنبد کاووس*^۱ntaghienzhad@gonbad.ac.ir

چکیده

در این مقاله تخصیص بهینه منابع آب به کمک برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای (Interval Quadratic Programming Problem) مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ابتدا بر روی یک روش حل برای مسئله برنامه‌ریزی خطی درجه دوم (QP) که در آن ضرایب و سمت راست محدودیت‌ها داده‌های بازه‌ای هستند، متمرکز می‌شویم که هر مسئله IQP را به دو مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم کلاسیک تجزیه کرده سپس این مسئله کلاسیک را با استفاده از الگوریتم SQP حل می‌کند در نهایت این روش را جهت تخصیص بهینه منابع آب به کار خواهیم گرفت.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای، تجزیه مدل، برنامه‌ریزی درجه دوم، اعداد بازه‌ای.

۱- مقدمه

مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم یکی از مهم‌ترین مسائل کلاسیک بهینه‌سازی است که به جستجو بیشینه یا کمینه یک تابع درجه دوم تحت قیود خطی تساوی یا نامساوی می‌پردازد. در سال ۲۰۱۴، کوکنبرگر و همکاران به مطالعه برنامه‌ریزی درجه دوم غیرمقید باینری پرداختند (۱). تکاپویی و همکاران در سال ۲۰۱۷ الگوریتم جستجوی سریع را برای برنامه‌ریزی درجه دوم محدب کمینه پیشنهاد کردند (۲). در سال ۲۰۱۹ نیز لیوزی و همکاران یک روش شاخه و کران جدید برای مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم ارائه کردند (۳). از طرفی وجود ابهام و عدم قطعیت در دنیای واقعی امری غیرقابل انکار است و تعیین مقادیر دقیق پارامترها میسر نمی‌باشد. از این رو، ما برای مدل سازی این ابهامات و عدم قطعیت ها در داده‌ها از برنامه‌ریزی بازه‌ای استفاده می‌کنیم. مسئله برنامه‌ریزی بازه‌ای در مقایسه با مسئله برنامه‌ریزی فازی و مسئله برنامه‌ریزی احتمالی به اطلاعات و داده‌های کمتری نیاز دارد. از این‌رو، استفاده از مسئله برنامه‌ریزی بازه‌ای در چنین شرایطی بسیار کاربردی و مؤثر است. مسئله برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای مورد توجه بسیاری از محققان است. به‌عنوان مثال، برخی از این مطالعات به شرح زیر می‌باشد.

اشاپرینازاب و همکاران (۴) الگوریتم جدیدی را برای حل یک مدل مشخصه دلخواه از مدل برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای معرفی کردند. همچنین، می‌شماست و همکاران (۵) برخی از روش‌های موجود را برای حل مشکلات برنامه نویسی خطی بازه بررسی کرده و روش بهبود یافته و مدل‌های فرعی آن را در سال ۲۰۱۸ معرفی کرده است.

علیرغم این که مسئله برنامه‌ریزی خطی بازه‌ای توسط بسیاری از محققان مورد توجه قرار گرفته است، هیچ پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای صورت نپذیرفته است. از این رو در این مقاله با مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای سروکار داریم و از آن به عنوان ابزاری جهت تخصیص بهینه منابع آب استفاده خواهیم کرد.

این مقاله در شش بخش تنظیم شده است. در بخش بعد با مسئله برنامه‌ریزی درجه دوم قطعی و کلاسیک آشنا خواهیم شد. بعضی از مفاهیم ضروری اعمال و حساب بازه‌ای را در بخش ۳ مرور خواهیم کرد. در بخش چهارم مسئله برنامه‌ریزی درجه

دوم بازه‌ای و روش حل آن را بیان خواهیم کرد. در بخش پنجم کاربرد برنامه‌ریزی درجه دوم در تخصیص بهینه منابع آب را در قالب یک مثال ارائه خواهیم کرد و سرانجام در بخش انتهایی به جمع‌بندی خواهیم پرداخت.

۲- مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم

یکی از مهم‌ترین رده‌های مسایل برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی درجه دوم است و بسیاری از مسایل به‌طور طبیعی با استفاده از برنامه‌ریزی درجه دوم نمایش داده می‌شوند. فرم کلی مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم به‌صورت (فرمول ۱) است:

$$\begin{aligned} \text{Min (Max) } Z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} x_i x_j \\ \text{s.t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq \geq) b_i, i \in N_m, \\ x_j \geq 0, j \in N_n. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ و $b^T = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ به‌ترتیب بردار هزینه و بردار سمت راست قیود و $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ به ازای هر $i \in N_m$ و $j \in N_n$ ماتریس ضرایب قیود نامیده می‌شود. همچنین $Q = [q_{ij}]_{m \times n}$ به ازای هر $i \in N_m$ و $j \in N_n$ ماتریس ضرایب درجه دوم و بردار $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ نشان‌دهنده متغیرهای تصمیم مسأله است. مدل‌سازی و حل بسیاری از کاربردهای مهندسی از جمله آنالیز رگرسیون، پردازش تصویر و سیگنال، تخمین پارامترها، طراحی فیلتر، کنترل بهینه و موارد دیگر با برنامه‌ریزی درجه دوم صورت می‌گیرد.

مطالعات گوناگونی در خصوص ارائه الگوریتم‌های کارا و مفید برای حل برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای قطعی صورت گرفته است. در حالی‌که برنامه‌ریزی درجه دوم دارای پارامترهایی است که به‌طور معمول قابل پیش‌بینی نیستند یا دارای درجه‌ای از عدم قطعیت است. در چنین مواردی، ابهامات را می‌توان با استفاده از داده‌های بازه‌ای مدل‌سازی کرد. در این مقاله، مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای بازه‌ای ارائه می‌شود.

۳- اعمال حساب بازه‌ای

برخی از تعاریف اساسی و خصوصیات اعداد بازه‌ای و حساب بین بازه‌ها را می‌توان در (۶) مشاهده کرد.

تعریف ۱: یک عدد بازه‌ای یک بازه بسته مانند

$$\tilde{A} = [a_L, a_R] = \{a: a_L \leq a \leq a_R, a \in \mathbb{R}\}$$

است در جایی که a_L و a_R به‌ترتیب در حد چپ و راست بازه \tilde{A} روی مجموعه اعداد حقیقی می‌باشند. اگر $a_R = a_L$ ، آنگاه

$\tilde{A} = [a, a]$ یک عدد حقیقی است.

تعریف ۲: هر عدد بازه‌ای را می‌توان به‌صورت $\tilde{A} = (m(\tilde{A}), w(\tilde{A}))$ نیز نمایش داد که در آن $m(\tilde{A})$ و $w(\tilde{A})$ به‌ترتیب نقطه

میانی و نصف گسترده عدد بازه‌ای \tilde{A} نامیده و به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$m(\tilde{A}) = \frac{1}{2}(a_L + a_R), \quad w(\tilde{A}) = \frac{1}{2}(a_R - a_L) \quad (2)$$

تعریف ۳: فرض کنید $[a, b]$ و $[c, d]$ دو عدد بازه‌ای دلخواه باشند. بنابراین، چهار عملیات حسابی [جمع +، تفریق -،

ضرب \times و تقسیم $/$] بر روی اعداد بازه‌ای به شرح فرمول‌های (۳ تا ۶) است:

$$[a, b] + [c, d] = [a+c, b+d] \quad (3)$$

$$[a, b] - [c, d] = [a-d, b-c] \quad (4)$$

$$[a, b] \times [c, d] = [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}] \quad (5)$$

$$\frac{[a, b]}{[c, d]} = [a, b] \times \left[\frac{1}{d}, \frac{1}{c} \right] \left[\min \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\}, \max \left\{ \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d} \right\} \right], \quad 0 \in [c, d] \quad (6)$$

همچنین عملیات حسابی روی اعداد بازه‌ای خواص مهمی را برآورده می‌کند. برای ارائه این خواص فرض کنیم $\tilde{A} = [a_L, a_R]$, $\tilde{B} = [b_L, b_R]$, $\tilde{C} = [c_L, c_R]$, $\tilde{0} = [0, 0]$ و $\tilde{1} = [1, 1]$ باشد. با استفاده از این نمادها، خواصی به شرح زیر فرموله می‌شوند:

$$\tilde{A} + \tilde{B} = \tilde{B} + \tilde{A},$$

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = \tilde{B} \times \tilde{A},$$

$$(\tilde{A} + \tilde{B}) + \tilde{C} = \tilde{A} + (\tilde{B} + \tilde{C}),$$

$$(\tilde{A} \times \tilde{B}) \times \tilde{C} = \tilde{A} \times (\tilde{B} \times \tilde{C}),$$

$$\tilde{A} = \tilde{A} + \tilde{0} = \tilde{0} + \tilde{A}$$

$$\tilde{A} = \tilde{A} \times \tilde{1} = \tilde{1} \times \tilde{A},$$

۴- برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای و روش حل

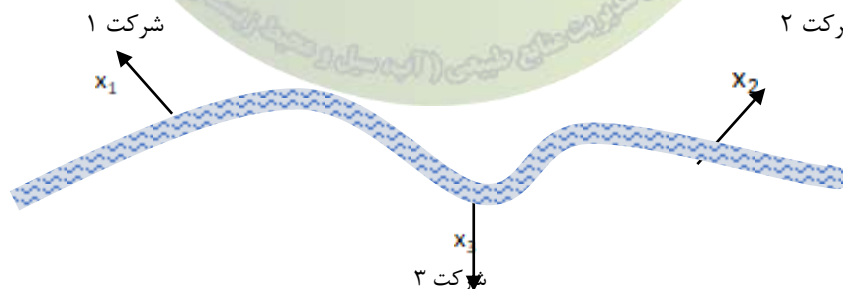
در اینجا، ابتدا مدل IQP را تعریف می‌کنیم سپس یک روش برای حل مسئله ذکر خواهیم کرد. در این مقاله به IQP زیر پرداخته شده است که در آن ضریب و عناصر سمت راست محدودیت‌ها همه اعداد بازه‌ای هستند:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} x_i x_j \\ \text{s.t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n [a_{ij}^L, a_{ij}^U] x_j \geq [b_i^L, b_i^U], \quad i=1, \dots, m \\ x_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

روش‌های متفاوتی برای حل این مسئله ارائه شده است که ما در این مقاله از روش ارائه شده توسط قربانی و همکاران (۷) را به کار خواهیم گرفت. آنها به کمک اعمال حساب بازه‌ای ثابت کردند هر محدودیت این مسئله دارای کران پایین $\sum_{j=1}^n a_{ij}^U x_j \geq b_i^L$ و کران بالا $\sum_{j=1}^n a_{ij}^L x_j \geq b_i^U$ می‌باشد و به کمک این اثبات مدل (۷) را به دو مسئله کلاسیک برنامه‌ریزی درجه دوم تجزیه کرده و به دست آوردن جواب بهین این دو مسئله به راحتی جواب بهینه مدل (۷) را نیز به صورت بازه‌ای تعیین می‌کنند.

۵- کاربرد برنامه‌ریزی درجه دوم در تخصیص بهینه منابع آب

یک رودخانه را در نظر بگیرید که سه شرکت مصرف‌کننده آب در مسیر وجود دارند (همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است). هر بنگاه محصولی مهم و استراتژیک را تولید می‌کند که در ساخت آن به آب به عنوان یک منبع مهم نیاز است.



شکل ۱: رودخانه با سه مصرف‌کننده عمده

سه شرکت را با اندیس $j=1,2,3$ و میزان آب تخصیص شده به آن‌ها با متغیر x_j نشان داده شده است. فرض کنید مسأله تعیین x_j به هر سه شرکت است به طوری که حداکثر سود کل $(\sum_j NB_j(x_j))$ حاصل شود. از طرفی فرض کنید که مقدار کل آب موجود قابل تخصیص محدود به مقدار Q است. همچنین مزایای خالص $NB_j(x_j)$ هر شرکت به صورت زیر محاسبه شده است:

$$NB_1(x_1) = 3x_1 - x_1^2 \quad (8)$$

$$NB_2(x_2) = x_2 - x_2^2 \quad (9)$$

$$NB_3(x_3) = x_3 - x_3^2 \quad (10)$$

هدف تخصیص آب به هر بنگاه به طوری است که مزایای خالص $(TB(X))$ حداکثر شود.

$$TB(X) = (3x_1 - x_1^2) + (x_2 - x_2^2) + (x_3 - x_3^2) \quad (11)$$

حال فرض کنید که جریان موجود برای تخصیص به صورت قطعی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد و با یک بازه $[4, 5]$ نشان داده شده است بنابراین مسأله به صورت IQP تبدیل می‌شود به شرح زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Max } TB(X) &= (3x_1 - x_1^2) + (x_2 - x_2^2) + (x_3 - x_3^2) \\ \text{s.t. } &\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \leq [1.5, 4.5] \\ x_1, x_2, x_3 \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

با کمک روش ارائه شده توسط قربانی و همکاران (۷) جواب بهینه (فرمول ۱۳) به دست آمده است:

$$\bar{x} = (1.17, 0.17, 0.17) \quad (13)$$

$$\underline{x} = (1.5, 0.5, 0.5)$$

همچنین مقادیر حداقل و حداکثر بازه تابع هدف که ارزش خالص به آن تعلق دارد، نیز به ترتیب $Z = 2.75$ و $Z = 2.42$ است. در نتیجه داریم:

$$Z' = [2.42, 2.75].$$

۶- نتیجه گیری

در این مقاله با مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای سروکار داریم. در این مقاله تخصیص بهینه منابع آب به کمک برنامه‌ریزی درجه دوم بازه‌ای (Interval Quadratic Programming Problem) مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ابتدا بر روی یک روش حل برای مسأله برنامه‌ریزی خطی درجه دوم (QP) که در آن ضرایب و سمت راست محدودیت‌ها داده‌های بازه‌ای هستند، متمرکز می‌شویم که هر مسأله IQP را به دو مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم کلاسیک تجزیه کرده سپس این مسأله کلاسیک را با استفاده از الگوریتم SQP حل می‌کند در نهایت این روش را جهت تخصیص بهینه منابع آب به کار خواهیم گرفت.

۷- منابع و مراجع

- [1] Ashayerinasab, H. MishmastNehi, H. and A. M., "Solving the interval linear programming problem: A new algorithm for a general case," Expert Systems With Applications, vol. 93, p. 39-49, 2018.
- [2] Kochenberger, G. Hao, J. K. Glover, F. Lewis, M. Lü, Z. Wang, H. and Wang, Y. "The unconstrained binary quadratic programming problem: a survey," Journal of Combinatorial Optimization, vol. 28, no. 1, pp. 58-81, 2014.
- [3] Takapoui, R. Moehle, N. Boyd, S. and Bemporad, A. "A simple effective heuristic for embedded mixed-integer quadratic programming," International Journal of Control, pp. 1-11, 2017.
- [4] Liuzzi, G. Locatelli, M. and Piccialli, V. "A new branch-and-bound algorithm for standard quadratic programming problems," Optimization Methods and Software, vol. 34, no. 1, pp. 79-97, 2019.
- [5] Mohd, I. B. "A global optimization using interval arithmetic," Journal of Fundamental Science, vol. 2, pp. 76-88, 2006.
- [6] Hormazdabadi, M. G. Nehi, H. M. and Allahdadi, M. "Optimal solution set in interval quadratic programming problem," JOURNAL OF MATHEMATICAL EXTENSION, 2019.



- [7] Mishmast Nehi, H. Ashayerinasab, H. and M. Allahdadi, "Solving methods for interval linear programming problem: a review and an improved method," Oper Res Int J, pp. 1-25, 2018.



بهره‌وری و کارایی مصرف منابع آب به کمک برنامه‌ریزی درجه دوم فازی

مهدی شاهینی^۱، نعمت اله تقی نژاد^{۲*}، فاطمه طالبشیان^۳

^{۳،۲،۱} استادیار گروه ریاضی و آمار دانشکده علوم پایه و فنی مهندسی دانشگاه گنبد کاووس

*^۱ntaghienzhad@gonbad.ac.ir

چکیده

برنامه‌ریزی درجه دوم یکی از مهم‌ترین مسایل برنامه‌ریزی غیرخطی کلاسیک با کاربرد واقعی است. از طرفی عدم قطعیت جزئی جدایی‌ناپذیر از مدل‌های واقعی است و یکی از بهترین روش‌های پوشش عدم قطعیت، استفاده از منطق فازی می‌باشد. ما در این مقاله این ابزار کارآمد را در محیط فازی جهت بهره‌وری و کارایی مصرف منابع آب بکار خواهیم گرفت و با یک مثال نشان خواهیم داد روش پیشنهادی نتایج مورد قبولی گزارش می‌کند.

واژگان کلیدی: برنامه‌ریزی درجه دوم فازی، برنامه‌ریزی درجه دوم، اعمال و حساب فازی، اعداد فازی.

۱- مقدمه

مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم یکی از مهم‌ترین مسائل کلاسیک بهینه‌سازی است که به جستجو بیشینه یا کمینه یک تابع درجه دوم تحت قیود خطی تساوی یا نامساوی می‌پردازد. در سال ۲۰۱۰، گلوور و همکاران یک روش مبتنی بر جستجوی تابو برای حل برنامه‌ریزی درجه دوم باینری را تشریح کردند (۱). در سال ۲۰۱۴، کوکمبرگر و همکاران به مطالعه برنامه‌ریزی درجه دوم غیرمقید باینری پرداختند (۲). تکاپویی و همکاران در سال ۲۰۱۷ الگوریتم جستجوی سریع را برای برنامه‌ریزی درجه دوم محذب کمینه پیشنهاد کردند (۳). از طرفی وجود ابهام و عدم قطعیت در دنیای واقعی امری غیرقابل انکار است و تعیین مقادیر دقیق پارامترها میسر نمی‌باشد. در چنین مواقعی می‌توان از منطق فازی که ابزاری مناسب برای بیان و تشریح عدم قطعیت و دقت در رویدادها است، استفاده کرد. بهینه‌سازی فازی توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است و برنامه‌ریزی درجه دوم فازی از این قاعده مستثنی نبوده است. عباس مولایی در سال ۲۰۱۴ برنامه‌ریزی درجه دوم را با قیود نامساوی فازی مورد بررسی قرار داد (۴). در سال ۲۰۱۸ نیز طالبشیان و تقی‌نژاد روشی برای حل برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای فازی ارائه کردند در مدل ارائه شده توسط آن‌ها فقط متغیرها قطعی و بقیه کامل فازی بود (۵).

در سال ۲۰۱۸ نیز تقی‌نژاد و طالبشیان روشی برای حل برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای فازی ارائه کردند در مدل ارائه شده توسط آن‌ها فقط متغیرها قطعی و بقیه کامل فازی بود (۱۰).

این مقاله در شش بخش تنظیم شده است. در بخش بعد با مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم قطعی و کلاسیک آشنا خواهیم شد. بعضی از مفاهیم ضروری اعمال و حساب فازی را در بخش ۳ مرور خواهیم کرد. در بخش چهارم مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم فازی و روش حل مورد نظر را بیان خواهیم کرد. در بخش پنجم کاربرد برنامه‌ریزی درجه دوم در تخصیص بهینه منابع آب را در قالب یک مثال ارائه خواهیم کرد و سرانجام در بخش انتهایی به جمع‌بندی خواهیم پرداخت.

۲- مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم

یکی از مهم‌ترین رده‌های مسایل برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی درجه دوم است و بسیاری از مسایل به‌طور طبیعی با استفاده از برنامه‌ریزی درجه دوم نمایش داده می‌شوند. فرم کلی مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم به‌صورت (فرمول ۱) است:

$$\begin{aligned} \text{Min (Max) } Z &= \sum_{j=1}^n c_j x_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij} x_i x_j \\ \text{s.t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j (\leq = \geq) b_i, i \in N_m, \\ x_j \geq 0, j \in N_n. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$ و $b^T = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ به ترتیب بردار هزینه و بردار سمت راست قیود و $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ به ازای هر $i \in N_m$ و $j \in N_n$ ماتریس ضرایب قیود نامیده می‌شود. همچنین $Q = [q_{ij}]_{m \times n}$ به ازای هر $i \in N_m$ و $j \in N_n$ ماتریس ضرایب درجه دوم و بردار $x^T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ نشان‌دهنده متغیرهای تصمیم مسأله است. مدل‌سازی و حل بسیاری از کاربردهای مهندسی از جمله آنالیز رگرسیون، پردازش تصویر و سیگنال، تخمین پارامترها، طراحی فیلتر، کنترل بهینه و موارد دیگر با برنامه‌ریزی درجه دوم صورت می‌گیرد.

مطالعات گوناگونی در خصوص ارائه الگوریتم‌های کارا و مفید برای حل برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای قطعی صورت گرفته است. در حالی که برنامه‌ریزی درجه دوم دارای پارامترهایی است که به‌طور معمول قابل پیش‌بینی نیستند یا دارای درجه‌ای از عدم قطعیت است. در چنین مواردی، ابهامات را می‌توان با استفاده از داده‌های بازه‌ای مدل‌سازی کرد. در این مقاله، مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم با پارامترهای بازه‌ای ارائه می‌شود.

۲- اعمال حساب فازی

در این بخش برخی از تعاریف مقدماتی نظریه فازی مورد نیاز را بیان خواهیم کرد (۶، ۷).

تعریف ۱: یک زیر مجموعه فازی A از مجموعه مرجع X توسط یک تابع $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$ به نام تابع عضویت مشخص می‌شود که در آن برای هر x از X مقدار $\mu_A(x)$ میزان عضویت x در مجموعه فازی A را نشان می‌دهد.

$$\bar{A} = \{ (x, \mu_{\bar{A}}(x)) \mid x \in X \}$$

تعریف ۲: مجموعه (معمولی) عناصری از X که درجه عضویت آن‌ها در مجموعه فازی A حداقل به بزرگی $\alpha \in [0, 1]$ باشد، مجموعه α -برش A نامیده می‌شود و با نماد A_α نشان داده می‌شود. یعنی:

$$A_\alpha = \{ x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha, \alpha \in [0, 1] \}$$

تعریف ۳: فرض کنید A مجموعه‌ای فازی در X باشد. ارتفاع مجموعه A ، به‌صورت فرمول ۳ تعریف می‌شود:

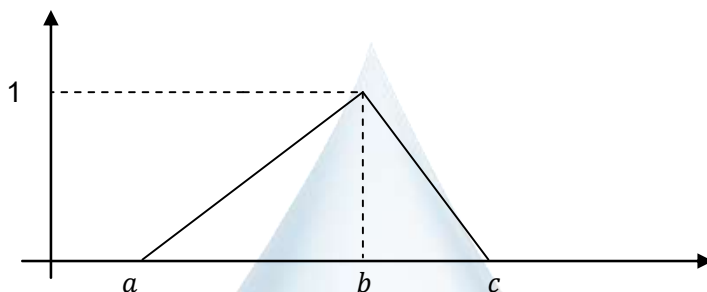
$$h(A) = \sup_{x \in X} \mu_A(x) \quad (3)$$

تعریف ۴: مجموعه فازی A محدب است اگر $\forall \alpha \in [0, 1]$ ، مجموعه α -برش آن مجموعه‌ای محدب باشد.

تعریف ۵: هر مجموعه فازی A که بر روی مجموعه مرجع X از اعداد حقیقی، محدب، دارای ارتفاع یک و پیوسته باشد را یک عدد فازی می‌نامیم.

حالت خاصی از اعداد فازی، عدد فازی مثلثی است. هر عدد فازی مثلثی به‌صورت $\bar{A} = (a, b, c)$ نمایش داده می‌شود. در شکل ۱، نمایش گرافیکی این عدد و تابع عضویت آن به‌صورت فرمول ۴ تعریف می‌شود:

$$\mu_{\tilde{x}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{o.w.} \end{cases} \quad (4)$$



شکل ۱- نمودار تابع عضویت عدد فازی مثلثی

تعریف ۶: فرض کنید $\tilde{A} = (x_a, y_a, z_a)$ و $\tilde{B} = (x_b, y_b, z_b)$ دو عدد فازی مثلثی و $c \in \mathbb{R}$ عددی حقیقی دلخواه باشند. در این صورت اعمال جمع و ضرب فازی به صورت فرمول ۵ تعریف می‌شوند:

$$\begin{aligned} \tilde{A} + \tilde{B} &= (x_a + x_b, y_a + y_b, z_a + z_b) \\ c\tilde{A} &= \begin{cases} (cx_a, cy_a, cz_a) & c \geq 0 \\ (cz_a, cy_a, cx_a) & c < 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

تعریف ۷: فرض کنید $\tilde{A} = (x_a, y_a, z_a)$ و $\tilde{B} = (x_b, y_b, z_b)$ دو عدد فازی مثلثی باشند. در این صورت داریم (فرمول ۶):

$$\begin{aligned} \tilde{A} \leq \tilde{B} &\Leftrightarrow \begin{cases} x_a \leq x_b \\ y_a \leq y_b \\ z_a \leq z_b \end{cases} \\ \tilde{A} = \tilde{B} &\Leftrightarrow \begin{cases} x_a = x_b \\ y_a = y_b \\ z_a = z_b \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

۳- برنامه‌ریزی درجه دوم فازی و روش حل

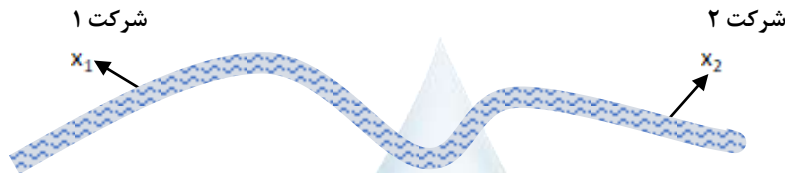
شکل کلی و متعارف مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم فازی به صورت فرمول (۷) تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min (Max) } Z &= \sum_{j=1}^n \tilde{c}_j \tilde{x}_j + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \tilde{x}_i \tilde{x}_j \\ \text{s.t. } &\begin{cases} \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \tilde{x}_j (\leq \geq) \tilde{b}_i, i \in N_m, \\ \tilde{x}_j \geq 0, j \in N_n. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

که در این مقاله تمامی پارامترها و متغیرهای تصمیم مسأله برنامه‌ریزی درجه دوم به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته می‌شوند. ما در این مقاله از روش حل تقی‌نژاد و طالشیان (۱) استفاده خواهیم کرد که همه اعداد فازی را به صورت مثلثی در نظر گرفته سپس با استفاده از عملیات فازی روش جدیدی را برای حل مسئله ذکر شده ارائه دادند.

