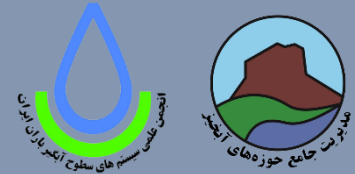




شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز



سال سوم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

بررسی موانع مشارکت جوامع محلی در اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوضه سراب‌باغ استان ایلام

۱-۱۵

محمدرضا جعفری، امین صالح‌پور جم

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی با استفاده از مدل LARS-WG، مطالعه موردی: ایستگاه آباده

۱۶-۲۹

هما رزمخواه، عبدا... مسعودی، امین رستمی راوری، علیرضا فرارویی

بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب‌پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر

۳۰-۴۶

حسین حسین‌زاده کوهی

تحلیل آماری روند تغییرات بلندمدت بارش، دبی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز تجن

۴۷-۶۶

قاسم علیزاده، سید موسی حسینی

ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل‌گل، ایلام)

۶۷-۷۹

محسن توکلی، مهسا کهزادی، حیدر ابراهیمی

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان

۸۰-۹۸

نسیم شعبانی، مهدی خوشبخت، آزاده حسنی



مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال سوم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۲

۲۷۸۳-۴۵۸۱

شاپا الکترونیکی

دانشگاه ایلام با همکاری انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبخیز ایران

صاحب امتیاز

دکتر نورالدین رستمی

مدیر مسئول

دکتر حاجی کریمی

سر دبیر

اعضای هیأت تحریریه

دکتر حسین ارزانی: استاد گروه آموزشی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر غلامرضا زهتابیان: استاد مهندسی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

دکتر فرود شریفی: استاد گروه پژوهشی هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

دکتر حاجی کریمی: استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر حمیدرضا ناصری: استاد گروه زمین‌شناسی معدنی و آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

دکتر حسن پوربابایی: استاد گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

دکتر محسن رضایی: استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر ضرغام محمدی: استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر حمیدرضا پورقاسمی: استاد گروه منابع طبیعی و مهندسی محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

دکتر اباذر اسمعیلی عوری: استاد گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

دکتر محسن توکلی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر نورالدین رستمی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر مرزبان فرامرزی: دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر مهدی حیدری: دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

دکتر احسان بن عبیدات: استاد دانشکده علوم و تکنیک / محیط زیست، دانشگاه سید محمد بن عبدالله، مراکش

دکتر پدرو جی. ام. کاستا: استادیار گروه علوم زمین، دانشگاه کویمبرا، پرتغال

دکتر مهدی حیدری

مدیر داخلی

محمد نجفی شعاع

ویراستار انگلیسی

دکتر نورالدین رستمی، دکتر نگار صادقی نژاد

ویراستار فارسی

دکتر رضا امیدپور

صفحه آرا و طراح جلد

نشانی: ایلام، بلوار پژوهش، دانشگاه ایلام، دبیرخانه مجلات علمی دانشگاه.

تلفکس: ۰۸۴۳۲۲۲۲۷۰۳

صندوق پستی: ۵۱۶-۶۹۳۱۵

پست الکترونیک: iwm@ilam.ac.ir

وب سایت مجله: <http://iwm.ilam.ac.ir>



بررسی موانع مشارکت جوامع محلی در اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوضه سراب‌باغ استان ایلام

محمد رضا جعفری، امین صالح پور جم

۱-۱۵

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی با استفاده از مدل LARS-WG، مطالعه موردی: ایستگاه آباده

هما رزمخواه، عبدا... مسعودی، امین رستمی راوری، علیرضا فرارویی

۱۶-۲۹

بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر

حسین حسین‌زاده کوهی

۳۰-۴۶

تحلیل آماری روند تغییرات بلندمدت بارش، دبی و کاربری اراضی در حوضه آبخیز تجن

قاسم علیزاده، سید موسی حسینی

۴۷-۶۶

ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گل‌گل، ایلام)

محسن توکلی، مهسا کهزادی، حیدر ابراهیمی

۶۷-۷۹

پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در

استان اصفهان

نسیم شعبانی، مهدی خوشبخت، آزاده حسینی

۸۰-۹۸



۱-۱۰. متن داخل جداول و شکل‌ها و عناوین آن‌ها به دو زبان انگلیسی و فارسی نوشته شوند. اعداد داخل جدول‌ها و شکل‌ها به صورت انگلیسی نوشته شود.