۴- کاربرد برنامه‌ریزی درجه دوم در تخصیص بهینه منابع آب

یک رودخانه را در نظر بگیرید که سه شرکت مصرف‌کننده آب در مسیر وجود دارند (همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است). هر بنگاه محصولی مهم و استراتژیک را تولید می‌کند که در ساخت آن به آب به‌عنوان یک منبع مهم نیاز است.



شکل ۱- رودخانه با دو مصرف‌کننده عمده

سه شرکت را با اندیس $z=1,2$ و میزان آب تخصیص شده به آن‌ها با متغیر x_j نشان داده شده است. فرض کنید مسأله تعیین x_j به هر سه شرکت است به طوری که حداقل آب تخصیص داده شود و از طرفی نیاز حداقل این شرکت‌ها و همچنین محدودیت حداکثر مقدار قابل تخصیص رعایت شود. بنابراین تابع هدف این مسأله به صورت فرمول ۸ تشکیل خواهد شد:

$$TB(X) = (3x_1 - x_1^2) + (x_2 - x_2^2) \quad (8)$$

از طرفی محدودیت حداقل آب مورد نیاز شرکت‌ها به صورت فرمول ۹ مدل‌سازی می‌شود:

$$x_1 + x_2 \geq 5 \quad (9)$$

و محدودیت حداکثر آب قابل تخصیص به این دو شرکت به صورت زیر فرموله شده است (فرمول ۱۰):

$$x_1 + x_2 \leq 7 \quad (10)$$

حال با توجه به واقعی بودن مسأله مورد نظر که جریان موجود برای تخصیص به صورت قطعی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد از اعداد فازی جهت پوشش عدم قطعیت موجود در داده‌ها استفاده می‌کنیم در نتیجه با نظر و مشورت با متخصصین این حوزه اعداد فازی جهت مدل‌سازی و حل مسأله استفاده خواهند شد. بنابراین مسأله به صورت با داده‌های فرضی به صورت فرمول ۱۱ تبدیل می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{Min } TB(X) &= (3\tilde{x}_1 - \tilde{x}_1^2) + (\tilde{x}_2 - \tilde{x}_2^2) \\ \text{s.t. } \begin{cases} \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 \geq (4.5, 5, 6), \\ \tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 \leq (6, 7, 8), \\ \tilde{x}_1, \tilde{x}_2 \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (11)$$

این مسأله را به کمک روش حل تقی‌نژاد و طالشیان (۵) حل کرده و جواب بهینه تابع هدف به ازای α -برش‌های متمایز در جدول ۱ لیست شده است.

جدول ۱- مقادیر تابع هدف به ازای α -برش‌های مختلف

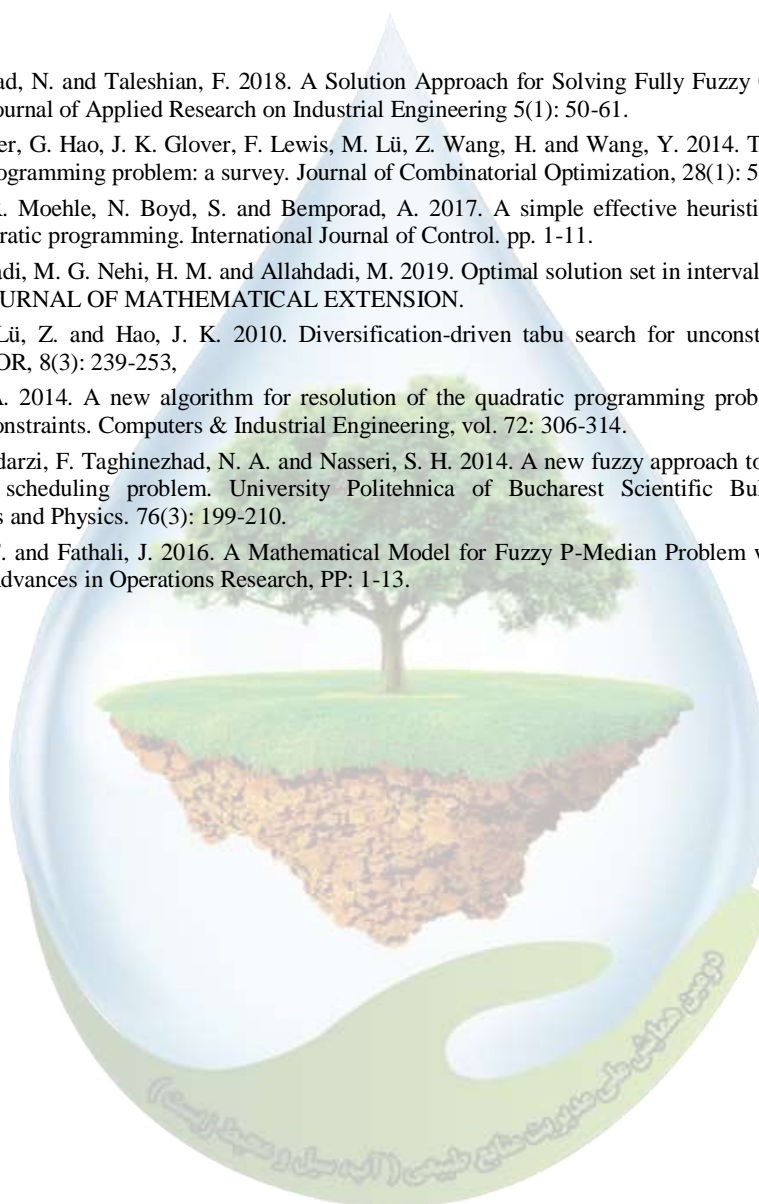
α	۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱
z_{α}^l	-۴/۸	-3.7	-3.3	-۲/۹	-۲/۵	-۲/۱
z_{α}^u	-۱	-۱/۲	-۱/۳	-۱/۶	-۱/۸	-۲/۱

۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک مسأله بهره‌وری و کارایی مصرف منابع آب را با برنامه‌ریزی درجه دوم مدل‌سازی کرده و با توجه به عدم قطعیت موجود در این مسأله از منطق فازی جهت پوشش عدم قطعیت مذکور استفاده کردیم. در ادامه فرم کلی برنامه‌ریزی درجه دوم فازی و یک روش کارآمد جهت حل آن را بیان و یک مثال جهت ارزیابی مسأله ارائه شد.

۶- منابع

- 1- Taghi-Nezhad, N. and Taleshian, F. 2018. A Solution Approach for Solving Fully Fuzzy Quadratic Programming Problems. Journal of Applied Research on Industrial Engineering 5(1): 50-61.
- 2- Kochenberger, G. Hao, J. K. Glover, F. Lewis, M. Lü, Z. Wang, H. and Wang, Y. 2014. The unconstrained binary quadratic programming problem: a survey. Journal of Combinatorial Optimization, 28(1): 58-81.
- 3- Takapoui, R. Moehle, N. Boyd, S. and Bemporad, A. 2017. A simple effective heuristic for embedded mixed-integer quadratic programming. International Journal of Control. pp. 1-11.
- 4- Hormazdabadi, M. G. Nehi, H. M. and Allahdadi, M. 2019. Optimal solution set in interval quadratic programming problem. JOURNAL OF MATHEMATICAL EXTENSION.
- 5- Glover, F. Lü, Z. and Hao, J. K. 2010. Diversification-driven tabu search for unconstrained binary quadratic problems. 4OR, 8(3): 239-253,
- 6- Molai, A. A. 2014. A new algorithm for resolution of the quadratic programming problem with fuzzy relation inequality constraints. Computers & Industrial Engineering, vol. 72: 306-314.
- 7- Khalili Goodarzi, F. Taghinezhad, N. A. and Nasserli, S. H. 2014. A new fuzzy approach to solve a novel model of open shop scheduling problem. University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin-Series A-Applied Mathematics and Physics. 76(3): 199-210.
- 8- Taleshian, F. and Fathali, J. 2016. A Mathematical Model for Fuzzy P-Median Problem with Fuzzy Weights and Variables. Advances in Operations Research, PP: 1-13.



تأثیر کاربرد همزمان زئولیت و پرلیت در خاک جهت نگهداشت آب، کاهش نیاز به کود

حسین چترائی^۱، سجاد چهره‌قانی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه ارومیه

^۲ عضو هیات علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه

۱ و * st_h.chatrayi@urmia.ac.ir

چکیده

در تحقیق حاضر اثرات متفاوت حاصل از تیمارهای به کار گرفته شده از زئولیت طبیعی، پرلیت منبسط شونده و ترکیب هر دو آن‌ها بر ظرفیت نگهداشت آب در خاک و سپس کاربرد ترکیب زئولیت - پرلیت جهت عدم نیاز به کود و در نتیجه تولید محصولات ارگانیک بررسی گردیده است. به طور کلی کاربرد پرلیت منبسط شونده در سطوح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی خاک، مقدار رطوبت قابل استفاده خاک را بیش از زئولیت به کار برده شده در سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش داده است. همچنین استفاده همزمان از زئولیت و پرلیت نه تنها نیاز به کود را به صفر رسانده بلکه باعث کاهش دور آبیاری و در نتیجه با وجود این شرایط عملکرد رشدی و میوه‌دهی بوته گوجه فرنگی را موجب شده است.

واژگان کلیدی: زئولیت، پرلیت منبسط شونده، نگهداشت آب، عدم نیاز به کود.

۱- مقدمه

۱-۱- اهمیت آب در کشاورزی

آب یکی از مهم‌ترین منابع تولید در کشاورزی محسوب می‌شود. اهمیت این نهاد در کشور ایران به دلایل محدودیت منابع از یک طرف و کم بودن راندمان آبیاری و هدررفت بخش عمده‌ای از منابع آب از طرف دیگر، دو چندان می‌باشد (۲). بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و دسترسی به منابع آبی مهم‌ترین عامل محدودکننده توسعه کشاورزی در ایران است. در طول چند سال اخیر، افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی از طریق اعمال روش‌های کم آبیاری یکی از موضوعات مورد مطالعه محققین و برنامه‌ریزان کشاورزی بوده است (۷). رشد جمعیت و افزایش نیاز غذایی، نیازمند افزایش تولید و برداشت از منابع محدود آب است. بر همین اساس در آینده نزدیک افزایش کارایی مصرف آب توسط گیاه و راهکارهای مربوطه جزء چالش‌های مهم خواهد شد. کم‌آبیاری به عنوان مصرف آب کمتر از نیاز آبی گیاه، شیوه‌ای در راستای به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب، تولید پایدار و امنیت غذایی است (۱۵). ایران با میانگین بارش سالانه حدود ۲۴۰ میلی‌متر یکی از کشورهای جهان است که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته است. توزیع نامناسب زمانی و مکانی نزولات جوی با توجه به نیازهای کشاورزی یکی دیگر از مشکلات بخش کشاورزی می‌باشد (۳). از سویی دیگر کمبود اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی رو به رو نموده است. از این جهت، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی به دلیل محدودیت منابع آب و خاک، با مشکلات رو به رو است، بیشتر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است (۹ و ۱۰).

اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری فنون پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبت خاک و افزایش ظرفیت نگهداشت آب در آن از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازده آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور است. یکی از

راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن، استفاده از مواد جاذب رطوبت است. محدودیت منابع آب کشور، ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب به ویژه در نواحی خشک کشور را دوچندان می‌سازد. اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله راهکارهای مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب کشور است (۴).

۱-۲- اثر تنش‌های آبی بر گیاه

در میان تنش‌های غیرزنده، خشکی مهمترین مشکل زراعی است که باعث کاهش عملکرد محصولاتی می‌شود که به صورت دائم یا دوره‌ای در معرض آن قرار می‌گیرند. ایران منطقه‌ای خشک و نیمه خشک بوده و بیشتر زمین‌های زراعی با مشکل کم آبی مواجه می‌باشند که این پدیده عمده ترین دلیل کاهش عملکرد محسوب می‌شود (۵). گیاهان در مراحل رشدی مختلف، حساسیت‌های متفاوتی به خشکی داشته و تأثیر خشکی بر عملکرد آنها متفاوت است. اولین نشانه تنش خشکی در گیاه، بازدارندگی سریع رشد اندام هوایی و به مقدار کم رشد ریشه است. پاسخ گیاه به شرایط تنش، تغییر مورفولوژیک برخی از اندام‌هاست. همان طوری که گیاهان در شرایط بدون تنش بیشترین طول و عرض برگ، تعداد ساقه گلدار و تعداد کل ساقه تولیدی را داشتند. کاهش آب قابل دسترس باعث کاهش توسعه سطح برگ شده و همچنین بر میزان فتوسنتز نیز اثر خواهد گذاشت. هر چه میزان تنش بیشتر شود گیاه توان جذب آب و مواد غذایی کافی را نخواهد داشت و انرژی که باید صرف رشد و نمو و تقسیم و تکثیر سلولی شود صرف توسعه ریشه و جذب آب و مواد غذایی می‌گردد (۱۷).

در گزارش‌های متعددی تأثیرات تنش خشکی بر گیاهان، خصوصاً بر رشد و نمو یا تغییرات ساختاری گیاه که منجر به افزایش یا کاهش تحمل گیاه نسبت به تنش می‌شود، بررسی شده است (۱۲ و ۱۹). تأثیر تنش خشکی بر هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب برگ و یا اثرات سوخت و سازی مانند افزایش کارایی مصرف آب و تنظیم حرکات روزنه‌ای که با تغییرات اساسی در فرآیندهای فیزیولوژیک، تحمل گیاه را نسبت به تنش زیاد می‌کنند به اثبات رسیده است (۱۴ و ۲۰). از طرفی بیان شده است که گیاهان در تنش‌های محیطی با ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی با این تنش‌ها مقابله می‌کنند (۱۶ و ۱۹).

۱-۳- اثر مواد معدنی در خاک با تمرکز بر موضوع نگهداشت آب

۱-۳-۱- زئولیت^۳

در سال‌های اخیر کاربرد مواد معدنی طبیعی به منظور بهبود باروری، اصلاح ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک که منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک نیز می‌شود توصیه شده است که زئولیت یکی از این مواد می‌باشد (۱۱). زئولیت یک ماده معدنی است که عمدتاً از آلومینوسیلیکات تشکیل شده و کاربرد تجاری عمده آن در صنایع به‌عنوان جاذب سطحی است. یکی از علل استفاده از زئولیت در تولیدات کشاورزی و بهره‌وری خاک، خاصیت جذب رطوبت و نگهداری آن برای مدت طولانی و صرفه جویی در مصرف کود شیمیایی و جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. این مواد به‌شدت آبدوست بوده که ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب در موقع نیاز ریشه، به راحتی آب و مواد غذایی محلول در آب را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهند. زئولیت‌ها قادرند بیشتر از ۶۵ درصد وزن خود، آب جذب کنند، که این به‌خاطر تخلخل ساختار کریستالی آن است که در دوران کمبود رطوبت، آن را به صورت طولانی مدت در خود نگه داشته و سپس در اختیار ریشه قرار می‌دهند. برخلاف سایر بهبود دهنده‌های خاک، زئولیت سریعاً در خاک تجزیه نمی‌شود، بلکه در خاک مانده (به‌صورت تجزیه نشده) و مواد مغذی آن را بهبود می‌بخشد. بنابراین در اثر ذخیره آن مواد در بخش ریشه نیاز خاک به آب و سایر کودها را

^۱ Stomatal Conductance (SC)

^۲ content Relative water (RWC)

^۳ zeolit (z)

به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (۱۳). از سویی دیگر زئولیت دارای مواد اولیه‌هایی مانند پتاسیم، کلسیم، آلومینیوم، منیزیم، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، آهن و منگنز است که خود به تنهایی به عنوان کود در کشاورزی می‌تواند مطرح باشد (۸).

۲-۳-۱- پرلیت^۱

پرلیت به یک شیشه ولکانیکی آلومینه سیلیکاته با ترکیب مشابه ریولیت یا آندزیت اطلاق می‌شود که مقدار ۲-۵٪ آب در شبکه بلوری خود دارد و با یک سیستم شکاف های متحد المركز یا شعاعی معروف به بافت پرلیتی مشخص می‌شود. پرلیت با داشتن اجزای متخلخل باعث بهبود تنفس و آبکشی سیستم ریشه گیاهان شده و ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی را افزایش می‌دهد (۱). نتایج پژوهش زهرا زارعی و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که پرلیت می‌تواند به عنوان یک ماده به ساز خاک سبب کاهش آب‌گریزی خاک شود و از این رو سبب افزایش سهولت حرکت آب در خاک شده و از هدر رفتن آب به صورت رواناب جلوگیری کند (۶). به طور تخصصی کاربرد پرلیت در زمینه‌های کشاورزی و باغبانی به شرح ذیل می‌باشد (۱).

الف) تثبیت کننده خاک در باغبانی

ب) تکثیر نهال درخت و پیوندها

پ) نرم کردن خاک های رسی

ت) کشاورزی هیدروپونیک که در آن گیاهان توسط مایعات تغذیه می‌شوند.

د) جلوگیری از تبخیر آب در مناطق کشاورزی

۲- مواد و روش‌ها

این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ برای بررسی و مطالعه تأثیر زئولیت، پرلیت و ترکیب زئولیت - پرلیت به منظور افزایش نگهداری آب، عدم نیاز به کود و در نتیجه خصوصیات رشدی گیاه، ابتدا آزمایشی به صورت فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار به منظور میزان نگهداری آب به اجرا در آمد. فاکتورهای آزمایش شامل زئولیت شاهین دژ در ابعاد زیر ۲ میلی‌متر در چهار سطح صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی خاک، پرلیت منبسط شونده در ابعاد زیر ۶ میلی‌متر در چهار سطح صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی خاک و ترکیب زئولیت - پرلیت در ده سطح صفر، $۱۰(p) + ۱۰(z)$ ، $۱۵(p) + ۱۰(z)$ ، $۲۰(p) + ۱۰(z)$ ، $۱۵(p) + ۲۰(z)$ ، $۱۰(p) + ۲۰(z)$ ، $۱۵(p) + ۲۰(z)$ ، $۱۰(p) + ۳۰(z)$ ، $۱۵(p) + ۳۰(z)$ و $۱۰(p) + ۳۰(z)$ می‌باشد. جهت انجام طرح از ۳۲ گلدان استفاده شد. مقدار آب‌دهی به گلدان‌ها طبق ظرفیت زراعی خاک بدست آمده، ۱۰۰ میلی‌لیتر بود. پس از آب‌دهی، گلدان‌ها به مدت ۲-۴ ساعت در مقابل نور خورشید قرار گرفت. مدت زمان‌های اندازه‌گیری مقدار رطوبت خاک به ترتیب برابر ۲، ۴، ۶ و ۸ روز یک بار به روش توزین انجام گرفت. پس از توزین نمونه‌های گلدانی، مقدار آب از دست رفته به گلدان‌ها اضافه شد.

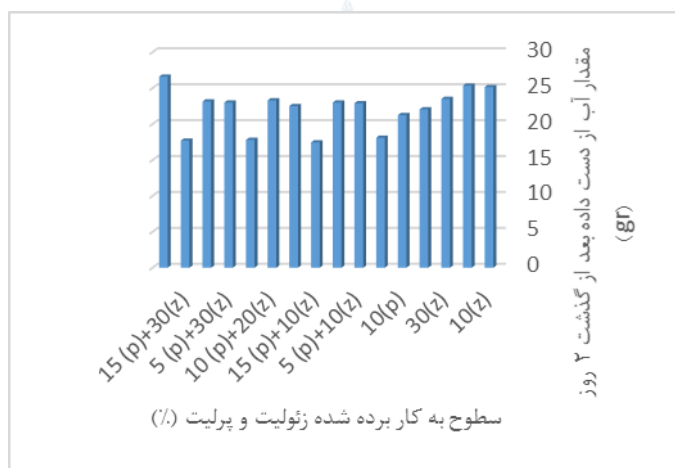
آزمایش بعدی به منظور عدم نیاز به کود (۸) و در نتیجه تولید محصولات ارگانیک (۱۸) در زمینی که سال اول کاشت خود را تجربه می‌کرد، بر روی گیاه گوجه فرنگی به صورت کرت بندی انجام گرفت. در این آزمایش از ترکیب زئولیت - پرلیت به دلیل کاربردهای متنوع هر دو آن‌ها استفاده شد (۱، ۸ و ۱۳). در هنگام کاشت بوته گوجه فرنگی، ابتدا پرلیت منبسط شونده و سپس مخلوط زئولیت و خاک به صورت دستی روی ریشه و اطراف بوته ریخته شد. اولین آبیاری بعد از کاشت بوته‌ها در همان روز و دومین و سومین آبیاری، هر ۶ روز یکبار (به دلیل قرار داشتن بوته‌ها در دوره نهال و ضعیف بودن آن‌ها جهت تحمل تنش آبی) انجام گرفت. بعد از آن، هر ۱۲ روز یکبار با توجه به نیاز آبی بوته‌ها، آبیاری انجام گرفت. البته لازم به ذکر است که بعد از شروع به میوه‌دهی گیاهان، دور آبیاری به هر ۸ روز یکبار کاهش پیدا کرد.

^۱ Perlite (p)

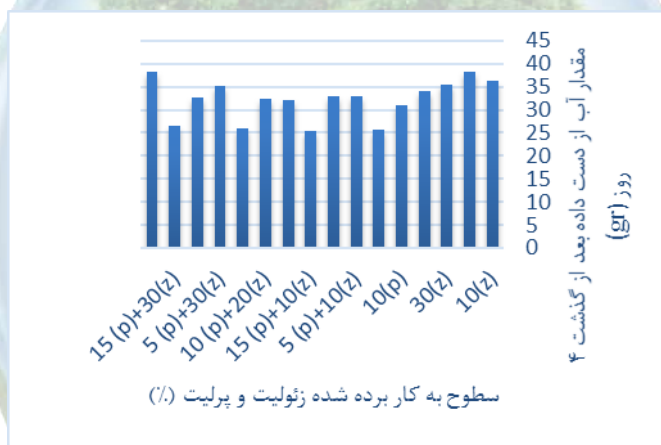
۳- نتایج و بحث

۳-۱- تأثیر زئولیت، پرلیت و ترکیب زئولیت - پرلیت به منظور افزایش نگهداری آب

نمودارهای مربوط به میزان رطوبت خاک برای هر درصد استفاده زئولیت، پرلیت و ترکیب زئولیت - پرلیت، بعد از گذشت ۲ روز (نمودار ۱)، بعد از گذشت ۴ روز (نمودار ۲)، بعد از گذشت ۶ روز (نمودار ۳) و بعد از گذشت ۸ روز (نمودار ۴) به شرح ذیل می‌باشد.



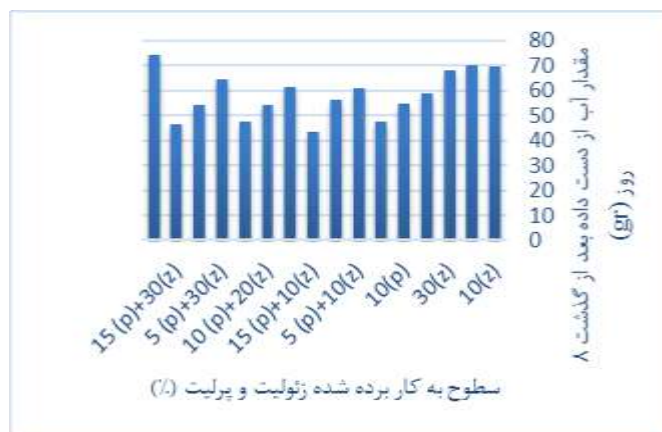
نمودار ۱ - اندازه‌گیری مقدار آب از دست داده بعد از گذشت ۲ روز



نمودار ۲ - اندازه‌گیری مقدار آب از دست داده بعد از گذشت ۴ روز



نمودار ۳- اندازه‌گیری مقدار آب از دست داده بعد از گذشت ۶ روز



نمودار ۴- اندازه‌گیری مقدار آب از دست داده بعد از گذشت ۸ روز

از مطالعه کلی نمودارهای مربوط به میزان رطوبت خاک برای هر درصد استفاده زئولیت، پرلیت و ترکیب زئولیت - پرلیت بعد از گذشت ۲، ۴، ۶ و ۸ روز چنین نتیجه می‌شود:

۱- نتایج نشان می‌دهد نمونه‌هایی که دارای درصدهای مختلف زئولیت (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی خاک) می‌باشند در مقایسه با نمونه‌هایی که دارای درصدهای مختلف پرلیت منبسط شونده (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی خاک) می‌باشند، مقدار آب بیشتری را از دست داده‌اند.

۲- در نمونه‌هایی که دارای درصدهای مختلف زئولیت - پرلیت می‌باشند، مقدار آب از دست داده، تفاوت معناداری را با مقدار آب از دست داده در نمونه‌هایی که دارای درصدهای مختلف پرلیت منبسط شونده می‌باشد، نداشته و می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های دارای پرلیت منبسط شونده میزان آب بیشتری را در خود ذخیره می‌کند و استفاده از پرلیت به تنهایی مقدار رطوبت آب در خاک را افزایش می‌دهد.