۱-۱۱. مقاله باید سلیس، روان و از نظر دستور زبان صحیح باشد و واژه‌ها با دقت کافی انتخاب شده باشد؛ همچنین پاراگراف‌بندی متن مقاله و تمامی قواعد ادبی (آیین نگارش فارسی) و ویراستاری ادبی و علمی باید رعایت گردد.

۱-۱۲. حجم مقاله شامل متن، شکل‌ها، جدول‌ها، نقشه‌ها، منابع و چکیده لاتین، با رعایت استانداردهای نشریه باید حداکثر از ۱۵ صفحه بیشتر نشود.

۱-۱۳. مقالات برگرفته از پایان‌نامه و رساله دانشجویان با نام استاد راهنما، مشاور/مشاوران و دانشجو و با مسئولیت استاد راهنما منتشر می‌شود.

۱-۱۴. مسئولیت صحت و سقم مقاله، به لحاظ علمی و حقوقی بر عهده نویسنده یا نویسندگان است.

۱-۱۵. نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، در راستای همگامی با استانداردهای نشر بین‌المللی، بنا را بر داوری هم‌تراز و دسترسی آزاد گذاشته است. در همین راستا این نشریه رویه داوری دوسو ناشناس (Double Blind Peer Review) را برگزیده است.

۱-۱۶. لازم است نویسندگان محترم فرم تعارض منافع و تعهدنامه مجله را تنظیم و به همراه فایل اصلی مقاله در قسمت فایل‌های پیوست بارگذاری فرمایند. برای شروع فرآیندهای ارزیابی مقاله، بارگذاری این فرم‌ها الزامی است.

۲. نکات قابل توجه نویسندگان برای نگارش

مقاله

۱-۲. ساختار مقاله

ساختار مقاله بر اساس نوع آن تعیین می‌گردد. چهار نوع عمده مقالات عبارت‌اند از مقالات پژوهشی،

۱. نکات قابل توجه نویسندگان پیش از نگارش

مقاله

۱-۱. اصول اخلاقی انتشار مقاله مندرج در اطلاعات نشریه را به دقت مطالعه فرمایید.

۱-۲. تمامی مقالات ارسالی به نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، پیش از ورود به فرآیند داوری با نرم‌افزار مشابهت‌یاب بررسی خواهند شد.

۱-۳. با توجه به قلمرو و چشم‌اندازهای بخش اطلاعات نشریه و به دلیل تخصصی بودن، تنها موضوعات مربوط به مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برای فصلنامه پذیرفته می‌شود.

۱-۴. نام و مشخصات نگارندگان باید به‌طور دقیق نوشته شود و نویسنده مسئول، هدایت اصلی نگارش مقاله را بر عهده دارد.

۱-۵. چاپ مقاله در این نشریه رایگان است.

۱-۶. نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز آمادگی خود را برای چاپ چهار نوع مقاله اعلام می‌کند؛ لذا خواهشمند است پیش‌تر نوع مقاله خود را تعیین کنید تا بتوانید عنوان‌بندی مقاله را بر اساس آن تنظیم کنید.

۱-۷. پذیرش مقاله تنها از طریق سایت فصلنامه (iwm.ilam.ac.ir) امکان‌پذیر است.

۱-۸. مقاله ارسال شده باید حاصل کار پژوهشی و علمی باشد و نباید در هیچ نشریه داخلی یا خارجی یا مجموعه مقالات خارجی چاپ شده باشد و نویسندگان محترم تا هنگامی که جواب پذیرش یا رد از این نشریه دریافت نکرده‌اند، نباید مقاله خود را به نشریه دیگری برای چاپ یا بررسی ارسال نمایند.

۱-۹. زبان رسمی نشریه فارسی است؛ با وجود این، تهیه چکیده مبسوط انگلیسی برای همه مقالات ضروری است.

در مقاله‌های مستخرج از پایان‌نامه از نگارش هر نوع فرضیه پژوهش یا آزمون آن‌ها در بحث یا نتایج پژوهش پرهیز شود و سعی بر آن باشد تا در سرتاسر مقاله، اهداف پژوهش دنبال شود.