۳- نمونه‌هایی که دارای ۱۵ درصد وزنی خاک، پرلیت منبسط شونده می‌باشند (۱۵(p) + ۱۰(z)، ۱۵(p) + ۲۰(z) و ۱۵(p) + ۳۰(z)) بیشترین میزان آب را در خود ذخیره می‌کنند.

۱۰- همانگونه که در نمودارهای ۱، ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش تعداد روزهای اندازه‌گیری، اختلاف بیشتری مابین نمونه فاقد سطوح به کار برده شده زئولیت و پرلیت و سایر نمونه‌ها که دارای درصدهای مختلف زئولیت، پرلیت و زئولیت - پرلیت می‌باشد از نظر مقدار آب از دست داده، به وجود می‌آید. به عنوان مثال، اختلاف مابین نمونه ۱۵(p) + ۳۰(z) و نمونه فاقد سطوح به کار برده شده زئولیت و پرلیت از نظر مقدار آب از دست داده بعد از گذشت ۲، ۴، ۶ و ۸ روز به ترتیب برابر است با: ۸/۹، ۱۱/۸، ۱۷/۹۵ و ۲۷/۵۵ (برحسب گرم).

۳-۲- تأثیر ترکیب زئولیت - پرلیت به منظور عدم نیاز به کود و در نتیجه تولید محصولات ارگانیک

شکل ۱، عملکرد رشدی بوته گوجه فرنگی را در ترکیب زئولیت - پرلیت و فاقد کود به دلیل دارا بودن خواص کودی زئولیت نشان می‌دهد (۸).



شکل ۱ - عملکرد رشدی بوته گوجه فرنگی در ترکیب زئولیت - پرلیت و فاقد کود

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، استفاده همزمان از زئولیت و پرلیت نه تنها نیاز به کود را به صفر رسانده بلکه باعث کاهش دور آبیاری و در نتیجه با وجود این شرایط، عملکرد رشدی و میوه‌دهی بوته گوجه فرنگی را موجب شده است. لازم به ذکر است که تفاوت دو عکسی که در تاریخ‌های ۶ و ۱۶ تیرماه گرفته شده است در گلدهی بوته می‌باشد. در تاریخ ۲۳ تیرماه بوته شروع به باردهی و در تاریخ ۱۲ مردادماه تعدادی از گوجه‌فرنگی‌ها قابل برداشت است. به‌طور خلاصه نتایج نشان می‌دهد کاربرد همزمان زئولیت و پرلیت باعث حفظ رطوبت بیشتر خاک، کاهش دور آبیاری، غنی شدن خاک به وسیله زئولیت به دلیل دارا بودن مواد اولیه‌ای چون پتاسیم، کلسیم، آلومینیوم، منیزیم، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، آهن، منگنز و به تبع آن عدم نیاز خاک به کود (۸) شده است. هر چند استفاده از این جاذب‌های رطوبتی می‌تواند در خدمت توسعه پایدار کشاورزی و حفظ منابع زیستی باشد، اما مطالعات بیشتری برای پی بردن به نسبت‌های صحیح اختلاط آن‌ها با خاک لازم است.

۴- منابع و مراجع

۱. افخمی نهند، ع. ۱۳۹۴. بررسی کاربردهای نوین پرلیت در صنعت، معدن و کشاورزی با نگرشی خاص به پرلیت‌های آذربایجان شرقی، دومین کنفرانس بین‌المللی و سومین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی، مشهد، دانشگاه تربیت‌حیدریه، دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. اشراقی، ف. قاسمیان، س. د. بررسی بهره‌وری اقتصادی مصرف آب در استان گلستان. ۳۱۷-۳۲۲.
۳. بافکار، فرهادی بانسوله، و برومندنسب. "بهینه سازی مصرف آب بخش کشاورزی با استفاده از نتایج یک مدل شبیه‌سازی رشد گیاه (مطالعه موردی: ماهیدشت-کوزران استان کرمانشاه). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک ۲۳،۶ (۲۰۱۷): ۳۰۱-۳۱۵.
۴. بیروتی، ز. سامانی، م. ا. سامانی، م. س. and اف یونی، م. عنوان: کاربرد سوپر جاذب‌های زئولیت، کود دامی و پودر لاستیک در توسعه پایدار کشاورزی.
۵. رمضان، غ. عباس‌زاده، ب. اثر تنش خشکی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه *Nepeta pogonosperma Jamzad et Assadi* در تراکم‌های مختلف.
۶. زارعی، ز. موسوی، س. ع. ا. ثامنی، ع. م. و کامگارحقیقی، ع. ا. اثر برخی اصلاح‌کننده‌های آلی و معدنی بر تغییرات زمانی آب‌گیری پویا و ایستادگی یک خاک آهکی.

۷. صارمی, et al. "تأثیر کم آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب عدس در خرم آباد." مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۲۲,۳ (۲۰۱۵): ۳۳۷-۳۴۲.
۸. عابدی کوپایی, ج., موسوی, س.ف. و معتمدی, آ. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر کاربرد زئولیت. کلینوپتی لولایت در کاهش آبتجویی کود اوره از خاک. نشریه آب و فاضلاب ۳. ۵۱-۵۷.
۹. فرهادی, دانیال; حمیدرضا اصغری; محمدرضا عامریان و علی عباسپور, ۱۳۹۳, کاربرد زئولیت در سطوح مختلف فسفر در زراعت مناطق خشک, دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و کویری, سمنان, دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان, مرکز بین المللی بیابان دانشگاه تهران.
۱۰. ملکوتی, م. ج. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران.
۱۱. نظری, ف., ۱۳۹۵, استفاده از زئولیت های طبیعی در بسترهای کشت به منظور نگهداری آب و جلوگیری از آبتجویی کودها, اولین همایش ملی مدیریت آب با رویکرد مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی, همدان.

12. Alves, A.A.C., and Setter, T.L., 2001. Response of cassava leaf expansion to water deficit: cell proliferation, cell expansion and delayed development. *Am. Bot*, 94: 605- 613.
13. Al-Lataifeh, N.K. 2001. Evaluation of zeolite as a horticultural substrate for indoor plants. M.Sc. thesis, Jordan University of Science and Technology, Irbid, Jordan.
14. Chaves, M.M., Morocco, J.P., Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought Stress.
15. Fereres, Elias, and María Auxiliadora Soriano. 2006. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of experimental botany* 58.2: 147-159.
16. Mohsenzade, S., Malboobi, M.A., Razavi, K., Farrahi, Ashtiani, S., 2006., Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (poaceas) to water deficit, *Environmental and Experimental Botany*, 56: 374- 322.
17. Neumann, P.M., 2008. Coping mechanisms for crop plants in drought-prone environments. *Annals of Botany*, 101(7): 901-907.
18. Stobbelaar, DJ, Casimir G, Orghuis J, Marks I, Meijer L and Zebeda S. 2006. Adolescents' attitudes towards organic food: a survey of 15- to 16-year old school children. *International Journal of Consumer Studies* ISSN.
19. Tesfaye, K., Walker, S., Tsubo, M., 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions, *Eur. J. Agron*, 25 :70- 60.
20. Yadav, R., Bhushan, C., 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. *Indian J Agricultural Research*, 35: 104-107.

Effect of simultaneous application of zeolite and perlite on soil for water retention, reducing the need for fertilizer

Hossein Chatrayi^{1,*}, Sajjad Chehreghani¹

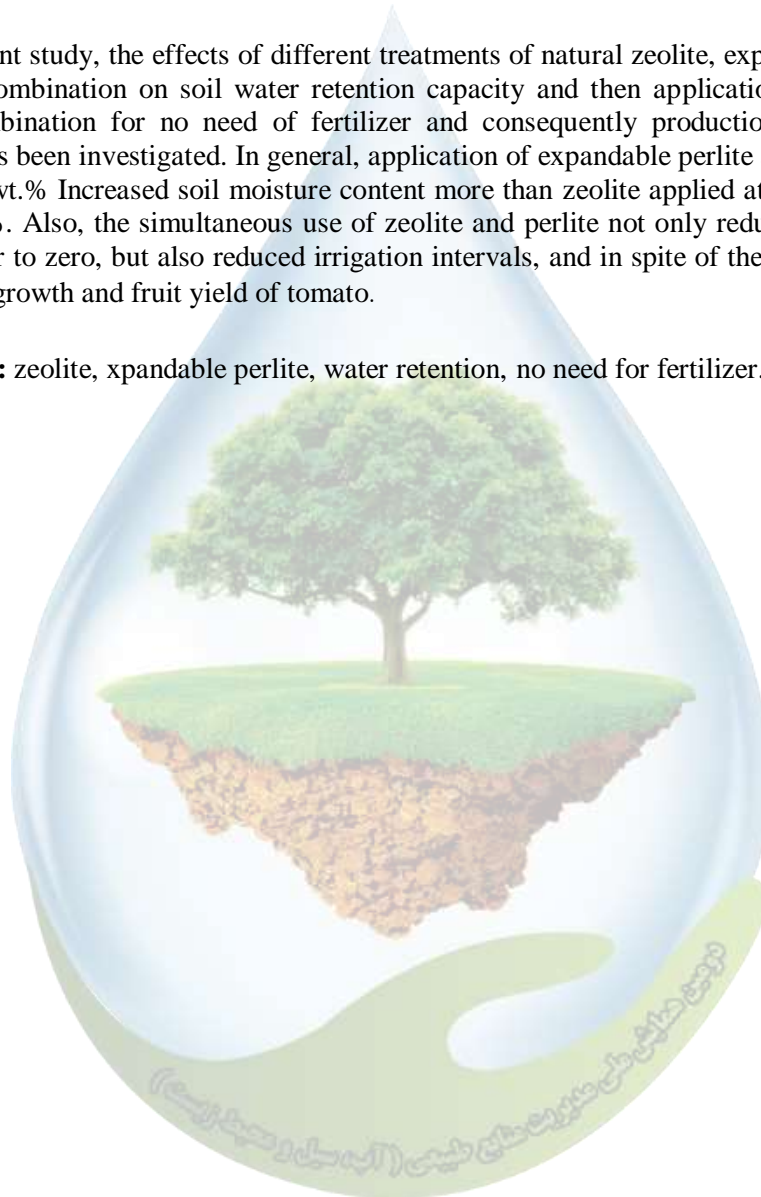
Department of Mining Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.

*1, * E-mail: st_h.chatrayi@urmia.ac.ir*

Abstract

In the present study, the effects of different treatments of natural zeolite, expanded perlite and their combination on soil water retention capacity and then application of zeolite-perlite combination for no need of fertilizer and consequently production of organic products has been investigated. In general, application of expandable perlite at levels of 5, 10 and 15 wt.% Increased soil moisture content more than zeolite applied at levels of 10, 20 and 30%. Also, the simultaneous use of zeolite and perlite not only reduced the need for fertilizer to zero, but also reduced irrigation intervals, and in spite of these conditions resulted in growth and fruit yield of tomato.

Keywords: zeolite, xpandable perlite, water retention, no need for fertilizer.



بررسی اثر الیسیتورها بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رنگیزه‌های فتوسنتزی زوفا (*Hyssopus officinalis L.*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عاطفه سادات موسوی^{۱*}، دکتر معصومه نعیمی^۲، دکتر عبدالطیف قلی‌زاده^۳، دکتر علی‌راحمی^۴
^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد اکولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس،^{۲،۳،۴} دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس
^{۱*} mousavi.s1993@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و کیتوزان بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد اسانس گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis L.*) در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل دور آبیاری در سه سطح ۷، ۱۴ و ۲۱ روزه به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح محلول‌پاشی شامل عدم مصرف الیسیتور (تیمار شاهد: محلول‌پاشی با آب خالص)، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، محلول‌پاشی کیتوزان (۵ گرم در لیتر) و تلفیق اسید سالیسیلیک و کیتوزان به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تحقیق نشان داد اثر متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر صفات محتوای نسبی آب برگ، نشت یونی، کلروفیل a و b معنی‌دار بود اما بر میزان کارتنوئید برگ بی‌معنی بود. طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها، مصرف اسید سالیسیلیک سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ و کاهش نشت الکترولیت گیاه در تیمار تنش شدید (۲۱ روزه) شد. هم‌چنین مشخص کرد که کاربرد کیتوزان تحت شرایط کمبود رطوبت (دور آبیاری ۲۱ روزه)، منجر به افزایش قابل ملاحظه (به ترتیب ۵۸٪ و ۳۸٪) کلروفیل a و b نسبت به عدم مصرف محلول‌پاشی گردید. مصرف توأم این دو الیسیتور نیز سبب افزایش میزان کارتنوئید گیاه تحت تنش شد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم آنتی‌اکسیدان، تنش خشکی، درصد اسانس، کاتالاز، گیاه دارویی

۱- مقدمه

گیاهان دارویی در طول تاریخ همیشه مورد مصرف انسان‌ها قرار داشته و آثار دارویی و موارد استفاده آن بر هیچ‌کس پوشیده نیست (۴). کشت گیاهان دارویی همانند دیگر زراعت‌ها با مشکلاتی روبه‌رو است (۱). در این بین، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سراسر جهان می‌باشد، به طوری که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی است (۱۲). افزایش در نشت یونی و کاهش محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تحت شرایط تنش در بسیاری از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (۳، ۷، ۵) و در مقابل مشخص شده است که کاربرد اسیدسالیسیلیک سبب کاهش این خسارت می‌شود. الیسیتورها ترکیباتی با منشأ زیستی یا غیرزیستی هستند که از طریق القای سیستم دفاعی باعث بیوسنتز و انباشت متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (۱۵) و از این طریق باعث افزایش تحمل به خشکی گیاه می‌شوند. یکی از جدیدترین این ترکیبات که می‌تواند باعث کاهش اثرات تنش خشکی شود، کیتوزان است (۲ و ۶).

استفاده از اسید سالیسیلیک نیز در شرایط تنش خشکی باعث افزایش بعضی از فرایندهای فیزیولوژیکی می‌گردد که می‌تواند به مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی بیفزاید. گیاه زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) از خانواده نعنائیان (*Lamiaceae*)، گیاهی بوته‌ای و پایا است که بخش‌های قابل استفاده آن سرشاخه‌های گلدار، برگ و بذر می‌باشد. اساس زوفا به‌عنوان طعم‌دهنده در بسیاری از محصولات غذایی و لوازم آرایشی به‌کار می‌رود (۱۴) و دارای اثر ضد آیدز (۱۰) و نیز فعالیت ضدباکتریایی و ضدقارچی است (۱۳، ۱۶). باتوجه به شرایط اقلیمی ایران و بروز تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی و همچنین اهمیت گیاه دارویی زوفا، هدف از این پژوهش بررسی اثر کاربرد برگ‌های اسیدسالیسیلیک و کیتوزان بر برخی صفات فیزیولوژیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه زوفا تحت شرایط کم‌آبیاری بود.

۲- مواد و روش

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس با مختصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا در زمستان و بهار سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی در این آبیاری در سه سطح شامل دور آبیاری ۷ روزه (I_1)، دور آبیاری ۱۴ روزه (I_2) و دور آبیاری ۲۱ روزه (I_3) به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح محلول‌پاشی شامل عدم مصرف الیسیتورها (تیمار شاهد محلول‌پاشی با آب خالص)، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، محلول‌پاشی کیتوزان (۵ گرم در لیتر) و تلفیق اسید سالیسیلیک و کیتوزان به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ

میزان آب نسبی برگ بر حسب درصد و از طریق رابطه (۱) محاسبه شد در این رابطه F_w وزن تازه، T_w وزن آماس و D_w وزن خشک برگ‌ها بر حسب گرم می‌باشند:

$$RWC = (F_w - D_w / S_w - D_w) \times 100 \quad (1)$$

به‌منظور سنجش میزان نشت الکتروولت از روش سانکار (۲۰۱۰) استفاده شد. سنجش محتوی کلروفیل a و b براساس روش آرنون (۱۹۴۹) و اشرف و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار کارتنوئید از روش (Lichtenthaler, 1987) با در نظر گرفتن میزان جذب نمونه‌ها در ۴۷۰ نانومتر استفاده شد. جهت آنالیز آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS (Ver.9) استفاده گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- محتوای نسبی آب برگ (RWC)^۱

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف آبیاری، محلول‌پاشی و برهمکنش آن‌ها بر محتوای نسبی آب برگ بود ($P < 0.01$ ، جدول ۲). تحت تمام تیمارهای آبیاری کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار صفت مذکور گردید و به‌ویژه در تیمار تنش شدید (آبیاری ۲۱ روزه) مصرف اسید سالیسیلیک افزایش ۳۰/۵۴ درصدی محتوای رطوبت نسبی نسبت به تیمار شاهد را به همراه داشت. پیش از این محققان دیگر گزارش کردند سالیسیلیک‌اسید سبب افزایش محتوای رطوبت نسبی آب در ریحان تحت تنش خشکی گردیده است.

¹ Relative water content

۳-۲- نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتورهای آبیاری، محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت نشت الکترولیت در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. مصرف اسید سالیسیلیک باعث کاهش نشت یونی و افزایش پایداری غشاء سلولی در تنش ۲۱ روزه شده بود. نقی‌زاده و غلامی توران پستی (۹) گزارش کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک موجب کاهش نشت یونی در گیاه گندم گردید که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی زوفا

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی	کارتونوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	نشت الکترولیت	محتوای نسبی آب برگ
تکرار	۲	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۲۰	۱۵/۵۵	۵۲/۶۰
آبیاری	۲	۳/۷۷**	۰/۲۴ ^{ns}	۸/۲۴**	۹۵۸/۹۴**	۲۶۵/۵۲**
خطای اصلی	۴	۰/۰۴	۰/۲۳	۰/۳۴	۷/۹۲	۱۴/۰۸
محلول‌پاشی	۳	۴/۷۳**	۰/۴۳*	۵/۹۱**	۱۵۰/۵۹**	۱۳۷/۶۷**
محلول‌پاشی×آبیاری S×I	۶	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۳۹*	۱/۰۲**	۱۷/۷۵**	۵۴/۶۸**
خطای فرعی	۱۲	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۳	۳/۹۱	۷/۲۷
ضریب تغییرات C.v.	-	۷/۳۵	۱۰/۹۲	۵/۷۲	۳/۴۵	۴/۳۵

ns, **, * به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطوح ۱ و ۵ درصد.

۳-۳- رنگیزه‌های فتوسنتزی

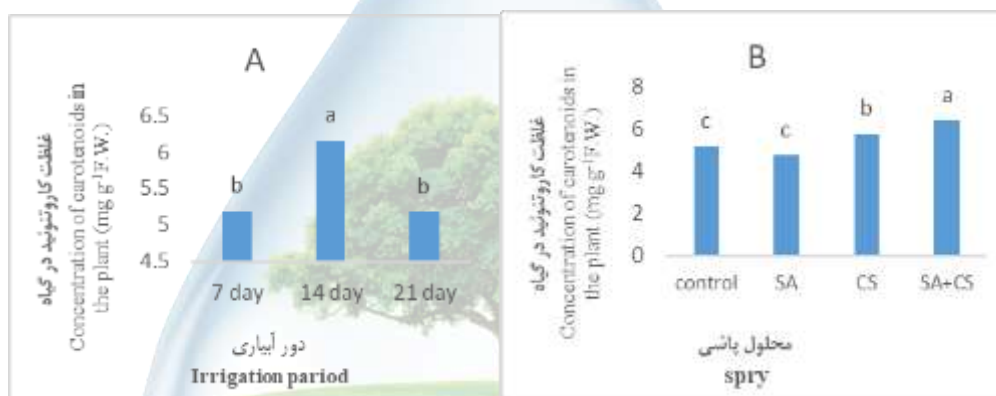
تیمار آبیاری و محلول‌پاشی و برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت کلروفیل a در گیاه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. میزان غلظت کارتونوئید تحت تأثیر اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی قرار نگرفت، اما اثرات ساده آبیاری و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری بر صفت مذکور داشتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها هم‌چنین مشخص کرد کاربرد کیتوزان تحت شرایط کمبود رطوبت (دور آبیاری ۲۱ روزه)، منجر به افزایش قابل ملاحظه (به ترتیب ۵۸٪ و ۳۸٪) کلروفیل a و b نسبت به عدم مصرف محلول‌پاشی گردید. در رابطه با کارتونوئید تنش ۲۱ روزه سبب کاهش اندکی در میزان غلظت این رنگیزه شد و در مقابل محلول‌پاشی توام اسیدسالیسیلیک و کیتوزان به میزان ۲۳/۷۹٪ غلظت کارتونوئید را نسبت به عدم مصرف افزایش دادند. با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با شدت تنش خشکی کاهش یافته و کاربرد اسیدسالیسیلیک و کیتوزان موجب افزایش آن در شرایط تنش خشکی شده است، که با نتایج موساپور یحیی آبادی (۸) روی گیاه شنبلله مطابقت دارد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل آبیاری و محلول‌پاشی بر صفات مورد ارزیابی زوفا

تیمارها	نشت	رطوبت نسبی (%)	
		کلروفیل a	کلروفیل b
آبیاری	محلول پاشی		
شاهد	H ₁	۳۴/۴۹ ^a	۶۵/۵۰ ^b
	H ₂	۲۵/۷۸ ^b	۷۴/۲۲ ^a
	H ₃	۳۳/۲۷ ^a	۶۶/۷۲ ^b
	H ₄	۳۸/۱۹ ^a	۶۱/۸۰ ^b
LSD		۶/۰۷	۱/۵۴

۱۴ روزه	H ₁	۳/۲۵ ^a	۴/۴۵ ^b	۴۲/۰۴ ^a	۵۷/۹۵ ^b
	H ₂	۳/۰۵ ^a	۶/۱۰ ^a	۳۷/۲۳ ^b	۶۲/۷۶ ^a
	H ₃	۳/۳۰ ^a	۶/۷۱ ^a	۳۹/۸۴ ^a	۶۰/۱۵ ^b
	H ₄	۲/۷۰ ^a	۶/۹۰ ^a	۳۶/۴۱ ^b	۶۳/۵۸ ^a
LSD		۱/۶۳	۱/۳۲	۲/۵۱	۲/۵۱
۲۱ روزه	H ₁	۲/۴۲ ^b	۴/۳۰ ^c	۵۱/۶۰ ^a	۴۸/۳۹ ^b
	H ₂	۲/۴۷ ^b	۵/۵۲ ^b	۳۶/۸۲ ^b	۶۳/۱۷ ^a
	H ₃	۳/۳۴ ^a	۶/۸۰ ^a	۴۳/۴۴ ^{ab}	۵۶/۵۵ ^{ab}
	H ₄	۲/۹۵ ^{ab}	۶/۳۲ ^{ab}	۳۷/۰۰ ^b	۶۲/۹۹ ^a
LSD		۰/۵۴	۱/۱۵	۱۲/۴۴	۱۲/۴۴

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.



شکل شماره ۱- اثرات ساده آبیاری (A) و محلول‌پاشی (B) بر میزان کاروتنوئید (حروف مشابه بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار)

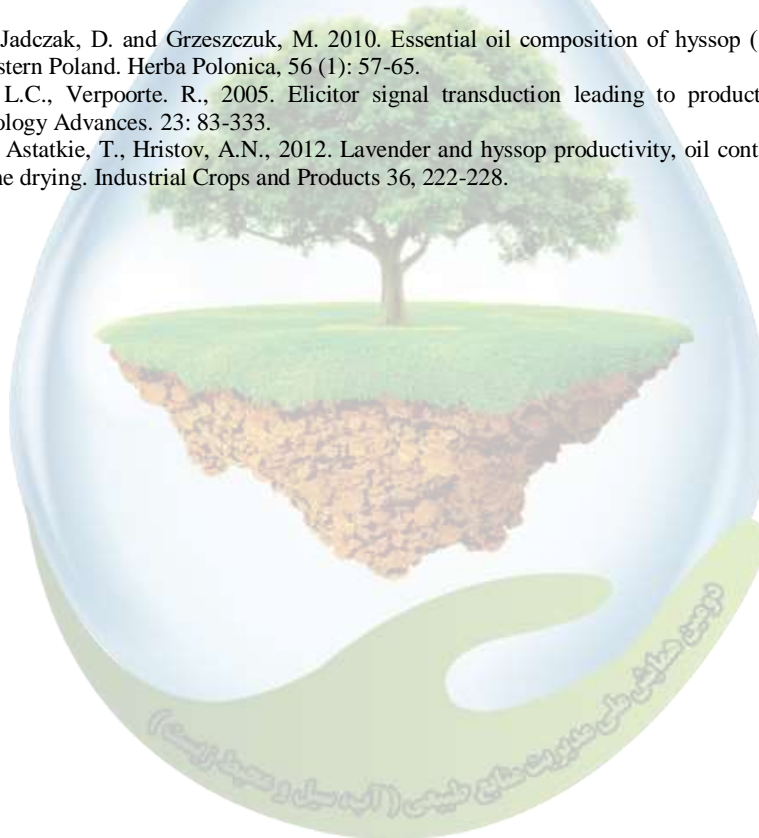
۴- نتیجه‌گیری:

با توجه به این که کمبود آب یکی از مشکلات مهم و اساسی در کشت محصولات می‌باشد، بنابراین پژوهش در این مورد امری ضروری است. اندازه‌گیری برخی روش‌ها که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم به کمبود آب ارتباط دارند مانند شاخص کلروفیل، محتوی نسبی آب و نشت الکترولیت همگی به‌عنوان معیارهایی قابل توجه در گیاهان محسوب می‌شوند (۱۱). در بررسی صفت محتوی نسبی آب، کاربرد سالیسیلیک اسید توانست اثر سوء تنش خشکی را به‌ویژه در شرایط تنش شدید (۲۱ روزه) به‌وسیله تنظیم اسمزی و نگه‌داشت آب در گیاه کاهش دهد. این ماده هم‌چنین با تخریب رادیکال‌های آزاد از نشت غشاء جلوگیری کرد. در رابطه با رنگیزه‌های فتوسنتزی مشاهده شد کیتوزان سبب افزایش میزان کلروفیل‌ها شد و از این طریق باعث ایجاد مقاومت به تنش خشکی گردید. با توجه به نتایج این بررسی استفاده از سالیسیلیک اسید و کیتوزان جهت افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی به کشاورزان توصیه می‌شود.

۵- منابع:

- 1-Ahmad, P., and Prasad, M. N. V. 2012. Abiotic Stress Responses in Plants: Metabolism, Productivity and Sustainability. Springer. New York.
- 2- Amiri, A., Esmaeilzadeh Bahabadi, S. and Sirius Mehr. A.R. 2013. The effect of chitosan spraying on crop yield under drought stress. First National Conference of Agricultural Engineering and Natural Resources, Hamedan.
- 3- Borsani, O., Valpuesta, V., and Botella, M. N. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedling. Plant Physiology 126: 1024-1030.

- 4- Dehghan Pour, H. and Dehghanzadeh, H., 2013. Investigating the Economic and Social Factors Affecting the Use of Medicinal Plants in Yazd from the People's Point of View. Iranian Journal of Medicinal Plants and Herbs Research. 30 (1): 67-57.
- 5- Ghoulam, C. F., Ahmed, F., and Khalid, F. 2001. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental and Experiment Botany 47: 139-150.
- 6- Mahdavi, B., Modarres Sanavy, S. A. M., Aghaalikhani, M. and Sharifi, M. 2011. Effect of water stress and chitosan on Germination and proline of seedling in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Improvement, 25: 728-741.
- 7- Maria, E. B., Jose, D. A., Maria, C. B., and Francisco, P. A. 2000. Carbon partitioning and sucrose metabolism in tomato plants growing under salinity. Physiologia Plantarum 110: 503-511.
- 8- Mosapour Yahyaabadi, H., Asgharipour, M. R., Basiri, M. 2016. Role of chitosan in improving salinity resistance through some morphological and physiological characteristics in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center 7(1): 165-175.
- 9- Naghizadeh, M., and Gholami Tooran Poshti, M. 2014. Evaluation the effect of seed priming by salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. Agroecology 6(1), 162-170.
- 10- Najafpour-navayi, M., and Mirza, M. 2003. Comparison of chemical components of (*Hyssopus officinalis* L.) essential oil in vitro and in natural habitat. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants 18: 41-53.
- 11- Pormosavi, S.M., M. Galoi and J. Daneshian. 2006. Evaluation of manure application on soybean leaf chlorophyll content and membrane stability under drought conditions. 9 th Congress of Crop Sciences, pp: 205-208.
- 12- Ramazannejad, R., M. Lahooti, and A. Ganjali. 2013. Effect of salicylic acid spraying on some physiological and biochemical indices of susceptible and resistant chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Journal of Plant Echophysiology. 5(12): 46-62. (In Persian).
- 13- Soleimani, H., Barzegar, M., Sahari, M. A., and Naghdi Badi, H. 2011. An investigation on the antioxidant activities of (*Hyssopus officinalis* L.) and (*Echinacea Purpurea* L.) Plant extracts in oil model system. Journal of Medicinal Plant .10(37): 61-72.
- 14- Wesolowska, A., Jadcak, D. and Grzeszczuk, M. 2010. Essential oil composition of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) cultivated in north-western Poland. Herba Polonica, 56 (1): 57-65.
- 15- Zhao, J., Davis, L.C., Verpoorte, R., 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. Biotechnology Advances. 23: 83-333.
- 16- Zheljzkov, V.D., Astatkie, T., Hristov, A.N., 2012. Lavender and hyssop productivity, oil content, and bioactivity as a function of harvest time drying. Industrial Crops and Products 36, 222-228.



رتبه بندی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شمال کشور: کاربرد روش سلسله مراتبی فازی

پرستو تیموری هزارجریبی^۱ و قاسم لیانی^{۲*}

^۱ دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، ^۲ دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه شیراز
(*Ghaemlayani@shirazu.ac.ir*)^{۱,۲*}

چکیده

جنگل‌ها ارزش اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی داشته به طوری که در برخی کشورها، جنگل‌ها به‌عنوان مهم‌ترین منبع درآمدزا مطرح بوده و اقتصاد آن‌ها وابسته به منابع جنگلی می‌باشد. با توجه به اهمیت جنگل‌های کشور و روند تخریب آن، این پژوهش بر آن است تا ضمن رتبه بندی نقش و اهمیت جنگل‌های شمال ایران، عوامل مؤثر بر تخریب آن را نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد. بدین منظور پس از تکمیل پرسشنامه به وسیله کارشناسان از روش سلسله مراتبی فازی در تعیین وزن معیارها و زیر معیارها استفاده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین نقش و اهمیت جنگل‌های شمال از نظر معیار اجتماعی است و پس از آن مربوط به معیار زیست محیطی می‌باشد. همچنین بررسی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شمال حاکی از آن است که عوامل محیطی نظیر آتش سوزی و خشکسالی و برداشت چوب توسط روستائین در جهت تأمین سوخت و یا کسب درآمد از قاچاق چوب و همچنین بهره‌برداری غیر اصولی و احداث جاده‌های جنگلی مهم‌ترین عوامل تخریب به شمار می‌روند. لذا به منظور سیاست‌گذاری مناسب در جهت حفاظت از منابع داخلی توجه به این موارد می‌تواند مؤثر باشد.

واژگان کلیدی: جنگل، تخریب، فازی، تحلیل سلسله مراتبی

۱- مقدمه

جنگل‌ها ارزش اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی داشته به طوری که در برخی کشورها، جنگل‌ها به‌عنوان مهم‌ترین منبع درآمدزا مطرح بوده و اقتصاد آن‌ها وابسته به منابع جنگلی می‌باشد. افزایش جمعیت انسانی، متنوع شدن نیازها و آزمندی انسان‌ها، به خصوص در دوران پس از انقلاب صنعتی، تعادل و تناسب حضور انسان و بهره‌برداری وی از این عرصه‌ها را دچار مخاطره نموده و فشار بسیاری را به این عرصه‌ها وارد کرده است. نگاه آدمی در این دوران به جنگل‌ها بدون در نظر گرفتن نقش‌های بی‌بدیل جنگل، صرفاً نگاه سودمندانه به‌عنوان یک معدن چوب بوده است که سبب شد تا سطوح جنگل در مناطق مختلف دنیا به شدت در معرض تخریب قرار گرفته و بهره‌برداری و نابودی بی‌حد و حصر جایگزین همزیستی مسالمت‌آمیز انسان و جنگل در کنار همدیگر شود (۲).

براساس مطالعات علمی که با استفاده از عکس‌های هوایی در ایران در سال ۱۳۴۲ صورت گرفته است، مساحت جنگل‌های ایران معادل ۱۸ میلیون هکتار برآورد شد، اما به دلیل بهره‌برداری‌های بی‌رویه و تغییر کاربری، مدیریت نامطلوب و ناهماهنگ ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط با عرصه‌های منابع طبیعی و عدم توان آن‌ها در جلوگیری از قاچاق چوب، سطح جنگل‌های ایران به ۱۲/۴ میلیون هکتار در سال ۱۳۷۰ کاهش یافت، به طوری که سالانه حدود ۱۳۰ هزار هکتار از این عرصه‌ها تخریب و از مجموعه عرصه‌های جنگلی کشور کاسته شده است. در سال ۱۳۸۴ به دلیل جنگل‌کاری‌هایی که در

سال‌های اخیر صورت گرفت، سطح جنگل‌های کشور ۱۴/۳ میلیون هکتار برآورد شد و طبق آمارهای منتشر شده، سطح جنگل‌های کشور در سال ۱۳۸۹ به میزان ۱۴/۳ میلیون هکتار بوده است. از مجموعه جنگل‌های ایران فقط ۱/۲ میلیون هکتار را عرصه‌های تجاری و صنعتی با توان تولید مستمر چوب تشکیل می‌دهد که این سطوح مورد شدیدترین روند تخریبی ناشی از انواع بهره‌برداری‌ها قرار داشته و دارند. همچنین اختصاص زمین برای توسعه زراعت و باغات متکی به استفاده از اراضی جنگل و مرتع بوده و می‌باشد. علاوه بر آن به دلیل چرای تعداد دام‌ها بر ظرفیت مراتع و جنگل‌ها از یک سو و برداشت بوته، هیزم و ذغال از سوی دیگر موجبات تخریب مراتع و جنگل‌ها و فرسایش شدید خاک شده است (۱). با توجه به اهمیت جنگل‌های کشور و روند تخریب آن، این پژوهش بر آن است تا ضمن رتبه‌بندی نقش و اهمیت جنگل‌های شمال، عوامل مؤثر بر تخریب آن را نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار دهد.

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- الگوریتم فازی - فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱

در سال ۱۹۹۶ روشی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای توسط چانگ (۴) ارائه شد. در این روش هر یک از تصمیم‌گیرندگان مقایسه‌های زوجی خویش را با کاربرد عبارت‌های زبانی ایجاد می‌کنند که این عبارات به صورت اعداد فازی مثلثی $M=(l,m,u)$ تبدیل می‌گردد. عملگرهای ریاضی در زبان فازی به صورت روابط (۱-۳) تعریف می‌شوند:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (1)$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2) \quad (2)$$

$$M^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad (3)$$

در روش تحلیل توسعه‌ای در گام اول وزن معیارها و گزینه‌ها نسبت به معیارها محاسبه می‌گردد. در واقع برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه‌ای زوجی، مقدار S_i که خود عدد فازی مثلثی است به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود (۳ و ۴):

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_i^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_i^j \right]^{-1} \quad (4)$$

که i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. در این روش پس از محاسبه S_i ها درجه بزرگی آن‌ها نسبت به هم باید به دست آید. به طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \in X} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$ نشان داده می‌شود به صورت رابطه (۵) تعریف می‌گردد:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

جایی که d بالاترین تقاطع μ_{M_1} و μ_{M_2} می‌باشد (۵).

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه (۶) به دست می‌آید:

¹ FUZZY AHP

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad i=1,2,3,\dots,k \quad (6)$$

فرض کنید که $d(C_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\}$ برای $K=1,2,\dots,n$ and $k \neq i$. سپس بردار وزن معیارها به صورت $W' = (d'(C_1), d'(C_2), \dots, d'(C_n))^T$ خواهد بود. پس از نرمالایز کردن، بردار وزن نرمال شده به صورت رابطه (۷) خواهد بود:

$$w = (d(C_1), d(C_2), \dots, d(C_n))^T \quad (7)$$

که W عدد غیر فازی است. در نمودارهای زیر معیارها و زیر معیارهای مورد نظر جهت ارزیابی اهمیت جنگل‌های کشور و عوامل مؤثر بر تخریب آن ارائه شده است.



نمودار ۱- معیارها و زیرمعیارهای بررسی اهمیت جنگل‌های کشور



نمودار ۲- معیارها و زیرمعیارهای بررسی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شمال کشور

۳- نتایج و بحث

با استفاده از نظرات ۵ کارشناس و خبره در زمینه منابع طبیعی و جنگلداری، ماتریس‌های مقایسه‌ای برای هر معیار و شاخص‌های مربوط به آن‌ها تشکیل شده است. سپس با استفاده از روابط موجود در روش سلسله مراتبی فازی، اوزان برای هر معیار و زیر معیار تعیین شده است. در ابتدا از طریق میانگین حسابی نظرات کارشناسان با هم جمع و سپس براساس ماتریس مقایسه زوجی به دست آمده وزن‌ها محاسبه و گزارش شده است. در قسمت اول براساس نتایج به دست آمده از بین معیارهای

مربوط به نقش و اهمیت جنگل‌های شمال، معیار اجتماعی وزن بیشتری را به خود اختصاص داده است. بدین صورت که براساس نظرات کارشناسان وزن معیار اجتماعی ۰/۳۷۹ محاسبه شد. همچنین از بین معیارهای دیگر، معیار زیست محیطی با ۰/۳۲۱ و معیار اقتصادی با ۰/۱۶۳ در رده‌های بعدی قرار دارند. نکته قابل توجه اینکه براساس نظرات کارشناسان معیار آموزشی در مقایسه با سایر معیارها از اهمیت کمتری برخوردار است. از بین معیار اقتصادی درآمد حاصل از تولیدات غیر چوبی از جنگل و امکان چرای دام با ۰/۳۸۳ بیشترین وزن و درآمد حاصل از بازدید کنندگان از جنگل با ۰/۱۴۰ کمترین وزن را به خود اختصاص داده است. همچنین در این گروه، شاخص نقش جنگل در ایجاد درآمد حاصل از برداشت چوب و درآمد حاصل از عرضه آب و وزن یکسانی را به خود اختصاص داده‌اند. در بین زیر معیارهای زیست محیطی، اهمیت جنگل‌ها در افزایش کیفیت آب و جلوگیری از فرسایش خاک بیشتر از سایر شاخص‌ها عنوان شده است. به طوری که وزن به‌دست آمده برای این دو شاخص معادل ۰/۲۵۴ می‌باشد. پس از آن بیشترین اهمیت مربوط به حفاظت از گونه‌های جانوری (وزن ۰/۲۵۳) و تنوع زیست محیطی (۰/۲۳۷) می‌باشد. نکته قابل توجه اینکه براساس نظرات جمع آوری شده وزن شاخص‌ها در این گروه اختلاف چندانی از هم نداشته‌اند. براساس نتایج گزارش شده در جدول (۱) شاخص‌های مربوط به معیارهای اجتماعی از نظر کارشناسان اهمیت یکسانی داشته، به طوری که وزن محاسبه شده برای سه شاخص اول که شامل نقش جنگل در ایجاد اشتغال، نقش جنگل در ایجاد امکانات تفریحی و نقش جنگل در ایجاد هوای تازه بوده معادل ۰/۳۲۶ برآورد شده است. کمترین میزان وزن به‌دست آمده در این گروه مربوط به شاخص نقش جنگل در امکان بهره‌مندی رایگان از جنگل و فضای سبز (معادل ۰/۰۲۲) می‌باشد. در نهایت در گروه مربوط به معیار آموزشی، اهمیت جنگل در فراهم آوردن زمینه‌های لازم برای آموزش در مورد گیاهان و جانوران بیشتر از نقش آن در ارتقای آگاهی‌های زیست محیطی است به گونه‌ای که وزن به‌دست آمده برای این دو شاخص به ترتیب ۰/۵۳۶ و ۰/۴۶۴ محاسبه شده است. با توجه به وزن معیارها و زیر معیارها امکان مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر فراهم می‌شود. به نحوی که می‌توان با لحاظ وزن معیارها، برای هر یک از زیر معیارها وزن کلی به‌دست آورد تا بتوان آن‌ها را براساس درجه اهمیت مرتب نمود و مقایسه‌ای بین آن‌ها صورت پذیرد. با توجه به ستون آخر جدول (۱)، بیشترین وزن مربوط به سه شاخص نقش جنگل در اشتغال، امکانات تفریحی و هوای تازه است، به طوری که وزن کلی محاسبه شده برای این سه شاخص معادل ۰/۱۴۳ به‌دست آمده است. پس از آن شاخص نقش جنگل در افزایش کیفیت آب و نگهداری خاک بیشترین اهمیت را دارا بوده‌اند. همچنین کمترین وزن محاسبه شده مربوط به شاخص امکان بهره‌مندی رایگان از جنگل و فضای سبز (با وزنی معادل ۰/۰۰۹) می‌باشد.

جدول (۱): وزن محاسبه شده برای معیارها و زیر معیارهای مربوط به نقش و اهمیت جنگل‌های شمال کشور

رتبه بندی	وزن کل	رتبه بندی	وزن زیر معیار	وزن معیار	نقش و اهمیت جنگل‌های شمال کشور
معیار اقتصادی					
۰/۱۶۳					
۹	۰/۰۳۸۹	۲	۰/۲۳۸	۰/۱۶۳	درآمد حاصل از برداشت چوب
۱۰	۰/۰۲۲۸	۳	۰/۱۴۰	۰/۱۶۳	درآمد حاصل از بازدید کنندگان از جنگل
۷	۰/۰۶۲۶	۱	۰/۳۸۳	۰/۱۶۳	درآمد حاصل از تولیدات غیر چوبی از جنگل و امکان چرای دام
۸	۰/۰۳۸۹	۲	۰/۲۳۸	۰/۱۶۳	درآمد حاصل از عرضه آب و بارندگی
معیار زیست محیطی					
۰/۳۲۱					
۲	۰/۰۸۱۸	۱	۰/۲۵۴	۰/۳۲۱	نقش جنگل در افزایش کیفیت آب
۵	۰/۰۷۶۲	۳	۰/۲۳۷	۰/۳۲۱	نقش جنگل در تنوع زیست محیطی
۳	۰/۰۸۱۷	۱	۰/۲۵۴	۰/۳۲۱	نقش جنگل در نگهداری خاک
۴	۰/۰۸۱۵	۲	۰/۲۵۳	۰/۳۲۱	نقش جنگل در حفاظت از گونه‌های جانوران
معیار اجتماعی					
۰/۳۷۹					
۱	۰/۱۲۳۵	۱	۰/۳۲۶	۰/۳۷۹	نقش جنگل در ایجاد اشتغال
۱	۰/۱۲۳۵	۱	۰/۳۲۶	۰/۳۷۹	نقش جنگل در ایجاد امکانات تفریحی

۱	۰/۱۲۳۵	۱	۰/۳۲۶	نقش جنگل در ایجاد هوای تازه
۱۱	۰/۰۰۸۴	۲	۰/۰۲۲	امکان بهره مندی رایگان از جنگل و فضای سبز
۰/۱۳۷				معیار آموزشی
۶	۰/۰۷۳۴	۱	۰/۵۳۶	نقش جنگل در ایجاد امکان آموزش در مورد گیاهان و جانوران
۹	۰/۰۳۶۳	۲	۰/۴۶۴	نقش جنگل در ارتقای آگاهی‌های زیست محیطی

مأخذ: یافته‌های مطالعه

در قسمت دوم به بررسی عوامل مؤثر بر تخریب جنگل پرداخته شده است. براساس نتایج به دست آمده از بین عوامل انسانی مؤثر بر تخریب، طرح‌های بهره‌برداری و عوامل محیطی، وزن یکسانی برای عوامل انسانی و طرح‌های بهره‌برداری محاسبه شده است. از طرفی عامل محیطی نسبت به دو معیار وزن بیشتری داشته و از نظر کارشناسان اهمیت بالاتری در خصوص تخریب جنگل در مقایسه با دو معیار دیگر دارد. وزن محاسبه شده برای معیار عوامل انسانی مؤثر بر تخریب و طرح‌های بهره‌برداری معادل ۰/۲۹ به دست آمده است. در بین عوامل انسانی مؤثر بر تخریب جنگل، قاچاق چوب توسط روستائینان به منظور کسب درآمد به عنوان مهم‌ترین عامل تخریب عنوان شده است. به طوری که شاخص به دست آمده برای این عامل معادل ۰/۲۰۶ می‌باشد. پس از آن عواملی همچون فعالیت‌های صنعتی و تولید گازهای گلخانه‌ای و برداشت چوب توسط روستائینان جهت تأمین سوخت از نظر درجه اهمیت در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. در واقع بهره‌برداری از جنگل توسط جنگل‌نشینان، یکی از عوامل مهم تخریب جنگل است، زیرا بهره‌برداری بر خلاف استعداد ارضی و پتانسیل اکولوژیک جنگل صورت می‌گیرد. در واقع شیوه زندگی و سیستم تولید و بهره‌برداری مردم جنگل نشین، مغایر با حفظ و احیا و توسعه جنگل است که این می‌تواند به دلیل افزایش جمعیت بیکار، افزایش قیمت چوب و وجود ارزش افزوده بالا در این صنعت باشد. البته به طور بالقوه جنگل‌نشینان و روستائیان برای تنوع زیستی تهدید محسوب نمی‌شوند بلکه می‌توانند نقش حفاظتی هم ایفا نمایند. اما از آنجا که نیازهای آن‌ها که در صدر آن سوخت و معیشت قرار دارد تأمین نمی‌شود، به ناچار میزان بهره‌برداریشان از طبیعت بالا می‌برند.

جدول (۲): وزن معیارها و زیر معیارهای مربوط به عوامل مؤثر بر تخریب جنگل‌های شمال

عوامل مؤثر بر تخریب جنگل	وزن معیار	وزن زیر معیار	رتبه بندی	وزن کل	رتبه بندی
۰/۲۹					
عوامل انسانی					
برداشت چوب توسط روستائینان جهت تأمین سوخت	۰/۱۷۷	۳	۰/۰۵۱۳	۹	
نیاز جوامع به مواد غذایی و تخریب و تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی	۰/۱۱۸	۵	۰/۰۳۴۲	۱۱	
فقر فرهنگی در جهت استفاده درست از جنگل و آلودگی محیط جنگلی توسط توریسم	۰/۰۷۸	۷	۰/۰۲۲۷	۱۴	
تخلیه زباله‌های شهری در مناطق جنگلی	۰/۱۳۳	۴	۰/۰۳۸۶	۱۰	
قاچاق چوب به منظور کسب درآمد در مناطق روستایی	۰/۲۰۶	۱	۰/۰۵۹۹	۷	
بهره‌برداری بی‌رویه دامداران جهت تغلیف دام و وجود دام در جنگل	۰/۰۹۷	۶	۰/۰۲۸۱	۱۲	
فعالیت‌های صنعتی و تولید گازهای گلخانه‌ای	۰/۱۹۱	۲	۰/۰۵۵۲	۸	
۰/۲۹					
طرح‌های بهره‌برداری					
مجوز های جنگل‌داری و بهره‌برداری جدید و غیر تخصصی	۰/۰۸۲	۳	۰/۰۲۳۶	۱۳	
ضعف مدیریت بیمان‌کاران و پایین بودن آگاهی بهره‌برداران	۰/۲۴۵	۲	۰/۰۷۰۹	۶	
بهره‌برداری بی‌رویه و غیر اصولی مجریان طرح‌های بهره‌برداری و کارگران غیر ماهر	۰/۲۴۵	۲	۰/۰۷۰۹	۶	
احداث جاده های بین جنگلی جهت انتقال چوب	۰/۴۲۹	۱	۰/۱۲۴۵	۱	

عوامل محیطی	۰/۳۲	۵	۰/۱۳۶	۱۴
زمین لرزه	۰/۲۸۰	۱	۰/۱۱۷۷	۲
آتش سوزی	۰/۲۲۶	۳	۰/۰۹۴۹	۴
خشکسالی	۰/۲۳۹	۲	۰/۱۰۰۶	۳
باران های شدید و سیلاب ها	۰/۲۲۲	۴	۰/۰۹۳۳	۵
آفات گیاهی				

مأخذ: یافته های مطالعه

فعالیت های صنعتی و افزایش برخی گازهای گلخانه ای تشکیل دهنده باران اسیدی نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر بر تخریب جنگل می باشد. براساس نتایج به دست آمده وزن این متغیر معادل ۰/۱۹۱ می باشد و از نظر کارشناسان این عامل در تخریب جنگل های شمال بسیار اثرگذار می باشد. تخلیه زباله های شهری در مناطق جنگلی با وزن ۰/۱۳۳ در رده چهارم از نظر نقش آن در تخریب جنگل قرار می گیرد. کمترین وزن محاسبه شده برای عوامل مؤثر بر تخریب در این گروه، مربوط به فقر فرهنگی در جهت استفاده درست از جنگل و آلودگی محیط جنگلی توسط توریسم (وزن ۰/۰۷۸) می باشد. در گروه مربوط به طرح های بهره برداری احداث جاده های جنگلی به منظور انتقال چوب برداشتی با وزن ۰/۴۲۹ بیشترین درجه اهمیت را از نظر کارشناسان داراست. علاوه بر اینکه در جریان احداث جاده بخش عظیمی از جنگل نابود می شود، احداث جاده های جنگلی، و شبکه راه ها جنگل را برای بهره برداری و ورود بیشتر به آن آماده می سازد. از بین عوامل عنوان شده از نظر کارشناسان عامل ضعف مدیریت پیمان کاران و پایین بودن آگاهی بهره برداران و بهره برداری بی رویه و غیر اصولی مجریان طرح های بهره برداری و کارگران غیر ماهر با وزن معادل ۰/۲۴۵ اهمیت بالاتری را نسبت به مجوزهای جنگل داری و بهره برداری جدید و غیر تخصصی به خود اختصاص دادند. فقدان کادر تخصصی و فنی و فقدان تکنولوژی مناسب از کاستی هایی است که موجبات تخریب جنگل را در طرح های جنگل داری فراهم می سازد. زیرا نشانه گذاری درختان که یکی از کارهای تخصصی است درست صورت نمی گیرد و گونه های مرغوب بریده شده و گونه های نامرغوب باقی می ماند و رشد می نمایند و جنگل را به طرف توسعه گونه های نامرغوب سوق می دهند. در نهایت در گروه مربوط به عوامل محیطی عامل آتش سوزی با وزن ۰/۲۸۰ و باران های شدید و سیلاب ها با وزن ۰/۲۳۹ به عنوان عوامل تخریب جنگل های شمال اهمیت بالاتری را نسبت به متغیرهای دیگر به خود اختصاص داده اند. با توجه به محاسبه وزن کلی برای عوامل مؤثر بر تخریب جنگل می توان بیان نمود که عامل احداث جاده های بین جنگلی جهت انتقال چوب بالاترین وزن را در بین تمامی متغیرهای مؤثر بر تخریب جنگل های شمال داراست. پس از آن مسائلی مربوط به خشکسالی، سیلاب و آفات گیاهی از جمله عوامل مهم در تخریب جنگل به شمار می روند که این نکته در بیماری های گیاهی منتشر شده در سال های اخیر در جنگل های شمال که منجر به نابودی شمشادها شده است قابل مشاهده است. ضعف مدیریت پیمان کاران و پایین بودن آگاهی بهره برداران و بهره برداری بی رویه و غیر اصولی مجریان طرح های بهره برداری و کارگران غیر ماهر و قاچاق چوب به منظور کسب درآمد در مناطق روستایی از نظر اهمیت در رده های بعدی قرار دارند.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که در بین عوامل مؤثر بر تخریب جنگل سهم عوامل طبیعی بیشتر از موارد دیگر ارزیابی شده است. همچنین یکی از مهم ترین عوامل تخریب جنگل در بین عوامل انسانی قاچاق چوب و برداشت چوب توسط روستائینان جهت تأمین سوخت عنوان شده است. مطالعات انجام شده نشان می دهد که در حدود ۷۸۳۹۰ خانوار در ۳۴۰۱ آبادی در داخل حاشیه جنگل های خزری زندگی می کنند. میزان برداشت چوب قاچاق از عرصه های جنگلی و همچنین میزان چوب استفاده شده توسط دامداران و روستائینان تا ۸ میلیون مترمکعب در سال برآورد می گردد که بیشترین آن به مصرف سوخت می رسد و فقط ۳ میلیون متر مکعب از آن مورد استفاده ساختمانی قرار گرفته و یا به صورت قاچاق از عرصه های جنگلی خارج و به

مصرف می‌رسد. در واقع این خانوارها ضمن مواجهه با مشکلات عدیده اقتصادی، اجتماعی، آموزشی و خدماتی به لحاظ شیوه زندگی معیشتی و خاص این جوامع با تغییر کاربری جنگل‌ها و ایجاد زمین زراعی و باغی، مصرف چوب برای تأمین انرژی و گرما، تخریب جنگل‌ها به منظور کسب درآمد موجبات تخریب را فراهم می‌آورند. لذا گسترش امکانات کار و کسب درآمد و رفع مشکلات اقتصادی روستانشینان و همچنین ایجاد امکاناتی جهت تغییر سوخت مصرفی خانوارها در جهت بهبود آن از چوب و ذغال چوب به سایر سوخت‌ها از جمله گاز می‌تواند در کاهش تخریب مؤثر واقع شود با توجه به نقش طرح‌های بهره‌برداری در تخریب جنگل‌های شمال، کاهش بهره‌برداری‌های غیر اصولی از جنگل‌های صنعتی کشور و بهره‌برداری اصولی و تهیه و اجرای دقیق طرح‌های جنگل‌داری می‌تواند در جهت کاهش تخریب جنگل مؤثر باشد. اگرچه میزان تولید و برداشت سالیانه چوب از جنگل‌های کشور در مقابل نیازهای روزافزون کشور ناچیز می‌باشد، ولی سالیانه مقدار زیادی چوب از جنگل‌های کشور استحصال و پس از انتقال به مراکز مصرف به‌صورت‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به شرایط موجود و ارزش زیست محیطی جنگل‌ها برنامه ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های موجود در راستای کاهش برداشت از این عرصه‌ها بوده و نمی‌توان از این منابع انتظار ایفای نقش بیشتری را در تأمین نیازهای چوبی کشور داشت. در نهایت پیشنهاد می‌شود تا به منظور تعیین سیاست‌های لازم در جهت کاهش نابودی منابع جنگلی و حفظ محیط زیست به این روابط توجه شود تا بتوان سیاست‌های کارا و در زمان کوتاه‌تر به نتیجه دلخواه رسید.