۲-۲. سبک نگارش بخش‌های مختلف مقالات

به‌طور کلی متن هر بخش مقاله از مفاهیم ویژه‌ای و به‌منظور خاصی تشکیل می‌شود که نویسنده باید سعی کند در سرتاسر مقاله از خلط مطالب بپرهیزد، در هر جزء مطالب مربوط به آن را بیان کند و از حاشیه‌نویسی به‌منظور پُر کردن مطالب دوری کند.

۲-۲-۱. چکیده

چکیده به‌طور عمده مشتمل بر موضوع پژوهش، روش و نتایج است و باید در آن از مقدمه‌چینی پرهیز شود. چکیده فارسی در یک پاراگراف و حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه است.

۲-۲-۲. واژه‌های کلیدی

کلیدواژه‌ها حاوی سه تا پنج واژه مهم مرتبط با متغیرهای پژوهش یا موضوع است که نگارنده می‌خواهد در صورت جست‌وجوی این واژگان توسط پژوهشگران دیگر در اینترنت، مقاله خود را در معرض مطالعه آن‌ها قرار دهد.

۲-۲-۳. مقدمه

در مقدمه، مبانی نظری همراه با پیشینه به‌گونه‌ای منسجم، یکپارچه و پیوسته بیان می‌شود تا در نهایت بتواند موضوع و مسئله موردنظر پژوهش و آنچه در بوته ابهام است را مشخص کند. هدف نویسنده در نگارش این بخش از مقاله چینش پشت سرهم نقل‌قول‌ها به‌طور مجزا و نامربوط به هم نیست؛ بلکه هدف روایت یک جریان و بیان خلأ موجود است.

۲-۲-۳-۱. استفاده از اختصارات انگلیسی و فارسی در متن مقاله ایرادی ندارد؛ اما باید معادل فارسی و انگلیسی کامل آن در اولین باری که در متن آمده است، به‌صورت زیرنویس نوشته شود.

مقالات فنی و ترویجی، مقالات مروری و مقالات کوتاه. در این نشریه حداکثر تعداد کلمات مقاله‌های پژوهشی و فنی و ترویجی ۵۰۰۰، مقاله‌های مروری ۲۵۰۰۰ و مقاله‌های کوتاه ۲۵۰۰ کلمه در نظر گرفته شده است. تعداد منابعی که برای هر مقاله لازم است به‌ترتیب حداقل ۳۰، ۵۰ و ۵ مورد است. از نظر تعداد جدول‌ها و شکل‌ها تنها مقالات کوتاه محدودیت دارند و آن نیز در مجموع سه جدول یا شکل را شامل می‌شود.

ساختار همه مقاله‌ها از چکیده، کلید واژه‌ها، متن اصلی و منابع تشکیل می‌شوند، ولی متن آن‌ها بر اساس نوع مقاله فرق می‌کند. متن مقاله‌های پژوهشی و فنی و ترویجی باید دارای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری باشند، ولی متن اصلی مقالات مروری ساختار مشخصی ندارند؛ با وجود این، لازم است که در آن‌ها طرح مسئله، عنوان‌بندی بحث و نتیجه‌گیری، به‌خوبی و با روال مشخصی صورت گیرد. متن مقالات کوتاه نیز دارای بخش‌های عادی مانند مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث نیستند، ولی باید در آن‌ها طرح مسئله شود و توصیف مشاهدات به‌صورت منظم و پیوسته در قالب نتایج و بحث صورت گیرد.

در نوشتار باید توجه داشت که جملات، پاراگراف‌ها و حتی عنوان‌های مقاله باید از پیوستگی و انسجام برخوردار باشند. این امر به‌ویژه در مقدمه و بحث مقاله باید رعایت شود. شیوه طرح مسئله در مقدمه بسیار مهم است، لازم است نویسنده با سلیقه خود و با تکیه بر پیشینه و مبانی نظری پژوهش، خواننده را مجاب به ضرورت و نوآوری پژوهش خویش نماید. در بحث مقاله با استفاده از همین مبانی و پیشینه، مشاهدات مکمل، تجربیات دیگران، تجزیه و تحلیل‌های آماری و تفسیرهای منطقی به روایی و پایایی پژوهش بپردازد و در صورت امکان نشان دهد که پژوهش وی تا چه اندازه می‌تواند به محیط‌های دیگر تعمیم داده شود و در کدام نواحی می‌تواند کارایی داشته باشد.