۵- منابع و مراجع

- ۱- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور. ۱۳۹۰. آمار و اطلاعات.
- ۲- لیانی، ق. ۱۳۹۲. تحلیل اقتصادی واردات چوب به کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
- 3- Sherins, S., Ghosh, S. K., Suresh, C. P., Dey, A. N., and Shukla, G. (2012). Deforestation: causes, effects and control strategies. Global perspectives on sustainable forest management.
- 4- Chang, D. Y., (1996). Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy-AHP, European Journal of Operational Research, 95, 649-655.
- 5- Zhu, K. J., Jing, Y., and Chang, D. Y., (1999), "A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy-AHP", European Journal of Operational Research, 116, 450-456.

Factors Affecting of Deforestation in the North of Iran: Application of Fuzzy AHP

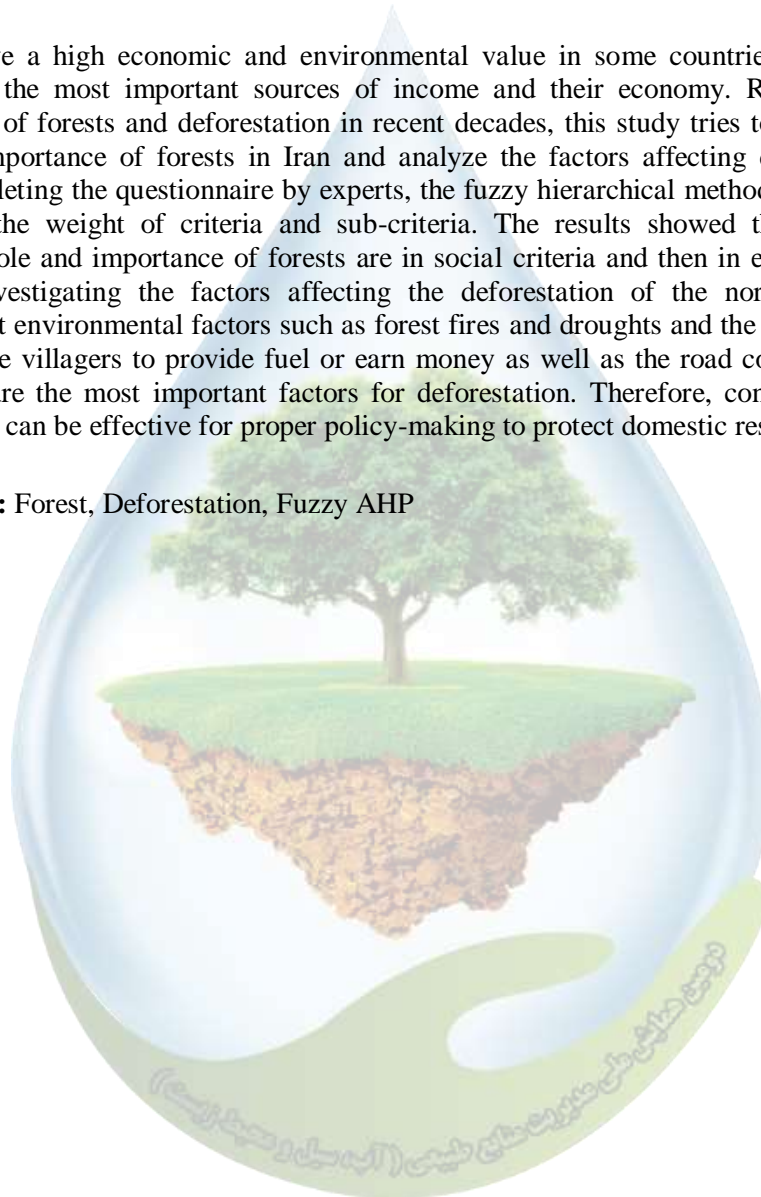
Parastoo Teymouri¹ and Ghasem Layani^{2*}

¹Ph.D. Student of Agricultural Economics, ^{2*}Ph.D. of Agricultural Economics, Shiraz University
(*Ghasemlayani@shirazu.ac.ir*)

Abstract

Forests have a high economic and environmental value in some countries. Therefore, forests are the most important sources of income and their economy. Regarding the importance of forests and deforestation in recent decades, this study tries to analyze the role and importance of forests in Iran and analyze the factors affecting deforestation. After completing the questionnaire by experts, the fuzzy hierarchical method was used to determine the weight of criteria and sub-criteria. The results showed that the most important role and importance of forests are in social criteria and then in environmental criteria. Investigating the factors affecting the deforestation of the northern forests indicate that environmental factors such as forest fires and droughts and the harvesting of wood by the villagers to provide fuel or earn money as well as the road construction in the forest are the most important factors for deforestation. Therefore, consideration of these issues can be effective for proper policy-making to protect domestic resources.

Keywords: Forest, Deforestation, Fuzzy AHP



درس آموخته‌ها و تجارب سیلاب فروردین ۹۸ استان گلستان

محمد عباسی*^۱، عبدالرحیم لطفی^۱، ابوطالب قزلسفلو^۱، محبوبه بای^۱، مهدی اسداللهی شهیر^۱

^۱ اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان

*[Mohammad_Abbasi1382@yahoo.com](mailto: Mohammad_Abbasi1382@yahoo.com)

چکیده

امروزه به دلیل پدیده تغییر اقلیم فراوانی وقوع وقایع حدی آب و هوایی از جمله سیلاب‌ها افزایش یافته است. استان گلستان در طی ۳۰ سال اخیر همه ساله شاهد بروز رخداد‌های سیلابی بوده به طوری که خسارات حاصل از سیلاب در گلستان بالغ بر ۷۰۰۰۰ میلیارد ریال برآورد گردیده است. یکی از مولفه‌های کلیدی مدیریت سیلاب بررسی و مستندسازی تجارب رخداد‌های به وقوع پیوسته است که می‌تواند در شناسایی نقاط قوت، ضعف، و فرصت و تهدیدها در مواجهه با پدیده سیل به منظور برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات کاهش‌دهنده آسیب‌ها ناشی از سیل در استان کمک شایانی نماید. بر این اساس در این مطالعه ویژگی‌ها و خصوصیات ۱۳۶ مورد رخداد‌های سیلاب طی سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۹۷ مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد در سال‌های اخیر فصل وقوع سیل به طول سال تسری یافته است و علاوه بر سیلاب‌های سریع، سیلاب‌های رودخانه‌ای نیز در استان ثبت شده است. این موضوع ضرورت بهره‌گیری از راه‌کارهای طبیعت‌محور، شناسایی معبرهای قدیمی سیلاب رودخانه‌ها، توجه به سیلاب دشت، توسعه اقدامات آبخیزداری را بیش از پیش آشکار می‌کند. مدیریت حجم سیلاب حدود ۳۱ میلیون مترمکعبی پروژه‌های آبخیزداری در رخداد سیلاب فروردین ۹۸ استان گلستان، یکی از عملکردهای مهم اجرای این پروژه‌های کم هزینه محسوب می‌شود. از آنجائی که در شرایط کنونی افزایش فراوانی رخداد‌های حدی سیلابی مورد انتظار است ضروری است تمهیدات لازم برای افزایش ظرفیت سازگاری، کاهش آسیب‌پذیری و ریسک سیلاب با توجه به درس آموخته‌های سیلاب اخیر و سیلاب‌های گذشته در دستور کار قرار گیرد.

واژگان کلیدی: درس آموخته‌ها، سازگاری، رخداد سیل، تغییر اقلیم، استان گلستان

۱- مقدمه

سیل‌ها منجر به ریسک و آسیب‌های زیادی به جامعه می‌شوند. امروزه این موضوع که فراوانی وقوع سیل‌ها و شدت آنها به علت تغییر اقلیم شدیدتر شده است به رسمیت شناخته شده است (۶). در بروز رخداد سیل دو دسته عوامل اقلیمی و حوضه‌ای نقش مهمی دارند. تعداد رخداد‌های بارش‌های شدید در بیشتر مناطق در حال افزایش است (۱۱ و ۴). تشدید بارش‌های حدی و افزایش حجم آن با افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم ارتباط دارد. این افزایش در احتمال رخداد بارش‌های حدی و سیل‌های ناشی از آن، ریسک و آسیب‌ها که حیات انسان و جانوران را تهدید می‌کند و تشدید این مخاطره در جایی است که زیرساخت‌های لازم برای سازگاری و مدارا طراحی نشده باشد (۵).

فراوانی وقوع سیل در ایران از ۳۹ مورد در سال ۱۳۵۰ به ۲۷۶ مورد در سال ۱۳۷۷ افزایش یافته است. تعداد سیل‌های به وقوع پیوسته در استان گلستان نیز طی سال‌های سیر صعودی داشته است. فاجعه بارتترین سیل استان در سال ۱۳۸۰ رخ

داد که در اثر آن صدها تن از هموطنان جان خود را از دست داده و بیش از ۶۱۸۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی به بار آمد (۲). در اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸ استان گلستان، همانند سایر استان‌های کشور تحت تأثیر سیل قرار گرفت که منجر به آسیب و خسارت‌های عمده‌ای به بخش‌های مختلف شد، لذا این استان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.

فدایی‌فرد و فدایی‌فرد در سال ۱۳۹۸ در مطالعه‌ای به درس آموخته‌های سیل فرودین ۹۸ اشاره داشته‌اند. یکی از نتایج این درس آموخته نقش مهم و مؤثر روش‌های کنترل سیلاب شامل آبخیزداری و آبخوان‌داری بوده است (۳). ون حسین^۱ و همکاران در سال ۲۰۱۵ درس آموخته‌های و اشتراک تجارب و دانش در خصوص مخاطرات به وقوع پیوسته (سیل) در کلنتن^۲ مالزی را مورد بررسی قرار دادند. رویکرد انجام این مطالعه با تجزیه و تحلیل مقالات قبلی و مطالعات موردی، نگاهی به روزنامه و مصاحبه با ساکنان آسیب دیده از سیل است. در این مطالعه نتایج تجربیات مردم از رخداد سیل و درک تأثیر رسانه‌های اجتماعی در هنگام وقوع سیل نشان می‌دهد و به ارائه راه‌حل‌های پیشنهادی می‌پردازند (۹). اقبال^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۰ درس آموخته‌های رخدادهای سیل در پاکستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که دولت پاکستان بر رفع نواقص و کاستی‌ها در قبل وقوع سیل و انجام اقدامات پیشگیرانه به‌منظور کاهش و تخفیف خسارات تمرکز نماید (۷). مرور منابع نشان می‌دهد که استفاده و بهره‌گیری از تجارب کمک شایانی در اولویت‌بندی اقدامات و تغییر نگرش‌ها و کاهش تلفات در سیل‌های بعد داشته است. در این مقاله با بررسی رفتار و خصوصیات سیل به وقوع پیوسته در طی چند دهه اخیر در استان گلستان، تجاربی به‌دست آمد که می‌توان از آن به‌عنوان تجربه و درس آموخته یاد کرد که در شناسایی نقاط قوت، ضعف، و فرصت و تهدیدها به کارشناسان دستگاه‌های اجرایی و مردم تحت تأثیر سیل برای کاهش آسیب‌های ناشی از سیل در استان کمک شایانی نماید.

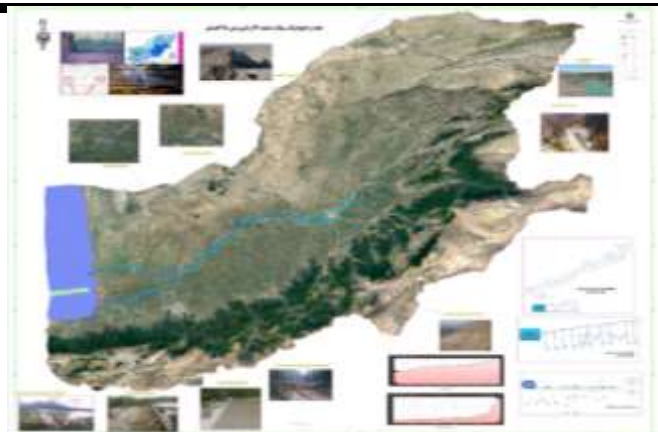
۲- مواد و روش‌ها

گلستان با وسعتی بالغ بر ۲۰۴۳۷ کیلومترمربع (۱/۲۵ از سطح کشور) از پنج حوزه آبخیز بزرگ تشکیل شده است (شکل ۱). این استان به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص در یک اکوتون اقلیمی، پوشش گیاهی و زمین شناسی واقع شده است. همچنین گلستان با توجه به شرایط توپوگرافی و به‌طور خاص حوزه‌های پرشیب و همچنین اراضی دشتی که رغبت قابل توجهی را برای توسعه مناطق مسکونی در اطراف رودخانه‌ها فراهم نموده، از هر دو منظر مناطق سیل‌خیز و سیل‌گیر در معرض آسیب و خسارات سیلاب بوده است.

در محدوده استان ۴۰ رودخانه وجود دارد که سالانه ۱۲۳۵ میلیون متر مکعب آب در آنها جریان دارند و در حدود ۶۵ در صد آنها به صورت سیلابی است. بنابراین سیلاب و کنترل آن اهمیت ویژه ای دارد. همچنین به دلیل تعدد رودخانه‌ها و تمرکز روستاها در حاشیه آن (که عموماً به دلیل نیاز به آب در این مناطق استقرار یافته‌اند) صدمات بیشتری در هنگام وقوع سیلاب متحمل می‌گردد. مساحت حوزه‌های آبخیز این استان ۲۲۰۰ هزار هکتار می‌باشد (۲).

در گام اول، به منظور تکمیل اطلاعات مورد نیاز برای مطالعه مذکور اقدام به تهیه نقشه و اینفوگرافیک سیل استان گلستان شد. اطلاعات مورد نیاز در این زمینه از تصاویر ماهواره سنتینل (۲) ۲۰۱۹، اطلاعات ثبت شده از دستگاه‌های اجرایی مرتبط و گزارش سیلاب مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی جمع آوری شد. این نقشه حاوی پراکنش مکانی اقدامات مختلف آبخیزداری، شبکه آبراهه‌ها، اقدامات انجام شده در حین وقوع سیل، موقعیت سدها و آبراهه‌های ورودی و خروجی به آن و نیز مسیرهای عبور سیل و سایر اطلاعات مرتبط در رخداد اخیر می‌باشد.

1- Wan Hussin
2- Kelantan
3- Eghbal



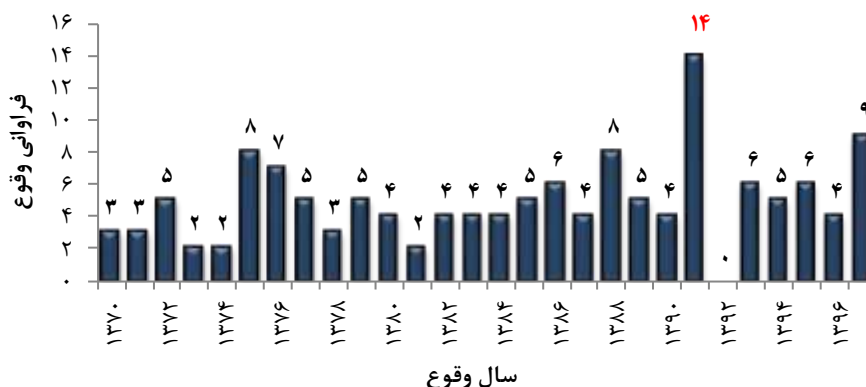
شکل (۱) نقشه اینفوگرافیک سیل استان گلستان

آمار رخدادهای سیل مورد استفاده در این مطالعه مربوط به سال های ۱۳۷۰ الی ۱۳۹۷ می باشد. در طی بازه زمانی مورد نظر، ۱۳۶ مورد رخداد سیل ثبت شده است. در این مطالعه خصوصیات سیل از قبیل نوع سیل، فراوانی وقوع رخدادهای سیل و نیز فصل وقوع آن طی دوره مورد مطالعه، مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در سال های اخیر فراوانی وقوع سیل با بروز شرایط شدید هیدرولوژیکی افزایش یافته است که اغلب منعکس کننده تغییرات جهانی محیط در مقیاس محلی می باشد. فراوانی داده ها بر اساس تعداد تکرار وقوع آن ها به دست می آید.

تغییرات دما و گرمایش جهانی بر نسبت میزان بارش و ذوب برف حائز اهمیت است زیرا پیامدهای مستقیمی بر فصلی بودن سیل و بر فرایندهای غالب و مؤثر بر دبی دارد. اطلاعات مرتبط با فصلی بودن سیل در پیش بینی جریان فصلی، حفاظت از سیل های رودخانه ای، مدیریت دشت سیلابی و زیرساخت های منابع آب مورد نیاز است (۸). از جمله ویژگی های مورد بررسی سیل، فصل وقوع آن است که نشان دهنده بیشترین احتمال وقوع در مقیاس زمانی است.

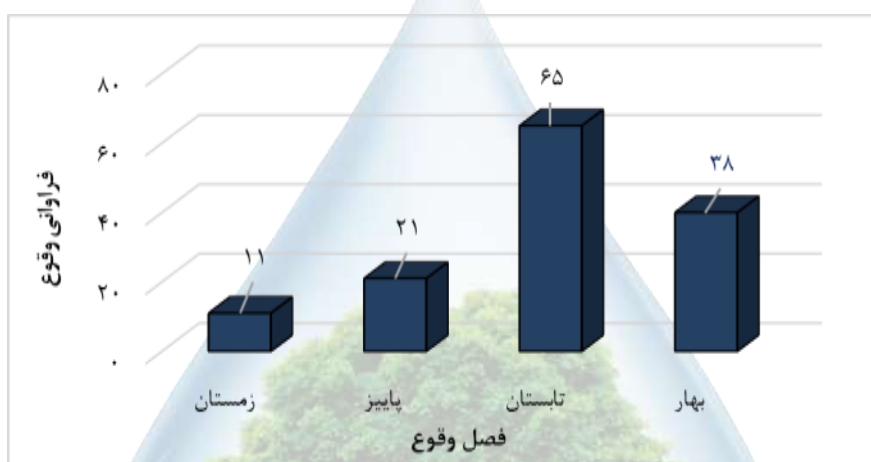
۳- نتایج و بحث

نتایج بررسی فراوانی وقوع سیل (۱۳۷۰ الی ۱۳۹۷) در استان گلستان نشان می دهد که در سال ۱۳۹۳ بالاترین میزان فراوانی سیل مشاهده شده است (شکل ۲). به عبارت دیگر اکثر حوضه های آبخیز در سطح استان، تحت تأثیر رخداد سیل قرار گرفته است. با توجه به این که تغییر بارش در فصول سال مختلف سال، موجب تغییرات در پوشش گیاهی، ذخیره رطوبتی خاک و ... را به دنبال دارد، تحلیل فراوانی وقوع سیلاب در فصول سال می تواند قابل توجه باشد.

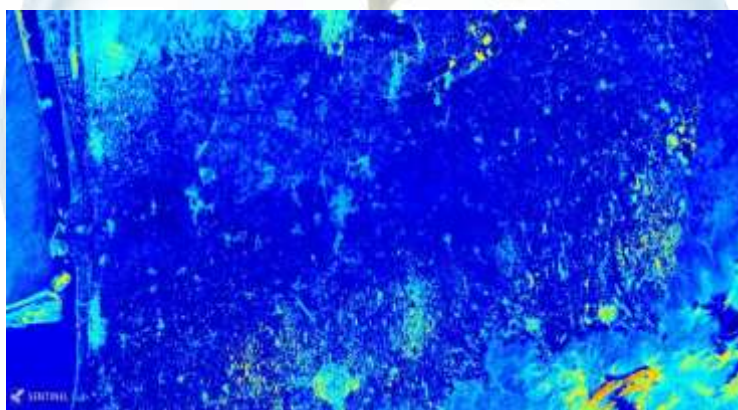


شکل (۲) - فراوانی وقوع سیلاب در استان گلستان در طی بازه مورد مطالعه

بررسی‌ها نشان می‌دهد، فصل وقوع عمده سیلاب‌ها در گلستان به ترتیب در تابستان، بهار و پاییز و موارد معدودی در زمستان است (شکل ۳). این در حالی است که رخداد سیلاب زمستانه (در پی وقوع بارش از نوع باران) تا قبل از سال ۱۳۹۶ در استان گلستان بسیار کم سابقه بوده است. به طوری که در فصل زمستان (دی ماه ۹۶) اولین رخداد آبگرفتگی برای اولین بار طی ۲۰ سال اخیر در شهر رامیان گزارش شده است (بانک سیل گلستان، ۱۳۹۷). همچنین بررسی شاخص رطوبتی خاک استخراج شده از تصاویر ماهواره ای سنتینل^۱ مربوط به سال ۲۰۱۹ که شرایط رطوبت خاک را در قبل وقوع سیل، حاکی از وقوع سیلاب ۹۷-۹۸ در شرایط حداکثری رطوبت خاک اتفاق افتاده است که از این لحاظ شرایط حداکثری را رقم زده است (شکل ۴).



شکل (۳) فراوانی وقوع رخدادهای سیلابی به تفکیک فصل در استان گلستان



شکل (۴) شاخص رطوبت خاک در تاریخ ۲۲ اسفند ۱۳۹۷ (قبل از وقوع سیل در استان گلستان)

با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعه موارد ذیل حائز اهمیت می باشند: تغییر دیدگاه در مورد سیلاب‌های از نوع سریع^۲ (سیلاب در آبخیزهای پر شیب) در مقابل سیلاب‌های رودخانه‌ای^۳ (سیلاب دشت) ضرورت دارد. سیلاب‌های سریع که عمدتاً ناشی از وقوع بارش‌های سنگین با بارش مازاد قابل توجه در یک بازه زمانی کوتاه (کمتر از ۶ ساعت) هستند. این سیلاب‌ها از نظر مقیاس مکانی و زمانی، با سیلاب‌های رودخانه‌ای به دلیل تفاوت در تداوم بارش و همچنین گستره سیلاب

¹ - Sentinel

² Flash Floods

³ Flooding

متمایز می‌شوند. دو رخداد سیل در سال های ۱۳۷۱ و رخداد اخیر (اسفندماه ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸) از جمله سیل‌های شاخص از نوع رودخانه‌ای در سطح استان محسوب می‌شوند. بالابودن فراوانی وقوع سیل از نوع سریع، نباید منجر به توجه کمتر به سیل‌ها از نوع رودخانه‌ای شود و ضروری است در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌ها هر دو نوع سیل مد نظر قرار گیرد. همچنین مناطق شمالی و شرقی استان گلستان جزء مناطق دشتی و با تغییرات ارتفاعی حداقل به‌شمار می‌روند براین اساس تعیین رفتار سیلاب و پهنه سیلابی در این مناطق کار پیچیده‌ای است. تهیه نقشه میدانی و دقیق از توپوگرافی مناطق دشتی استان (بزرگ مقیاس) برای مدیریت سیلاب در دشت، به‌عنوان یکی از قطعات پازل در پروتکل جامع مدیریت سیلاب استان مورد تاکید می‌باشد. در سیلاب اخیر عدم وجود چنین نقشه عملیاتی بیش از پیش آشکار گردید. یکی از پیش‌نیازها برای دستیابی به تهیه نقشه سیلاب دشت در شمال گلستان بهره‌گیری از تکنولوژی‌های پیشرفته از جمله لیزر اسکن هوایی با توجه به موجود بودن تکنولوژی در کشور است.

استان گلستان به لحاظ موقعیت جغرافیایی غالباً در محدوده بینابینی زمین‌شناسی و اقلیمی و به تبع یک اکوتون به‌شمار می‌آید، که در چنین شرایطی شیب تغییرات پدیده‌ها بیشتر می‌گردد (۱۰) به‌عنوان یکی از پیامدهای این موضوع می‌توان به سیل‌خیز و سیل‌گیر بودن این استان اشاره نمود. لذا تهیه پهنه‌های خطر سیل و بروزرسانی آن براساس اطلاعات جامع سیلاب بسیار ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از این نقشه، می‌تواند به‌عنوان دستورالعملی در بین دستگاه‌های اجرایی به‌منظور برنامه‌ریزی و انجام اقدامات مؤثر در راستای کاهش اثرات و آسیب‌های ناشی از سیل مورد استفاده قرار گیرد. شایان ذکر است در رخداد سیل اخیر (اسفندماه ۹۷ و فروردین ۱۳۹۸)، پهنه ایجاد شده به‌عنوان واقعیت زمینی و طبیعی خود می‌تواند به‌عنوان زمینه‌ای برای واسنجی بسیاری از مدل‌ها هیدرولوژیکی و هیدرولیکی مورد استفاده قرار گیرد.

رخداد اخیر سیل و نقش و عملکرد مناسب چالاب‌های قدیمی مانند دریاچه شور در شمال شهرستان گمیشان در مدیریت سیلاب حاکی از آن است که بایستی شناسایی و بهره‌گیری از مخازن طبیعی در اولویت و به‌عنوان راه‌کارهای طبیعت محور^۱ و غیر سازه‌ای در مدیریت سیلاب‌ها مد نظر قرار گیرد. چه بسا این چالاب‌ها تأثیر بسزایی در کاهش حجم سیلاب و به تأخیر انداختن زمان تمرکز سیل داشته و خواهند داشت.

با بررسی‌های انجام شده از مسیل رودخانه‌های اصلی در سطح استان گلستان در سنوات گذشته، شناسایی معبرهای قدیمی و تاریخی آب در رودخانه‌های اصلی که از آن به‌عنوان نقاط شکست سیلاب یاد می‌شود، ضرورت دارد. در طی گذشت زمان با توجه به تغییر مسیر رودخانه‌های اصلی، عمده سکونتگاه‌ها در حاشیه معابر مذکور مستقر شده‌اند، بروز رخداد‌های سیل باعث ورود سیلاب به معابر قدیمی می‌شود که این مهم به همراه خسارت‌ها و آسیب‌های بی‌شماری به جوامع انسانی می‌شود. به‌عنوان مثال رودخانه گرگانرود در محل سقر یلقی به‌عنوان نقطه شکست سیل نیاز به توجه زیادی دارد، چرا که در موقع رخداد‌های سیلابی تاریخی^۲ مقطع مذکور به‌عنوان یک فیوز طبیعی (یا رودخانه معین) برای رودخانه گرگانرود عمل کند و حجم قابل توجهی از سیل به رودخانه قره‌سو وارد می‌شود. این در حالی است که با اجرای تمهیداتی در این گونه نقاط، ضریب ایمنی حاشیه‌نشینان رودخانه قره‌سو افزایش و ضمن این‌که سیلاب نیز به‌طور طبیعی مدیریت خواهد شد که این امر کمک شایانی در پیش‌گیری از طغیانی شدن و کاهش خسارت و آسیب به ساکنین حاشیه رودخانه قره سو می‌شود.

با توجه به حاکم شدن شرایط تغییر اقلیم در سطح دنیا، استان گلستان نیز متأثر از این موضوع می‌باشد، بدین ترتیب رخداد‌های حدی آب و هوایی در آن بیش از گذشته اتفاق خواهد افتاد و لازم است علاوه بر اجرای تمهیدات لازم در مقابل سیل، همانند راه‌اندازی سیستم هشدار سیل علاوه بر سیستم هشدار هواشناسی، نیاز است تاب‌آوری مردم و سازگاری آن‌ها را افزایش داد تا تلفات و آسیب‌های ناشی از آن کاهش یابد. این مهم در نواحی حاشیه رودخانه‌ها که غالباً افرادی با شرایط

1- Nature-Based Solutions
2- Failure point
3- Historic

اقتصادی پایین‌تری و سکونت دارند حائز اهمیت است چرا که نسبت به بقیه مناطق آسیب‌پذیرتر هستند. دانش بومی و تجربیات محلی در ارتباط با رفتار سیل و آموزه‌های محلی است که در اجرای مدیریت سیل می‌توان کمک مؤثری نماید. ضروری است طراحی، احداث و اصلاح زیرساخت‌ها (ابنیه‌های فنی، خطوط مواصلاتی و سازه‌های تقاطعی با رودخانه‌ها) از نظر ظرفیت عبور متناسب با رخدادهای حدی (دوره بازگشت مخاطرات و مکان‌های مناسب) باشد. به‌طوری که زیرساخت‌های مذکور عامل تشدیدکننده خسارت و تلفات ناشی از سیل به‌شمار نیایند. در رخداد اخیر سیل در استان گلستان، طراحی و احداث کمربندی شهر آق قلا بدون در نظر گرفتن موقعیت مکانی مناسب یکی از این موارد می‌باشد، چه بسا در صورت احداث این خطوط در جهت شرق شهر مذکور، خطوط مواصلاتی یاد شده نقش سد طبیعی در مقابل سیل را می‌توانست ایفا نماید. بازدیدهای انجام شده نشان می‌دهد که خسارت‌های ناشی از سیل در مناطق سیل‌گیر و پایین‌دست حوضه‌های آبخیز متمرکز بوده است و در بالادست حوضه‌های آبخیز به لحاظ اجرای اقدامات آبخیزداری خسارت ناشی از سیل وجود نداشته است، فقط در مواردی که زمین لغزش به وقوع پیوسته است و علت آن را می‌توان در وقوع بارش‌های حدی (طولانی‌مدت و شدید) در اسفندماه ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸ جستجو کرد. همچنین با توجه به حجم سیل و بار رسوب انباشت شده (حاوی سرشاخه‌های درختان و مواد محموله رسوب) توسط پروژه‌های آبخیزداری، ماهیت اقدامات آبخیزداری (از نوع اقدامات پیشگیرانه و مدیریت سیلاب) و نیز عملکرد مؤثر آن‌ها آشکارتر می‌شود. چه بسا در صورت عدم وجود پروژه‌های مذکور، با انتقال این میزان حجم آب و رسوب ذخیره شده، خسارات و آسیب‌ها چه در بالادست حوزه آبخیز و چه در مناطق سیل‌گیر افزایش خواهد یافت.

از یکی از موارد قابل احصاء در سیل اخیر می‌توان به عملکرد مؤثر و مناسب پروژه‌های چندمنظوره مدیریت سیلاب در حوزه‌های آبخیز نوکنده، غاز محله شهرستان کردکوی، کوه‌میان شهرستان آزادشهر، عوض حاجی شهرستان گنبد و محمدآباد شهرستان علی‌آباد می‌توان اشاره نمود که موفق به نگهداشت و ذخیره آب و انباشت رسوب قابل توجهی شده‌اند و این مهم در کاهش حجم سیل و خسارات ناشی از آن در پایین‌دست کمک شایانی نموده است.

زیر حوزه‌های کوهستانی استان گلستان از شیب نسبتاً بالایی برخوردار هستند که این موضوع باعث تمرکز سریع رواناب شده و عملاً به‌طور طبیعی فرصت زیادی جهت نفوذ آب در دامنه‌ها وجود ندارد این موضوع در هنگام بارش‌های رگباری با شدت بالا و مدت کم نمود بیشتری می‌یابد، اجرای اقدامات آبخیزداری در این حوضه‌ها مانع از همزمان شدن ورود حجم سیل به خروجی حوضه و نیز کاهش حجم رواناب با فراهم کردن فرصت نفوذ شده است. لذا توسعه احداث پروژه‌های آبخیزداری با ماهیت پیشگیرانه در مناطق بالادست حوضه‌های آبخیز که مولد سیل محسوب می‌شوند و نیز کاهش خسارات و تبعات سیل در پایین‌دست مورد تأکید است. موضوعی که حائز اهمیت است این است که خسارات حاصل از سیلاب‌ها در گلستان طی ۳۰ سال اخیر بالغ بر ۷۰۰۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است، در حالی که می‌توان با صرف هزینه اندک برای اجرای پروژه‌های آبخیزداری، به‌طور مؤثر از بروز خسارات هنگفت پیش‌گیری نمود.

همچنین به لحاظ بالا رفتن احتمال وقوع رخدادهای حدی آب و هوایی نیاز به تهیه پهنه سیل پیش‌بینی می‌شود تا دستگاه‌های اجرایی قبل وقوع سیل، اقدامات و پیش‌گیری‌های اولیه را انجام دهند و برنامه‌های لازم را در حین وقوع سیل را پیش‌بینی نمایند. شهر آق قلا به لحاظ قرارگیری در مناطق کم شیب و پایین‌دست حوضه‌های آبخیز استان و نزدیک بودن به خروجی حوضه گرگانرود، بزرگ‌ترین حوضه رودخانه‌ای استان گلستان، نیاز به اجرای اقداماتی چون ضدسیل کردن ساختمان‌ها و نیز اجرای روش‌های زندگی با سیل از قبیل احداث پناه‌گاه‌ها و نقاط امن در مواقع بروز سیل دارد.

در مجموع تجارب و اطلاعات اخذ شده از رخدادهایی چون سیل، در اولویت‌بندی اقدامات، برنامه‌ریزی و سیاستگذاری دستگاه‌های متولی در مقیاس استان و سطح کشور تأثیر بسزایی دارد، به‌طوری که اجرای اقدامات پیشگیرانه قبل به وقوع پیوستن سیل در آینده و نیز اقدامات مناسب در حین و بعد از وقوع سیل باعث می‌شود ضمن کاهش تلفات و آسیب‌های ناشی

1 - Basement waterproofing for flooding

2 - Living with flood

از چنین مخاطراتی، بهره کافی از پتانسیل به وجود آمده توسط این پدیده طبیعی را گرفت. به عبارت دیگر بهره‌گیری از تجارب و آموزه‌های کسب شده افق و چشم انداز روشن و مشخصی را پیش روی برنامه‌ریزان و سیاستگذاران کشور قرار خواهد داد. یکی از اقدامات و فعالیت‌های مؤثر برای کاهش خسارات و آسیب‌های ناشی از سیل، اقدامات پیشگیرانه در مقایسه با اقدامات درمانی است. اجرای اقدامات آبخیزداری در بالادست حوضه‌های آبخیز، با فراهم کردن فرصت نفوذ رواناب به‌منظور تغذیه آب‌های زیرزمینی، کاهش حجم رواناب، طولانی کردن زمان تمرکز، جلوگیری از جاری شدن رواناب ناشی از سیل در سطح خاک می‌تواند اثرات مطلوبی در کاهش تلفات و خسارات ناشی از سیل در پایین‌دست حوزه به‌عبارت دیگر مدیریت سیلاب در مناطق مولد سیلاب یکی از رویکردهای مهم به‌منظور کاهش خسارات سیل در مناطق پایین‌دست حوزه آبخیز محسوب می‌شود. در سیلاب اخیر پروژه‌های آبخیزداری استان گلستان حدود ۳۱ میلیون مترمکعب از حجم سیلاب را در خود ذخیره نموده و موجب مدیریت سیلاب به لحاظ حجم سیل و کاهش قدرت تخریب سیل (انباشت بار رسوب) شده است. ضمن سازه‌های مذکور از همزمان شدن دبی سیلاب سرشاخه‌های مختلف در خروجی حوضه جلوگیری نموده‌اند. با توجه به نقش و اهمیت سازه‌ها و عملکرد مثبت آنها در رخدادهای سیل، بر اجرای اقدامات آبخیزداری در حوضه‌های کوچک و بینابینی نیز تأکید می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

مستندسازی درس آموخته‌ها و تجارب در رخدادهای سیلابی یکی از اصول مدیریت سیلاب‌های آتی به‌شمار می‌رود. در این راستا بررسی کلیه رویداد های به وقوع پیوسته در سیلاب‌های گذشته با رویکرد سیستمی می‌تواند نقاط قوت و ضعف را آشکار سازد و با به‌کارگیری آنها می‌توان به‌طور عملیاتی نه تنها خسارات ناشی از سیلاب را کاهش بلکه حداکثر بهره‌برداری را از سیلاب برد. استان گلستان در ابتدای سال ۱۳۹۸ یک رخداد بزرگ تاریخی سیل را تجربه نمود لذا این موضوع فرصت مناسبی را برای ارزیابی طبیعی اقدامات انجام شده تاکنون و به‌طور همزمان شناسایی گپ‌های احتمالی موجود فراهم نمود. در مجموع نتایج بررسی‌ها نشان داد که افزایش تاب‌آوری در مقابل رویداد های حدی اقلیمی، اصلاح زیرساخت‌های مؤثر در تشدید سیلاب، توسعه اقدامات آبخیزداری در مناطق مولد سیلاب و بالادست، شناسایی و بهره‌گیری از چالاب‌ها طبیعی و مسیل‌ها و دشت‌های سیلاب قدیمی و تفکیک استراتژی‌های مدیریت سیلاب‌های از نوع سریع و سیلاب‌های رودخانه‌ای از موارد مهمی است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

۵- منابع و مراجع

- ۱- بانک سیل. ۱۳۹۷. اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان.
- ۲- علیجانی، ب.، و پرنیان، ط. ۱۳۸۳. الگوهای سینوپتیکی سیلاب‌های رودخانه گرگان. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۱ (۲): ۲۰
- ۳- فدایی فرد، ن.، و فدایی فرد، م. ۱۳۹۸. درس آموخته‌های سیلاب ویرانگر فروردین ۱۳۹۸. سومین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه خشک با محوریت آب، انسان، طبیعت، کردستان، ص ۶.
- 4- Donat, M. G., Alexander, L. V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R. J. H., Willett, K. M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Tank, A. M. G. K., Kruger, A. C., Marengo, J., Peterson, T. C., Renom, M., Rojas, C. O., Rusticucci, M., Salinger, J., Elrayah, A. S., Sekele, S. S., Srivastava, A. K., Trewin, B., Villarreal, C., Vincent, L. A., Zhai, P., Zhang, X., and Kitching, S. 2013: Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 118: 2098–2118.
- 5- Hettiarachchi, S; Wasko, C.; and Sharma, A, 2018. Increase in flood risk resulting from climate change in a developed urban watershed – the role of storm temporal patterns. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22: 2041–2056.
- 6- Hirabayashi, Y., Mahendran, R., Koirala, S. Konoshima, L., Yamazaki, D., Watanabe, S., Kim, H., and S. Kanai. 2013. Global flood risk under climate change. *Nat. Climate Change*, 3: 816–821.
- 7- Iqbal, Imran., Iqbal, Zafar., and Ravan, Shirish. 2010. Lessons Learnt from Floods in Pakistan. SUPARCO, 34 p.
- 8- Vormoor, K., Lawrence, D., Heistermann, M., and Bronstert, A. 2015. Climate change impacts on the seasonality and generation processes of floods – projections and uncertainties for catchments with mixed snowmelt/rainfall regimes. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19: 913–931.



- 9- Wan Hussin, N. T., Zakaria, N. H., and Nazir Ahmad, M. 2015. Knowledge Sharing and Lesson Learned From Flood Disaster: A Case In Kelantan. Journal of Information systems Resarech and Innovation. Journal of Information Systems Research and Innovation 9 (2): 11 p.
- 10- Wasson, K., Woolfolk, A., and Fresquez, C. 2013. Ecotones as indicators of changing environmental conditions: rapid migration of Salt Marsh–upland boundaries. Estuaries and Coasts, 36 (3): 654-664.
- 11- Westra, S., Alexander, L. V., and Zwiers, F. W. 2013. Global Increasing Trends in Annual Maximum Daily Precipitation, J. Climate, 26:3904–3918.



Lessons learned and experiences of 2019 Golestan flood event

Mohammad Abbasi^{*1}, Abdol Rahim Lotfi, Abotaleb Ghezelsoflu¹, Mahbube Bai¹, Mahdi Asadolahi Shahir¹

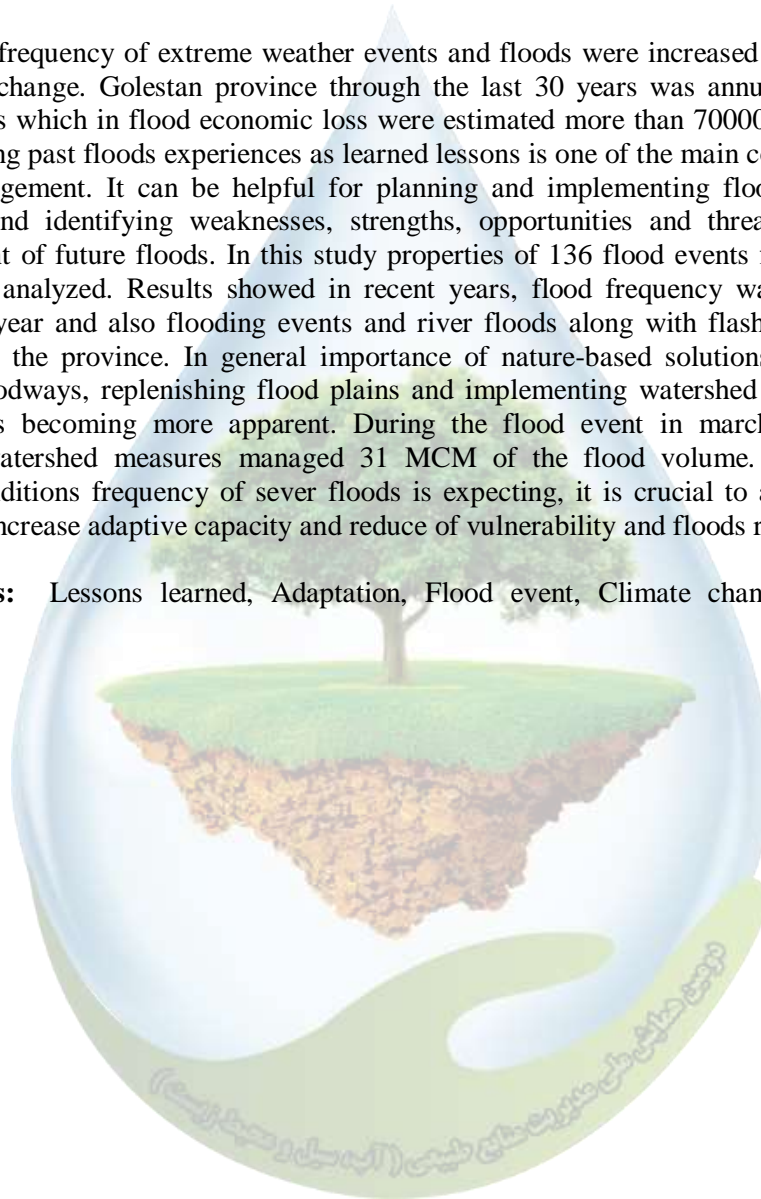
¹Golestan Natural Resources and Watershed Management General Directorate

*Corresponding author: Mohammad_Abbasi1382@Yahoo.com

Abstract

Today, the frequency of extreme weather events and floods were increased as an impact of climate change. Golestan province through the last 30 years was annually faced to flood events which in flood economic loss were estimated more than 70000 billion rials. Documenting past floods experiences as learned lessons is one of the main components to flood management. It can be helpful for planning and implementing flood mitigation measures and identifying weaknesses, strengths, opportunities and threats for better management of future floods. In this study properties of 136 flood events from 1991 to 2019 were analyzed. Results showed in recent years, flood frequency was distributed across the year and also flooding events and river floods along with flash floods were recorded in the province. In general importance of nature-based solutions, identifying historic floodways, replenishing flood plains and implementing watershed management measures is becoming more apparent. During the flood event in march 2019 cost-effective watershed measures managed 31 MCM of the flood volume. In changing climate conditions frequency of sever floods is expecting, it is crucial to apply lessons learned to increase adaptive capacity and reduce of vulnerability and floods risk.

Key words: Lessons learned, Adaptation, Flood event, Climate change, Golestan province



ارزیابی مدل‌های تجربی در برآورد رواناب سالانه در حوزه آبخیز طغرود

الهام فروتن^{۱*}

^۱ استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور قم،

*e.forotan@pnu.ac.ir

چکیده

مدیریت رواناب و پیشگیری از وقوع سیل در حوزه‌های آبخیز نیازمند برآورد دقیق رواناب سالانه می‌باشد. در این تحقیق، دقت چهار مدل تجربی در حوزه آبخیز طغرود واقع در استان قم که دارای ایستگاه هیدرومتری بوده و مساحت آن ۵۱۰/۴۱ کیلومتر مربع است مورد بررسی قرار گرفته است در این مطالعه نتیجه گیری شد که به منظور برآورد دقیق رواناب سالانه در حوزه آبخیز طغرود که دارای میانگین بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در طول دوره آماری بارش مورد بررسی می‌باشد نیاز به مدلی است که براساس شرایط منطقه به‌دست آمده باشد و استفاده از مدل‌های تجربی دیگر حوضه‌ها دقت لازم را در برآورد رواناب سالانه حوضه ندارد.

واژگان کلیدی: رواناب، مدل تجربی، حوزه آبخیز طغرود

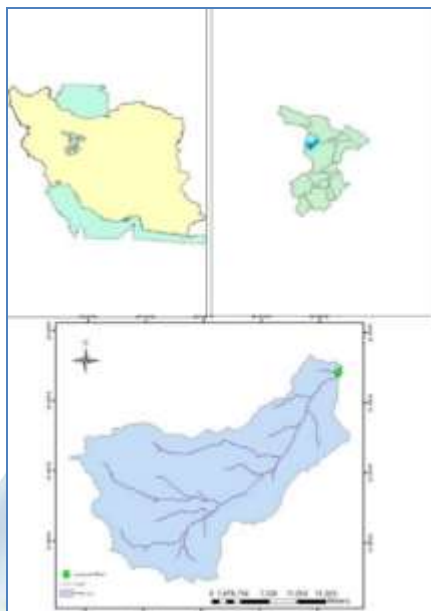
۱- مقدمه

مدیریت رواناب و پیشگیری از وقوع سیل در حوزه‌های آبخیز نیازمند برآورد دقیق رواناب می‌باشد. اما مشکل اساسی در مورد برآورد آبدی حوزه‌های آبخیز، عدم وجود ایستگاه هیدرومتری به خصوص در خروجی آن‌ها می‌باشد. لذا برای دستیابی به ویژگی‌های هیدرولوژی در یک حوضه فاقد ایستگاه هیدرومتری به طور معمول از روش‌های تجربی متعددی که در کشورهای مختلف توسعه یافته استفاده می‌شود. در این زمینه تحقیقات متعددی صورت پذیرفته است به‌عنوان نمونه داودی‌راد (۲)، در حوزه آبخیز دریاچه نمک ارتفاع رواناب را به روش‌های مختلف تجربی محاسبه و مقایسه کردند که نتیجه این تحقیق حاکی از کم بودن دقت روش ای کار دارد. احمدی و همکاران (۱) ارتفاع رواناب را با استفاده از فرمول‌های تجربی مختلف محاسبه کردند که نتایج حاکی از آن است که رابطه خوزلا دقت کمتر از روش تورک دارد. مددی و ملکی (۴) رواناب سالانه را در حوضه آبخیز اندبیل اردبیل برآورد نمودند و استفاده از آن را توصیه نمودند. در تحقیق دیگری کالیبراسیون و اعتبارسنجی روش‌های تجربی برآورد رواناب در بادامک استان فارس صورت پذیرفته و ضرایب مدل‌ها اصلاح شد (۳). گی‌یو و همکاران (۵) از مدل‌های تجربی برآورد رواناب برای تعیین ارزش حفاظت از منابع آب اکوسیستم جنگلی ژینگ‌شان چین استفاده کردند. مبارقی و همکاران (۶) نیز در مناطق جنگلی از روش‌های تجربی برای برآورد رواناب استفاده کردند. البته کارایی و مناسبت این روش‌ها در مناطق جغرافیایی مختلف منوط به‌دستیابی به اطلاعات مورد نیاز آزمون‌های مربوط می‌باشد. در این تحقیق دقت چهار مدل تجربی در حوزه آبخیزی که دارای ایستگاه هیدرومتری است مورد بررسی قرار گرفته است تا از نتایج آن بتوان رواناب حوضه‌های فاقد ایستگاه را دقیق برآورد نمود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ - معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز طغرود در ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی واقع در استان قم و دارای مساحت ۵۱۰/۴۱ کیلومتر مربعی باشد. در خروجی این زیرحوضه ایستگاه هیدرومتری طغرود قرار دارد. در این تحقیق آمار بارش و دمای ایستگاه هواشناسی آغک که نزدیکترین ایستگاه به حوزه آبخیز مورد بررسی است مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز مورد مطالعه

۲-۲-۲-۲-۲ روش کار

در این تحقیق ابتدا آمار بارش و دما از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰ مورد استفاده قرار گرفته و رواناب سالانه با استفاده از چهار مدل زیر محاسبه شده است:

۲-۲-۲-۱-۱ رابطه دپارتمان آبیاری هندوستان^۱

دپارتمان آبیاری هندوستان رابطه (۱) را بین میزان بارندگی و رواناب سالانه ارائه نمود.

$$R = P - 1.17P^{0.86} \quad (1)$$

که در آن R رواناب سالانه به سانتی متر، P بارندگی متوسط سالانه به سانتی متری باشد.