۲-۲-۴. مواد و روش‌ها

نویسنده در روش پژوهش باید از بیان کلیات و تعاریف مربوط به روش پژوهش بپرهیزد و به تفصیل توضیح دهد که چگونه داده‌ها را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کرده است تا هدف یا اهداف پژوهش (حل خلأ علمی که در مقدمه بیان شد) را برآورد کند. این توضیحات باید به قدری دقیق باشد که هر خواننده‌ای در صورت نیاز بتواند مرحله به مرحله آن‌ها را انجام داده و به همان نتیجه‌ای برسد که نگارنده به آن رسیده است. منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند در این بند معرفی شود، ولی نویسنده می‌تواند در صورت ضرورت برای توضیحات تفصیلی، عنوان مستقلى به نام «منطقه مورد مطالعه» باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به‌طور معمول پیش از مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۲-۵. نتایج

در بخش نتایج، تنها باید مواردی بیان شود که درباره اهداف پژوهش است. از بیان روش پژوهش یا پیشینه یا هر موضوعی که ذهن خواننده را از موضوع دور می‌کند پرهیز شود. اگر نتایج پژوهش خیلی گسترده هستند، آن‌ها را به‌طور منظم طبقه‌بندی کرده و ذیل عنوان‌های مناسب، درباره آن‌ها توضیح دهید. در توضیحات خود از جدول‌ها و نمودارهای مناسب استفاده کنید و نتایج آماری را به شیوه‌ای گویا بیان کنید.

۲-۲-۶. بحث

بحث مقاله به دلیل سنگین بودن آن و نیاز به تفکری عمیق و شاید وقت‌گیر، به‌طور معمول در معرض خطر است. در این بخش، به استناد مشاهدات بیشتر، مبانی نظری علم، سابقه پژوهش‌ها و تجربیات گذشتگان و همچنین تجزیه و تحلیل‌های آماری یا هر تحلیلی که نویسنده فکر می‌کند مناسب است باید نشان داده شود که نتایج پژوهش تا چه حد به واقعیت نزدیک‌اند. در متن مقاله نوشتن این مطلب که با پژوهش دیگری همسویی دارد یا ندارد، مناسب نیست و این مسئله را تحلیل نویسنده باید نشان دهد نه ادعای وی؛

به‌عبارتی، نویسنده باید بکوشد با مقایسه پژوهش‌های متعدد نشان دهد که واگرایی‌ها و همگرایی‌های بین پژوهش‌وی با دیگران در کجاست و به چه دلیل رخ داده است.

۲-۲-۷. نتیجه‌گیری کلی

بخش پایانی متن مقاله، نتیجه‌گیری است. این مبحث چکیده یا تکرار نتایج پژوهش نیست؛ بلکه نویسنده در این بخش به استناد بحثی که انجام داده است، حکم قطعی خود را به‌صورت کلی صادر می‌کند؛ به‌عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به‌نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به‌دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده بر اساس تجربه‌ای که به‌دست آورده است احساس کند می‌تواند پژوهش خود را به شیوه خاصی ارتقا داده و حجم تعمیم‌پذیری آن را گسترش دهد یا به مدل‌های جدیدی دست یابد یا حل مسئله‌ای را بهبود بخشد، می‌تواند پیشنهاد‌های خود را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

۲-۲-۸. سپاسگزاری

چنانچه نویسنده یا نویسندگان در تهیه مقاله از منابع مالی سازمان یا نهادهای خاصی استفاده کرده‌اند، یا قصد تشکر و قدردانی از کسانی را دارند که در نگارش مقاله از آن‌ها یاری گرفته‌اند، باید در بخش سپاسگزاری به این مطلب اشاره کنند.

۲-۲-۹. نحوه ارجاع به منابع در متن

در داخل متن، منابع فارسی باید به زبان انگلیسی ترجمه و ارجاع داده شوند. ارجاع، بسته به لحن بیان نویسنده ممکن است در شروع یا پایان جمله یا متن آورده شود. ارجاعات در متن مقاله باید به شیوه داخل پرانتز باشد، به‌گونه‌ای که ابتدا نام خانوادگی نویسنده یا نویسندگان و سال انتشار آورده شود. برای مثال، در صورت وجود یک نویسنده با ذکر نام خانوادگی نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami, 2014)، برای دو نویسنده با ذکر نام خانوادگی هر دو نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami & Fathizad, 2021) باشد. در صورت

۲-۲-۱۰-۵. شیوه نگارش مشخصات منابع، در انتهای مقاله باید بر اساس شیوه‌نامه APA و مانند مثال‌های زیر باشد: در صورت استفاده از سایر منابع اطلاعاتی که در اینجا ذکر نشده از شیوه‌نامه APA استفاده کنید.