۲-۲-۲-۲-۲ رابطه ای کار^۲

انجمن تحقیقات هند براساس نتایج به دست آمده از بررسی میزان رواناب در ۱۷ حوزه آبخیز واقع در منطقه نیل گیری رابطه ی (۲) را برای برآورد رواناب سالانه ارائه نموده که به شرح ذیل می باشد.

$$R = \frac{1.115P^{1.44}}{T^{1.34} A^{0.0613}} \quad (2)$$

¹ Irrigation Department of India

² Indian committee for agricultural researches (ICAR)

۲-۲-۳- رابطه دهلی^۱

این رابطه توسط ایرن برای حوزه یامونا ارائه شده است.

$$R=0.141P^{1.1} \quad (۳)$$

۲-۲-۴- رابطه خوزلا^۲

$$R=P-\frac{T}{3.74} \quad (۴)$$

که در آن R رواناب سالانه به سانتی‌متر، P بارندگی متوسط سالانه به سانتی‌متر، T دمای متوسط سالانه هوا به سانتی‌گراد و A مساحت حوضه به کیلومتر مربع می‌باشد. سپس مقادیر رواناب برآورد شده با مقادیر رواناب مشاهده شده با استفاده از دو شاخص زیر مورد مقایسه قرار گرفت:

۲-۲-۵- ضریب کارایی مدل Nash-Sutcliffe

این ضریب برای ارزیابی مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده می‌شود و به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$E=1-\frac{\sum(Q_{sim}-Q_0)^2}{\sum(Q_0-\bar{Q}_0)^2} \quad (۵)$$

Q_{sim} = میزان جریان مشاهده شده

Q_0 = میزان جریان مشاهده شده

\bar{Q}_0 = میانگین مقدار جریان مشاهده شده

این ضریب از -۱ تا یک تغییر می‌کند که ضریب یک بیانگر بهترین مدل می‌باشد و هر چه قدر این ضریب کوچک‌تر باشد انطباق مدل با مقدار مشاهداتی کمتر می‌باشد.

ضریب مقدار باقی‌مانده (CRM):

$$CRM=\frac{[\sum Q_0-\sum Q_{sim}]}{\sum Q_0} \quad (۶)$$

مقدار مثبت این ضریب بیانگر تمایل مدل برای برآورد مقادیر کمتر از مقدار مشاهداتی است و مقدار منفی این ضریب بیانگر آن است که مقدار برآورد شده از مدل بزرگتر از مقادیر مشاهده شده است. در یک مدل ایده آل این ضریب صفر است.

۳- نتایج و بحث

در این تحقیق چهار رابطه تجربی که براساس دما، بارش و مساحت حوزه طراحی شده‌اند در حوزه آبخیز مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۱ مقادیر رواناب سالانه برآورد شده از چهار روش تجربی آورده شده است و در جدول ۲ مقادیر ضریب باقی‌مانده و ضریب کارایی مدل‌ها محاسبه شده است.

¹ Dehli

² Khuzela

³ Coefficient of residual mass

جدول ۱. مقادیر رواناب سالانه برآورد شده از مدل‌های تجربی

سال	رابطه دهلی (میلی‌متر)	رابطه خوزلا (میلی‌متر)	رابطه دپارتمان آبیاری هندوستان (میلی‌متر)	رابطه‌ای کار (میلی‌متر)
۱۳۸۱	۴۹/۱۷	۲۱۱/۰۶	۶۴/۵۱	۴۳/۴۰
۱۳۸۲	۵۰/۳۵	۲۱۸/۶	۶۶/۵۰	۴۷/۲۰
۱۳۸۳	۴۰/۱۵	۱۶۷/۴۹	۴۹/۵۷	۳۲/۱۷
۱۳۸۴	۳۰/۶۹	۱۲۳/۳۲	۳۴/۴۶	۲۳/۶۲
۱۳۸۵	۴۷/۵۷	۱۹۶/۳۴	۶۱/۸۲	۳۳/۵۱
۱۳۸۶	۲۴/۰۵	۸۰/۷۳	۲۴/۳۲	۱۲/۸۶
۱۳۸۷	۴۴/۵۹	۱۷۰/۰۴	۵۶/۸۶	۲۲/۷۶
۱۳۸۸	۳۰/۱۸	۱۰۸/۵۲	۳۳/۶۶	۱۶/۲۸
۱۳۸۹	۳۳/۶۸	۱۳۱/۱۴	۳۹/۱۶	۲۱/۸۰
۱۳۹۰	۲۴/۴۹	۸۱/۳۳	۲۴/۹۸	۱۲/۶۴

همان‌طور که بیان شد ضریب کارایی مدل Nash-Sutcliffe می‌تواند از ∞ تا ۱ متغیر باشد. راندمان یک، نشان‌دهنده مطابقت کامل مقادیر مدل با داده‌های مشاهده شده است. ضریب صفر، نشان می‌دهد که پیش‌بینی‌های مدل به اندازه میانگین داده‌های مشاهده شده نزدیک است، در حالی که ضریب کمتر از صفر هنگامی رخ می‌دهد که میانگین مشاهده شده بهتر از مدل باشد یا به عبارت دیگر، مدل دقت قابل قبولی در برآورد ندارد. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است ضریب کارایی تمامی مدل‌ها منفی است که بیانگر آن است که هیچ یک از مدل‌ها دقت پیش‌بینی خوبی ندارند. از طرفی مقادیر ضریب باقی‌مانده نشان می‌دهد که رابطه دپارتمان آبیاری هندوستان با مقدار ضریب باقی‌مانده $۰/۴۱$ که نزدیک‌ترین مقدار به عدد صفر می‌باشد نسبت به بقیه مدل‌ها برآورد بهتری دارد.

جدول ۲. شاخص‌های ارزیابی مدل‌ها

رابطه مورد استفاده	ضریب مقدار باقی‌مانده (CRM)	ضریب کارایی مدل Nash-Sutcliffe
دهلی	۱/۰۶۲	-۰/۴۳
خوزلا	-۰/۹۲	-۲/۹۶
دپارتمان آبیاری هندوستان	۰/۴۱	-۰/۳۹
ای کار	۰/۶۵	-۰/۷۱

فرمول‌های تجربی در دنیا براساس خصوصیات اقلیمی و فیزیوگرافی حوزه‌های مورد مطالعه ارائه می‌شود و برای استفاده از آنها در مطالعات طرح‌های اجرایی نیاز به اطمینان از دقت مدل در شرایط منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در این مطالعه نتیجه گیری شد که به منظور برآورد دقیق رواناب سالانه در حوزه آبخیز طغرود که با میانگین بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در طول دوره آماری بارش مورد بررسی می‌باشد نیاز به مدلی است که براساس شرایط منطقه به‌دست آمده باشد و استفاده از مدل‌های تجربی دیگر حوضه‌ها دقت لازم را در برآورد رواناب سالانه حوضه ندارد.

۴- منابع و مراجع

- ۱- احمدی، ح.، نورا، ن.، بهنودی، س.، محمدی، م. ۱۳۸۹. تعیین مناسب‌ترین روش تجربی برآورد رواناب سالانه در حوضه‌های فاقد آمار غرب گلستان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وطن). ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.
- ۲- داودی راد، ع. ۱۳۸۵. واسنجی روابط تجربی برآورد ارتفاع رواناب مقایسه آنها با روش‌های تجربی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس مدیریت منابع آب اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳- قضاوی، ر.، سمیعی، م. ۱۳۹۵. کالیبراسیون و اعتبار سنجی روش‌های تجربی برآورد رواناب در حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی: بادامک استان فارس). یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران.

۴- مددی، ا.، ملکی، م. ۱۳۹۵. بررسی رواناب سالانه با روش‌های تجربی در حوزه آبخیز اندبیل، شهرستان خلخال. پنجمین همایش سامانه های سطوح آبگیر باران.

6- Guo, Z., Xiao, X., Gan, Y. and Zheng, Y. 2001. Ecosystem functions, services and their values – a case study in Xingshan County of China. *Ecological economics*, 38: 141-154.

7- Mobareghei, N., Sharzei, Gh. And Ghoddoosi, J. 2010. The role of forest ecosystem in water conservation and estimating this value in Iranian Caspian forests (case study: watershed number one in basin 45). *Iranian Journal of Forest*, 2(3):187-196. (persian)





Empirical Models Evaluation for Runoff Estimation in Toghrood Watershed

Elham Forootan^{*1}

Assistant Professor of Agriculture and Natural resources Department, Qom PayameNoor University ۱

۱ و * e.forotan@pnu.ac.ir

Abstract

Runoff management and flood prevention in watersheds require accurate annual runoff estimation. In this research, the accuracy of four Empirical models were investigated in Toghrood watershed in Qom province with hydrometric station and 510/41 km² area. Among these models, the model of the Indian Irrigation Department with the coefficient of residual mass value of 0/41 and efficiency coefficient of Nash-Sutcliffe model of -0/39 was more accurate than other models. Therefore; this model can be used to estimate annual runoff in watersheds in the region without hydrometric stations and with similar annual rainfall conditions.

Keywords: Runoff, Empirical Model, Toghrood Watershed



بررسی معادلات تجربی محاسبه زمان تمرکز در حوزه آبخیز سولقان-وزوا

الهام فروتن^{۱*}

^{۱*} استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور قم،

*^۱ e.forotan@pnu.ac.ir

چکیده

زمان تمرکز یکی از پارامترهای مهم در تجزیه و تحلیل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد که روش‌های تجربی متعددی به منظور برآورد آن استفاده می‌شود. در این تحقیق هدف آن است که زمان تمرکز حوزه آبخیز سولقان-وزوا در استان قم با استفاده از معادلاتی که بر اساس ویژگی‌های فیزیوگرافی همچون مساحت، طول آبراهه، ارتفاع حوزه و شیب می‌باشد محاسبه شود. نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقدار زمان تمرکز با استفاده از رابطه پیلگریم-مک درمات و کمترین مقدار زمان تمرکز توسط رابطه ونتورا محاسبه شده است. همچنین نتایج تحقیق بیان می‌دارد که کمترین تا بیشترین مقدار زمان تمرکز به ترتیب توسط روابط ونتورا، هیدروگراف استدلالی، اسپي، کالیفرنیا، جیاندوتی، جانسون-کراس، کرپیچ و پیلگریم-مک درمات برآورد شده است.

واژگان کلیدی: زمان تمرکز، مدل تجربی، حوزه آبخیز سولقان-وزوا

۱- مقدمه

بزرگ‌ترین زمان لازم برای جریان آب از هر نقطه منطقه به نقطه تمرکز، زمان تمرکز نام دارد (Muterja, 1990). این پارامتر یکی از پارامترهای مهم در تجزیه و تحلیل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد که روش‌های تجربی متعددی به منظور برآورد آن ارائه شده است و تحقیقات متعددی در زمینه بررسی دقت این روش‌ها انجام شده است. McCuen و همکاران (۱۹۸۴) هفت فرمول تجربی را در حوزه آبخیز شهری بررسی نموده و نتیجه گیری کردند که زمان تمرکز با محاسبه سرعت متوسط سازمان حفاظت خاک آمریکا از همه روش‌ها دقیق‌تر می‌باشد. Dastourani و همکاران (۲۰۱۱) شش رابطه تجربی برآورد زمان تمرکز را در دو حوزه آبخیز استان یزد برآورد نموده و با مقادیر مشاهداتی مقایسه کردند که نتایج حاکی از آن بود که روابط هاکتانی-سزن، کالیفرنیا و زمردی دارای دقت برآورد بهتری می‌باشند. Sharifi و Hosseini (۲۰۱۱) به بررسی نه رابطه برآورد زمان تمرکز پرداختند و نتیجه گیری نمودند که رابطه کالیفرنیا دقیق‌ترین برآورد را دارد. میرزایی و رئوف (۱۳۹۳) به مقایسه معادلات تجربی و روش تجزیه هیدروگراف سیلاب در برآورد زمان تمرکز در حوزه آبخیز آتسگاه استان اردبیل پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که روش SCS از بقیه روش‌ها دقت بیشتری دارد. پارسا مهر و همکاران (۱۳۹۷) حساسیت برخی معادلات تجربی در برآورد زمان تمرکز حوزه‌های آبخیز را بررسی نمودند. نتایج آنالیز حساسیت بیانگر آن بود که تغییرات جزئی در شیب‌های کم موجب کاهش زیاد زمان تمرکز می‌شود. در این تحقیق هدف آن است که زمان تمرکز با استفاده از هشت رابطه‌ای که بر اساس مساحت، طول آبراهه، ارتفاع حوزه و شیب آن می‌باشد برآورد شده و نتایج آنها با هم مقایسه شود.

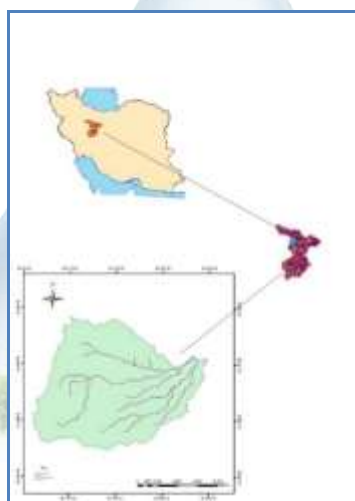
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ - معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حوزه آبخیز سولقان-وزوا در ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی واقع در استان قم می‌باشد که موقعیت جغرافیایی آن در شکل ۱ و ویژگی‌های فیزیوگرافی آن در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است این حوضه دارای مساحت ۳۹۹/۸۳ کیلومتر مربع بوده و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۷۹۳/۹۴ متر می‌باشد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز

مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	متوسط ارتفاع منطقه (متر)	طول آبراهه (کیلومتر)	شیب حوضه (درصد)	شیب آبراهه (درصد)	حداکثر ارتفاع (متر)	حداقل ارتفاع (متر)
۳۹۹/۸۳	۹۶/۱۰	۱۷۹۳/۹۴	۳۷/۳۴	۱۵/۶۸	۳/۲۵	۳۰۹۳	۱۱۱۰



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز مورد مطالعه

۲-۲- روش کار

در این تحقیق هشت رابطه تجربی (جدول ۲) که تنها بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی حوزه طراحی شده اند برای محاسبه زمان تمرکز حوزه آبخیز سولقان-وزوا استفاده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ آورده شده است این روابط بر اساس پارامترهای شیب، طول آبراهه و مساحت حوضه، زمان تمرکز حوضه را برآورد می‌کنند.

جدول ۲. روابط مورد استفاده در محاسبه زمان تمرکز (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۳)

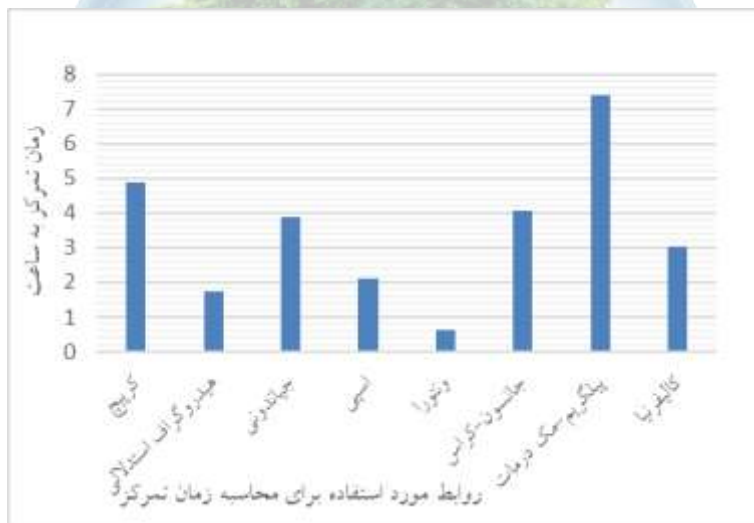
شماره	نام رابطه	پارامترهای محاسبه زمان	شماره	نام رابطه	پارامترهای محاسبه زمان
تمرکز					
۱	کرپیچ	طول مسیر جریان، شیب مسیر آب	۵	ونتورا	مساحت و شیب متوسط حوزه
۲	هیدروگراف استدلالی	طول آبراهه، شیب حوضه	۶	جانسون-کراس	طول مسیر جریان، شیب متوسط آبراهه
۳	اسپی	طول آبراهه و شیب متوسط آبراهه	۷	پیلگریم-مک درمات	مساحت حوضه
۴	جیاندوتی	مساحت، طول آبراهه اصلی، ارتفاع متوسط حوزه	۸	کالیفرنیا	طول آبراهه، اختلاف ارتفاع حوضه

۳- نتایج و بحث

نتایج محاسبات زمان تمرکز در حوزه آبخیز مورد مطالعه در جدول ۳ و نمودار ۱ قابل مشاهده است. همان طور که در جدول ۳ مشخص است بیشترین مقدار زمان تمرکز با استفاده از رابطه پیلگریم-مک درمات ۷/۴۰ ساعت به دست آمده است و حال آن که کمترین مقدار زمان تمرکز مقدار ۰/۶۴ ساعت می باشد که توسط رابطه ونتورا به دست آمده است. رابطه پیلگریم-مک درمات تنها مبتنی بر مساحت حوضه می باشد و بدون در نظر گرفتن طول آبراهه، ارتفاع و یا شیب حوضه، زمان تمرکز را محاسبه می نماید در حالی که رابطه ونتورا مساحت و شیب حوضه را در نظر گرفته است. نمودار ۱ نیز زمان تمرکز محاسبه شده در روش های مختلف را نشان می دهد. همان طور که در نمودار مشخص است کمترین تا بیشترین مقدار زمان تمرکز به ترتیب توسط روابط ونتورا، هیدروگراف استدلالی، اسپپی، کالیفرنیا، جیاندوتی، جانسون-کراس، کریچ و پیلگریم-مک درمات برآورد شده است. با توجه به آن که غالب حوزه های آبخیز کشور فاقد ایستگاه هیدرومتری می باشند لذا در بسیاری از موارد استفاده از معادلات تجربی به منظور آورد زمان تمرکز حوزه مد نظر قرار می گیرند و حال آن که همان طور که در نتایج استفاده از هشت رابطه تجربی مبتنی بر خصوصیات فیزیوگرافی حوضه قابل مشاهده است اختلاف برآوردها زیاد است.

جدول ۳. نتایج محاسبه زمان تمرکز در حوزه آبخیز سولقان-وزوا

شماره	نام رابطه	زمان تمرکز (ساعت)	شماره	نام رابطه	زمان تمرکز (ساعت)
۱	کریچ	۴/۸۷	۵	ونتورا	۰/۶۴
۲	هیدروگراف استدلالی	۱/۷۵	۶	جانسون-کراس	۴/۰۷
۳	اسپی	۲/۱۲	۷	پیلگریم-مک درمات	۷/۴۰
۴	جیاندوتی	۳/۸۸	۸	کالیفرنیا	۳/۰۵



نمودار ۱. نتایج روابط مورد استفاده در برآورد زمان تمرکز (ساعت)

چالش اساسی که در استفاده از این معادلات وجود دارد آن است که اگر حوزه آبخیز مورد مطالعه بدون پوشش گیاهی باشد و یا کاملاً پوشیده از گیاه باشد در عدد زمان تمرکز تغییری حاصل نمی شود و حال آن که که زمان تمرکز به سرعت حرکت آب و سرعت حرکت آب علاوه بر شیب حوضه به زبری مسیر حرکت نیز بستگی دارد. نتایج تحقیقات میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) نیز ثابت کرده است که روش SCS که پوشش سطح زمین را در معادله زمان تمرکز وارد می نماید دارای دقت بیشتری در برآورد می باشد. همچنین ویژگی های بارش همچون شدت بارش نیز در نوع جریان و سرعت حرکت آب مؤثر است. نتایج تحقیق Azizian (۲۰۱۸) نشان داد که ویژگی های بارش همچون شدت بارش و پوشش سطح زمین تأثیر چشمگیری در دقت معادله زمان تمرکز دارند. علاوه بر آن در محاسبه زمان تمرکز بایستی، فرورفتگی ها و چاله های موجود که

موجب تاخیر در حرکت آب می‌شود نیز در نظر گرفته شوند. به عبارتی اگر حوضه مورد بررسی دارای فرو رفتگی‌ها و چاله‌های متعدد بوده و شیب متوسط آن ۱۵ درصد داشته باشد با حوضه‌ای که دارای شیب متوسط مشابه بوده و بدون فرو رفتگی و چاله می‌باشد زمان تمرکز یکسانی را نخواهد داشت. لذا به منظور برآورد دقیق زمان تمرکز بایستی از مدلی استفاده نمود که به غیر از پارامترهای فیزیوگرافی، ویژگی‌های پوشش سطح زمین و بارش را نیز شامل شود. از این تحقیق نیز نتیجه گیری می‌شود در حوزه آبخیز مورد مطالعه، روش‌هایی که تنها مبتنی بر خصوصیات فیزیوگرافی، برآورد زمان تمرکز را انجام می‌دهند نتایج نزدیک به هم ندارند و لذا لازم است به این منظور از مدلی استفاده شود که برآورد را با در نظر گرفتن تمامی پارامترهای متعدد مؤثر در زمان تمرکز حوضه انجام می‌دهد.

۴- منابع و مراجع

۱. پارسامهر، ا.ج، خسروانی، ز.، نقی پور، ا.، ۱۳۹۷. آنالیز حساسیت برخی معادلات تجربی در برآورد زمان تمرکز حوضه‌های آبخیز، سیزدهمین همایش علوم و مهندسی آبخیزداری و سومین همایش ملی منابع طبیعی و سیانت از محیط زیست، دانشگاه محقق اردبیلی.
۲. میرزایی، س.، رئوف، م.، ۱۳۹۳. مقایسه معادلات تجربی و روش تجزیه هیدروگراف سیلاب در برآورد زمان تمرکز، مطالعه موردی: حوضه آتشفشان-استان اردبیل، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۶، شماره ۴، ۴۰۷-۴۱۴.
3. Azizian, A., 2018. Uncertainty Analysis of Time of Concentration Equations based on First-Order-Analysis (FOA) Method. American Journal of Engineering and Applied Sciences. 11 (1): 327.341. DOI: 10.3844/ajeassp.2018.327.341.
4. Dastourani, M.T., A. Abdollahvand, H. Osareh, A. Talebi and A. Moghaddamnia. 2011. Determination of application of some experimental relations of concentration time for estimation of surveying time in waterway. Journal of Watershed Management Research, 99: 42-52 (in Persian).
5. McCuen, R., S. Wong and W. Rawls. 1984. Estimating urban time of concentration. Journal of Hydraulic Engineering, 110(7): 887-904.
6. Mutreja, K.N. 1990. Applied hydrology. Tata McGraw Hill Publishing, 370 pages.
7. Sharifi, S. and S.M. Hosseini. 2011. Methodology for identifying the best equations for estimating the time of concentration of watersheds in a particular region. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 137(11): 712-719.

The Investigation of Empirical Models for Time of Concentration Estimation in Soleghan-Vazva Watershed

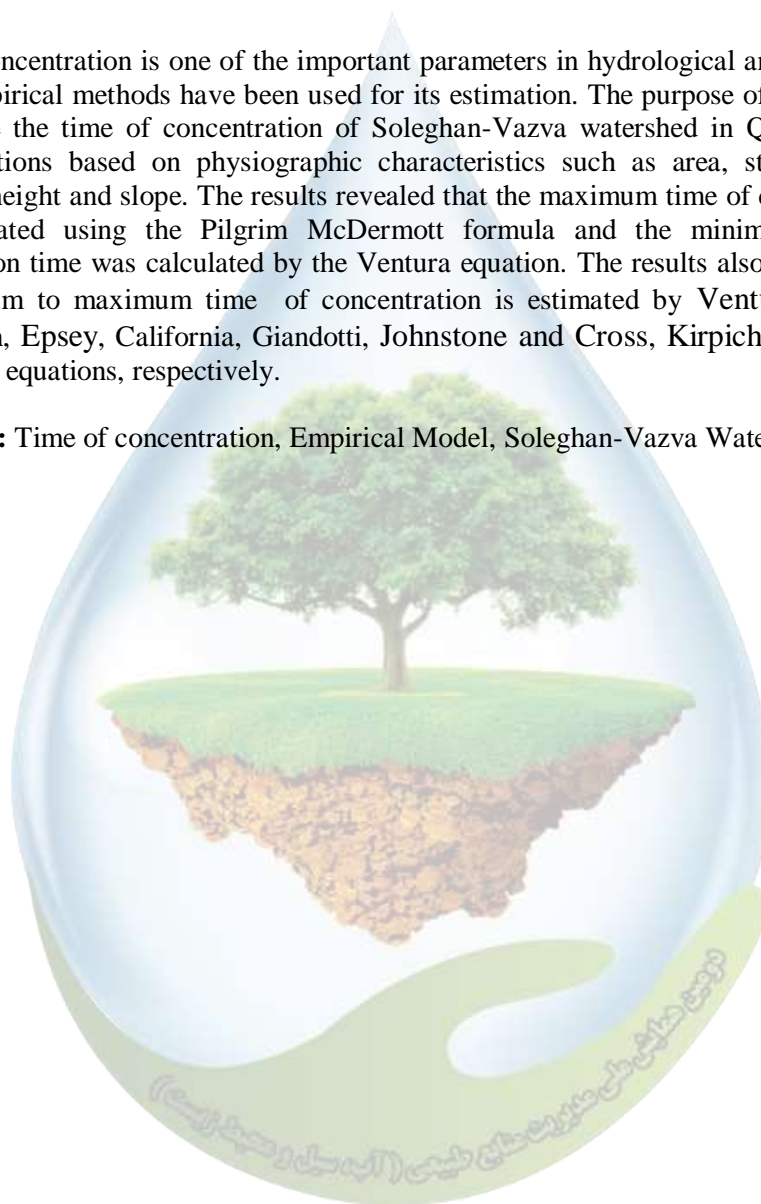
Elham Forootan^{*1}

^{1,*}Assistant Professor of Agriculture and Natural resources Department, Qom PayameNoor University
e.forotan@pnu.ac.ir^{1,*}

Abstract

Time of concentration is one of the important parameters in hydrological analysis which several empirical methods have been used for its estimation. The purpose of this study is to calculate the time of concentration of Soleghan-Vazva watershed in Qom province using equations based on physiographic characteristics such as area, stream length, watershed height and slope. The results revealed that the maximum time of concentration was calculated using the Pilgrim McDermott formula and the minimum time of concentration time was calculated by the Ventura equation. The results also indicate that the minimum to maximum time of concentration is estimated by Ventura, Rational Hydrograph, Epsey, California, Giandotti, Johnstone and Cross, Kirpich, and Pilgrim McDermott equations, respectively.

Keywords: Time of concentration, Empirical Model, Soleghan-Vazva Watershed



تنوع مورفولوژیکی درمنه دشتی در مراتع استپی خراسان جنوبی

مسلم رستم پور^{*۱}^{*۱} استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند*^۱rostampour@birjand.ac.ir

چکیده

مراتع جزو منابع با ارزش ملی و رویشگاه‌های طبیعی کشور می‌باشد، که از لحاظ گیاهان دارویی، صنعتی و علوفه‌ای از اهمیت خاصی برخوردارند با توجه به گسترش درمنه دشتی در مراتع استپی کشور، در این تحقیق، تنوع مورفولوژیک درمنه دشتی در سطح وسیعی از مراتع خراسان جنوبی در شهرستان‌های بیرجند، خوسف، سربیشه و زیرکوه مطالعه شد. خصوصیات مورفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، حجم و سطح تاج پوشش درمنه دشتی در قالب پلات‌های ۴ متر مربعی اندازه‌گیری شد. سپس به منظور بررسی اثر منطقه بر خصوصیات مورفولوژیکی گونه مورد مطالعه، از آزمون تجزیه واریانس (ANOVA) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که اثر منطقه بر ارتفاع بوته و سطح تاج پوشش معنی‌دار است ($p \leq 0/01$ و $p \leq 0/05$). بیشترین ارتفاع بوته در منطقه آبیز شهرستان زیرکوه و کمترین ارتفاع بوته در منطقه شوکت آباد شهرستان بیرجند می‌باشد. نتایج تحلیل همبستگی بین خصوصیات مورفولوژیک درمنه دشتی و ارتفاع از سطح دریا نشان داد ارتفاع از سطح دریا فقط با ارتفاع بوته همبستگی مثبت معنی‌داری دارد.

واژگان کلیدی: اکوتیپ، تنوع مورفولوژیک، پوشش گیاهی، درمنه، مراتع استپی

۱- مقدمه

گیاهان دارویی و معطر در مقایسه با سایر گیاهان زراعی، اراضی کمی را به خود اختصاص می‌دهند. باوجود این در بردارنده تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی مورد استفاده هستند که دارای بیشترین تنوع در صفات و خصوصیات بیولوژیکی می‌باشند (۱۰). گیاهان دارویی جزء ذخایر طبیعی محسوب شده و تنوع گونه‌های دارویی هر کشور با توجه به شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی متفاوت است (۱۱). یکی از گیاهان با ارزش دارویی، درمنه است. جنس درمنه متعلق به تیره *Asteraceae* و قبیله *Anthemideae* است. جنس درمنه دارای حدود ۴۰۰ گونه در جهان و در ایران دارای ۳۴ گونه بوده که از نظر ایجاد پوشش و پراکنش وسیع، از شاخص‌ترین و با اهمیت‌ترین جنس‌های گیاهی در فلور ایران محسوب می‌شود (۱). گونه درمنه دشتی با نام لاتین *Artemisia sieberi* یکی از گیاهان علوفه‌ای و دارویی با ارزش مناطق بیابانی و جزء در نواحی غربی (کوه‌های زاگرس) در سراسر ایران پراکنده است و در نواحی دشتی می‌روید. این گیاه از گونه‌های بوته‌ای مناسب برای تجدید حیات مراتع در مناطق استپی است. (۶). این گونه عنصر اصلی ناحیه ایران و تورانی می‌باشد و رویشگاه‌های وسیعی را در مراتع استان‌های یزد، کرمان، مرکزی، قم و اصفهان به خود اختصاص می‌دهد (۱۵). درمنه دشتی حاوی اسانس نسبتاً فراوان است که میزان آن از بسیاری از گونه‌های دیگر این جنس بیشتر است، اما ترکیبات آن کمتر است. این گیاه در طب کهن برای درمان بیماری‌های نظیر دفع انگل‌های روده‌ای و سوء هاضمه به کار می‌رفت. در سال‌های اخیر تأثیر باکتری‌کشی اسانس این گیاه بررسی شده و نتایج شگفت‌انگیزی به دست آمده است. (۴).

درمنه دشتی گونه ای گزروفیت است که به دلیل دامنه اکولوژیکی وسیع قادر است در انواعی از رویشگاهها رشد کند. گیاهان رشد یافته در هر آشیان اکولوژیکی جهت بقای خود به شرایط ویژه محیطی اطرافشان سازش یافته‌اند (۷). این تحقیق به بررسی تنوع مورفولوژیک گونه درمنه دشتی تحت تأثیر خصوصیات محیط می‌پردازد. یکی از عوامل محیطی مؤثر بر گیاهان، پستی و بلندی است. پستی و بلندی‌ها به خصوص تغییرات ارتفاع می‌تواند بسیاری از عوامل محیطی را تغییر دهند. تغییر ارتفاع با تنوعات رویش گیاهی در شیب‌های مختلف از نظر زاویه و جهت مجموعاً عواملی هستند که موزائیک جوامع را در اکوسیستم ایجاد می‌کنند. تغییرات ارتفاع و پستی و بلندی‌ها از این جهت که می‌توانند بر درجه حرارت و مقدار رطوبت تأثیر مستقیم داشته باشند دارای اهمیت فراوان است. افزایش ارتفاع با کاهش دما، افزایش شدت نور و افزایش شدت وزش باد همراه است. این تغییرات همراه با کاهش درجه حرارت بر مقدار رطوبت تأثیر می‌گذارند. علاوه بر تغییراتی که ارتفاع بر عوامل اقلیمی وارد می‌سازد، کیفیت نور را نیز تغییر می‌دهد. افزایش اشعه ماوراء بنفش که در ارتفاعات زیاد ایجاد می‌گردد، رشد گیاه را دچار اختلال می‌کند (۳). آذرینوند و همکاران (۲) تأثیر خصوصیات خاک و تغییرات ارتفاع را بر پراکنش دو گونه درمنه مورد مطالعه قرار دادند، با استفاده از روش PCA بدین نتیجه رسیدند که خصوصیات ماده آلی، نیتروژن، بافت و گچ خاک و ارتفاع از سطح دریا مهمترین عوامل مؤثر در پراکنش دو گونه درمنه می‌باشد.

عبداللهی و همکاران (۱۲) فاکتورهای محیطی مؤثر بر پراکنش دو گونه درمنه دشتی و کوهی را با استفاده از آزمون CCA در مناطق کوهستانی استان یزد بررسی کردند. در منطقه مطالعاتی، درمنه دشتی فقط روی مواد آهکی وجود داشت و درمنه کوهی روی هر دو مواد آهکی و آذرین یافت شد. به علت حضور درمنه دشتی در تمام جهات جغرافیایی منطقه مطالعاتی، این گونه، چندان تحت تأثیر جهات جغرافیایی واقع نبود. پراکنش درمنه کوهی، شدیداً تحت تأثیر جهات جغرافیایی قرار داشته بود. پورفتحی و همکاران (۵)، اثر ارتفاع را بر پراکنش گونه *Artemisia fragrans* در منطقه هلیچال از حوزه آبخیز هراز بررسی کرد. نتایج نشان داد که ارتفاع اثر معنی‌داری بر روی پوشش و تراکم گونه *Artemisia fragrans* ندارد ولی دامنه و اثرات متقابل ارتفاع و دامنه اثر معنی‌داری بر روی پوشش و تراکم گونه *Artemisia fragrans* دارد.

در این تحقیق، عامل ارتفاع به عنوان یکی از عوامل مهم اکولوژیکی در پراکنش درمنه دشتی مطالعه می‌شود. هدف اصلی اکولوژی گیاهی، شناسایی متغیرهای محیطی و یا مدیریتی است که پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی و در نتیجه ترکیب جوامع گیاهی را کنترل می‌کنند. اینکه کدام عامل یا مجموعه‌ای از عوامل مهم‌ترین تأثیر را در استقرار گونه‌ای خاص دارند، از طریق مطالعه ارتباط گونه با عوامل محیطی میسر است (۱۳).

با توجه به پراکنش درمنه دشتی در مناطق دشتی و کوهستانی، به نظر می‌رسد عوامل توپوگرافی نقش مهمتری در حضور و توزیع این گونه داشته باشند، از این رو این تحقیق به منظور بررسی خصوصیات مورفولوژیکی گونه درمنه دشتی در مراتع استپی استان خراسان جنوبی انجام می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

براساس بازدیدهای صحرایی در منطقه مورد نظر، مراتع تحت رویش گونه درمنه دشتی در چهار شهرستان بیرجند، خوسف، سربیشه و زیرکوه شناسایی شد. پس از تعیین رویشگاه‌های گونه مورد نظر در منطقه، نمونه‌برداری به روش تصادفی سیستماتیک در قالب سه ترانسکت در هر رویشگاه در پلات‌هایی به ابعاد ۴ متر مربعی انجام شد. پس از استقرار پلات بر روی زمین تمامی پایه‌های گونه درمنه دشتی واقع در آن پلات اعم از کوچک و بزرگ شمارش شده و ثبت گردید. با استفاده از متر، ارتفاع بوته اندازه‌گیری و یادداشت گردید. طول تاج نهال در دو جهت اندازه‌گیری و سپس میانگین آن به عنوان قطر تاج پوشش ثبت گردید. حجم اندام‌های هوایی گیاه با اندازه‌گیری قطر متوسط گیاه و ارتفاع متوسط آن مشخص می‌شود (۱۶). سطح تاج پوشش نیز از رابطه ی زیر به دست می‌آید (۹):

$$\text{سطح تاج پوشش} = \pi \times \left(\frac{\text{قطر متوسط}}{2}\right)^2$$

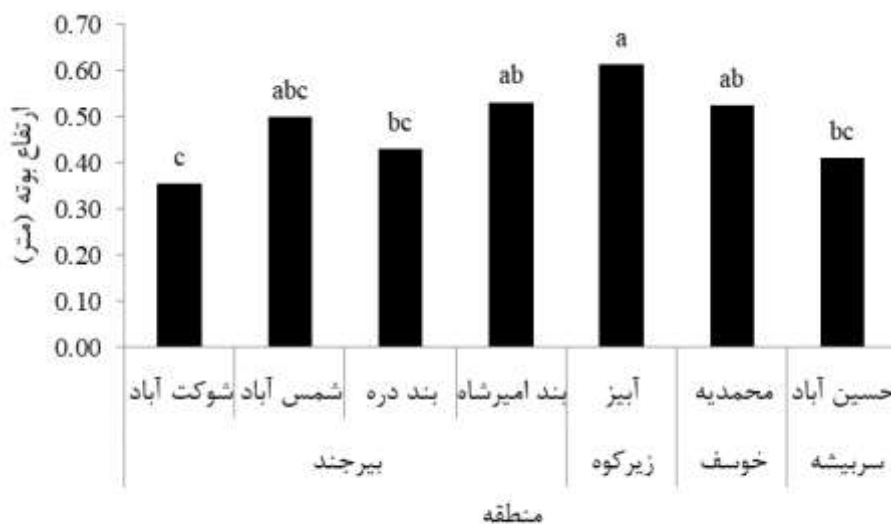
واحد اندازه گیری قطر متوسط ، متر می باشد. در هر پلات، ارتفاع منطقه نیز توسط GPS ثبت شد. به منظور بررسی اثر منطقه بر روی خصوصیات مورفولوژیک شامل ارتفاع، حجم و سطح تاج پوشش از آزمون تجزیه واریانس و مقایسه میانگین های دانکن استفاده شد. همچنین به منظور بررسی همبستگی بین خصوصیات رویشی گونه های مورد مطالعه با ارتفاع از سطح دریا، از آزمون همبستگی و از نرم افزار SPSS استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج جدول تحلیل واریانس (جدول ۱) نشان می دهد که اثر منطقه بر روی ارتفاع بوته درمنه دشتی معنی داری است ($p \leq 0.01$). نتایج نشان می دهد که بیشترین ارتفاع بوته در منطقه آبیز شهرستان زیرکوه و کمترین ارتفاع بوته در منطقه شوکت آباد شهرستان بیرجند می باشد (شکل ۱).

جدول (۱) جدول تجزیه واریانس اثر منطقه بر ارتفاع بوته درمنه دشتی در مراتع چهار شهرستان استان خراسان جنوبی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
منطقه	۶	۰/۴۵	۰/۰۷۶	۴/۴۳	۰/۰۰۱
خطا	۶۲	۱/۰۶	۰/۰۱۷		
کل	۶۸	۱/۵۱			



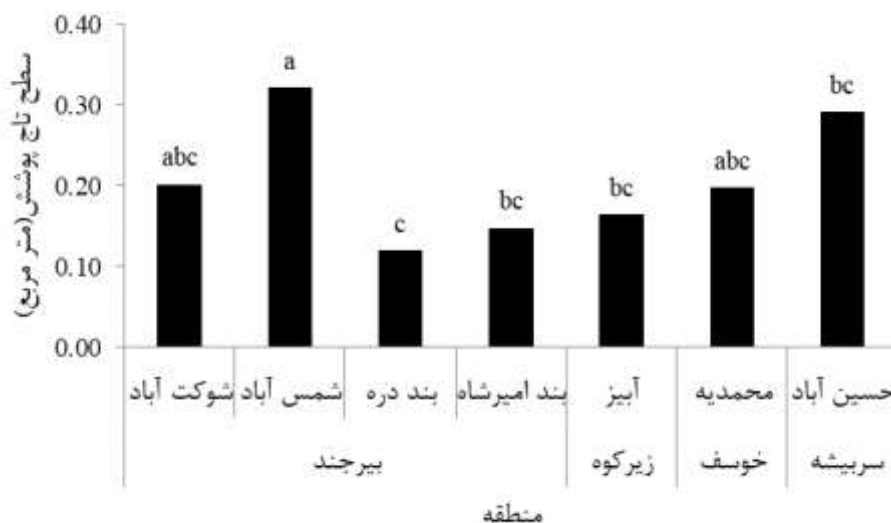
شکل (۱) مقایسه ارتفاع بوته درمنه دشتی در مراتع چهار شهرستان استان خراسان جنوبی

همچنین نتایج نشان می دهد که اثر منطقه بر روی سطح تاج پوشش درمنه دشتی معنی داری است ($p \leq 0.05$) (جدول ۲). نتایج نشان می دهد که بیشترین سطح تاج پوشش در منطقه شمس آباد شهرستان بیرجند و کمترین سطح تاج پوشش در منطقه بند دره واقع در کوهستان باقران شهرستان بیرجند می باشد (شکل ۲).

جدول (۲) جدول تجزیه واریانس اثر منطقه بر سطح تاج پوشش درمنه دشتی در مراتع چهار شهرستان استان خراسان جنوبی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح معنی داری
منطقه	۶	۰/۲۶	۰/۰۴۳	۲/۶۱	۰/۰۲۶

خطا	۶۲	۱/۰۲	۰/۰۱۶
کل	۶۸	۱/۲۷	



شکل (۲) مقایسه سطح تاج پوشش درمنه دشتی در مراتع چهار شهرستان استان خراسان جنوبی

نتایج تحلیل واریانس نشان می‌دهد که منطقه تأثیر معنی‌داری بر حجم بوته درمنه دشتی ندارد (جدول ۳).

جدول (۳) جدول تجزیه واریانس اثر منطقه بر حجم بوته درمنه دشتی در مراتع چهار شهرستان استان خراسان جنوبی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌داری
منطقه	۶	۰/۰۶۷	۰/۰۱۱	۱/۵۱	۰/۱۸۹
خطا	۶۲	۰/۴۵	۰/۰۰۷		
کل	۶۸	۰/۵۲			

نتایج ضریب همبستگی پیرسون (جدول ۴) بین ارتفاع از سطح دریا و خصوصیات مورفولوژیک گونه درمنه دشتی نشان داد که ارتفاع از سطح دریا فقط با ارتفاع بوته همبستگی مثبت معنی‌داری دارد. بین ارتفاع بوته، سطح تاج پوشش و حجم بوته درمنه دشتی نیز همبستگی معنی‌داری وجود دارد.

جدول (۴) ضرایب همبستگی پیرسون بین ارتفاع از سطح دریا و خصوصیات مورفولوژیک درمنه دشتی

رتفاع از سطح دریا	رتفاع بوته	سطح تاج پوشش	حجم بوته
۱	۰/۴۹**	-۰/۲۰	-۰/۰۱
۰/۴۹**	۱	۰/۴۳**	۰/۶۴**
-۰/۲۰	۰/۴۳**	۱	۰/۹۴**
-۰/۰۱	۰/۶۴**	۰/۹۴**	۱

** معنی‌دار در سطح ۱٪

نتایج تحقیق نشان داد که اثر خصوصیات مورفولوژیک درمنه دشتی تحت تأثیر مکان رویشگاه قرار دارد. صفات مورفولوژیک محدود بوده و بروز این صفات تحت تأثیر سن گیاه و محیط قرار دارد (۱۴). همانطور که نتایج همبستگی ارتفاع از سطح دریا با خصوصیات مورفولوژیک درمنه دشتی نشان داد، ارتفاع بوته همبستگی معنی داری با ارتفاع از سطح دریا دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا، شاهد افزایش ارتفاع بوته درمنه دشتی هستیم. منطقه آبیز در رشته کوه آهنگران و بند امیر شاه در رشته کوه باقران (بالای ۲۰۰۰ متر) بیشترین ارتفاع بوته را دارند. زارع چاهوکی (۸) نیز در مراتع استپی استان یزد بیان کرد که حضور درمنه دشتی را در ارتفاعات ۲۱۰۰ تا ۲۴۰۰ متری مشاهده شده است. در مناطق دشتی کم ارتفاع، پراکنش و تراکم گونه درمنه دشتی بیشتر است و با افزایش ارتفاع، از تراکم گونه درمنه دشتی کاسته می شود، در عوض بر ارتفاع بوته درمنه دشتی افزوده می شود. هر چه از مناطق دشتی به سمت مناطق کوهستانی پیش رویم، اختلاط گونه های درمنه دشتی و درمنه کوهی بیشتر شده و با توجه به قد بلند بودن درمنه کوهی و ایجاد رقابت احتمالا بر ارتفاع بوته درمنه دشتی نیز افزوده می شود.

۴- نتیجه گیری

این تحقیق به بررسی خصوصیات مورفولوژیک گونه درمنه دشتی در مراتع استپی استان خراسان جنوبی می پردازد. نتایج این تحقیق بیانگر این است که درمنه دشتی بین مناطق مختلف استان به لحاظ خصوصیات مورفولوژیک متنوع است با توجه به پراکنش درمنه دشتی در مناطق دشتی و کوهستانی، به نظر می رسد تغییرات اقلیمی و ارتفاعی منطقه بر تنوع مورفولوژیک درمنه دشتی تأثیر گذار است.

۵- منابع

- ۱- آذرینوند، ح. ۱۳۸۲. بررسی ویژگی های گیاه شناسی و اکولوژیک دو گونه درمنه دشتی و کوهی در دامنه جنوبی البرز (مطالعه موردی: وردآور، گرمسار و سمنان)، پایان نامه دکتری مرتع داری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۱۸۸.
- ۲- آذرینوند، ح.، جعفری، م.، مقدم، م.، جلیلی، ع.، و زارع چاهوکی، م. ع. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر خصوصیات خاک و تغییرات ارتفاع بر پراکنش دو گونه درمنه (*Artemisia*) (مطالعه موردی: مراتع مناطق وردآور، گرمسار و سمنان)، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶ (۲-۱): ۹۳-۱۰۰.
- ۳- اردکانی، م. ۱۳۸۳. اکولوژی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۴۰.
- ۴- باغستانی میبیدی، ن.، زارع، م. ت.، فیاض، م. ۱۳۹۲. بررسی خوشخوراکی گونه های گیاهی در مراتع استپی استان یزد (مطالعه موردی: مراتع ندوشن در شهرستان صدوق)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۰(۴): ۸۰۹-۸۱۸.
- ۵- پورفتحی، م.، عرفانزاده ر.، و قلیچنیا، ح. ۱۳۸۹. تأثیر عوامل خاکی و ارتفاع بر پراکنش گونه درمنه معطر *Artemisia fragrans* مطالعه موردی: هلیچال آمل، مرتع، ۴: ۵۳۰-۵۳۹.
- ۶- حکیمی میبیدی، م. ح.، صادقی نیا، م. ۱۳۸۸. شناسایی گیاهان مرتعی ایران، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ص ۱۶۵.
- ۷- ربیعی، م.، جلیلی، ع.، عصری، ی. و حمزه ای، ب. ۱۳۸۸. تنوع جمعیتی درمنه دشتی در ایران براساس صفات کمی برگ و بذر و ارتباط آن ها با شرایط رویشگاه رستنی ها، ۱۰(۱): ۵۱-۶۷.
- ۸- زارع چاهوکی، م. ع. ۱۳۸۰. بررسی رابطه متقابل بین چند گونه مرتعی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مراتع پشتکوه استان یزد. پایان نامه ی کارشناسی. به راهنمایی محمد جعفری. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی. ص ۱۲۳.
- ۹- سعید افخم شعرا. م. ر. ۱۳۸۲. اندازه گیری تاج پوشش گیاهان با استفاده از روش های فاصله ای، حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند، ص ۵۸.
- ۱۰- سلامتی، م. و یوسفی، م. ۱۳۹۳. ارزیابی تنوع عملکرد و صفات مورفولوژیک برخی از ژنوتیپ های بادرشبویه *Dracocephalum moldavica L.* مجله پژوهش های گیاهی، ۲۷(۱): ۹۱-۹۹.

- ۱۱- سیدی کلیبر، ا. دادجو ف.، حسن‌زاده ا. و ملازاده اصل، ح. ۱۳۹۸. تخمین تاج پوشش، تولید و مکان‌یابی مناطق مستعد کشت گیاه سماق در مراتع خاک‌ریز استان اردبیل. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۶۰-۷۱.
- ۱۲- عبداللهی، ج.، باغستانی، ن.، دشتکیان، ک. ۱۳۸۵. بررسی اثرات برخی عوامل بوم‌سازهای بر پراکنش دو گونه درمنه دشتی و کوهی در مناطق کوهستانی استان یزد، مجله جنگل و مرتع، (۷۲ و ۷۳): ۷۵ - ۷۲.
- ۱۳- فرجی، آ. ۱۳۹۳. عکس‌العمل جوامع درمنه دشتی به برخی تغییرات محیطی در استان مرکزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۱۴- متقی، م.، صالحی شانجانی، پ.، جعفری، ع.ا.، میرزا، م. و بی‌همتا، م.ر. ۱۳۹۷. ارزیابی تنوع مورفولوژیکی، فنولوژیکی و مولکولی جمعیت‌های ایرانی گونه بابونه زاگرسی (*Anthemis haussknechtii* Boiss. & Reut.). فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۴(۲): ۲۷۲-۲۸۵.
- ۱۵- مظفریان، و. ۱۳۷۵. فرهنگ نام‌های گیاهان ایران، تهران، انتشارات فرهنگ معاصر، ص ۶۷۱.
- ۱۶- مقدم، م. ر. ۱۳۸۴. مرتع و مرتع‌داری، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۷۰.



Study of morphologic diversity of *Artemisia sieberi* in Steppic rangelands of Sarbishe, South Khorasan Province

Abstract

Rangelands are among the valuable national resources and natural habitats of country, which are of particular importance in terms of medicinal, industrial and forage plants. Regarding to the distribution of *Artemisia sieberi* in the steppic rangelands of Iran, in this study, morphologic diversity of *Artemisia sieberi* in a wide range of rangelands of South Khorasan in Birjand, Khusf, Sarbisheh and Zirkouh was studied. Morphological characteristics such as plant height, volume and canopy area of *Artemisia sieberi* were measured in 4m² plots. In order to investigate the effects of habitat on the morphological characteristics of the studied species Analysis of Variance (ANOVA) was used. The results showed that effect of habitat on the plant height was significant. The results of Pearson coefficient correlation between altitude and morphological characteristics of *Artemisia sieberi* showed that there was a positive correlation between altitude and plant height *Artemisia sieberi*.

Keywords: Ecotype, Morphologic diversity, Vegetation, *Artemisia*, Steppic rangelands