الف) کتاب

نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

Briggs, D., Smithson, P., Addison, K. & Atkinson, K. (1997). *Fundamentals of the physical environmental*. London: Routledge.

ب) کتاب ترجمه شده

نام خانوادگی، نام. (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به صورت کج‌نویسی). مترجم: نام و نام خانوادگی مترجم. محل انتشار ترجمه: ناشر.

Mohseni Saravi, M. & Rostami, N. (2006). *Watershed management: issues and approaches*. (Timothy, R.). University of Tehran Press. (In Persian)

ج) مقالات نشریات

نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان مقاله. نام نشریه (به صورت کج‌نویسی)، سال یا دوره (شماره)، صفحه آغاز مقاله- صفحه پایان مقاله. در صورت دارا بودن شناسه رقمی مقاله یا (doi)

Baghalani, M., Rostami, N. & Tavakoli, M. (2019). Identification of factors affecting urban flood in Ilam City Watershed. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 11(2), 523-536. Doi:

وجود چندین نگارنده، ارجاع به منبع باید به صورت (نام خانوادگی نگارنده اول و همکاران، سال انتشار) مانند (Rostami et al., 2021) باشد. در صورتی که در شروع جمله به منبعی استناد شود به این صورت نگارش شوند: Rostami (۲۰۱۴) گزارش کرد ...

Mohseni Saravi و Rostami (۲۰۰۶) گزارش کردند ... Rostami و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند ...

۲-۲-۱۰. منابع پایانی

نشریه مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز برای استناددهی یا شیوه ارجاع، سبک انجمن روان‌شناسی آمریکا که به اختصار (APA: American Psychological Association) گفته می‌شود را برگزیده است.

۲-۲-۱۰-۱. منابع مورد استفاده نباید از ۳۰ منبع کمتر باشد. ترجیحاً به منابعی که در ۱۰ سال اخیر چاپ شده‌اند (نه منابع قدیمی‌تر) ارجاع داده شود.

۲-۲-۱۰-۲. تنها منابعی باید در پایان مقاله ذکر شوند که در متن نیز استفاده شده باشند و از ذکر منابع مشابه و کم اهمیت خودداری شود.

۲-۲-۱۰-۳. همه منابع مورد استفاده اعم از فارسی و لاتین در پایان مقاله به زبان انگلیسی برگردانده و به ترتیب حروف الفبای نام خانوادگی اولین نگارنده مرتب می‌شوند. در انتهای منابع فارسی عبارت (In Persian) نوشته می‌شود.

نکته ۱: برای ترجمه منابع فارسی، حتماً به چکیده انگلیسی مقاله، صفحه عنوان انگلیسی کتاب، صفحه عنوان انگلیسی پایان‌نامه و غیره مراجعه کنید یا از مترجم کمک بگیرید. برنامه "Google Translate" پاسخ مناسبی به شما نمی‌دهد.

نکته ۲: منابع با اسامی نویسندگان یکسان چنانچه دارای سال انتشار متفاوت باشند، به ترتیب صعودی سال انتشار و چنانچه مربوط به یک سال مشخص باشند با افزودن حروف "a"، "b" و "c" و غیره پس از سال انتشار آورده شوند.

۲-۲-۱۰-۴. آدرس هر منبعی که در متن آورده شده است باید در آخر مقاله نیز بیاید.

ر) نمونه تنظیم یک مقاله یا یک فصل در یک کتاب وابسته (Edited book)

Bradford, J. M. & R. F. Piest. (1978). Erosion development of valley-bottom gullies in the upper mid western United States. In D. R. Coates & J. D. Vitek (Eds.), *Thresholds in Geomorphology*. (pp. 75-101)

د) نمونه تنظیم یک سند از یک کنفرانس

Rostami, N. (2014). *Extraction of rainfall temporal patterns using Monte Carlo simulation technique (case study: Joustan Watershed, Iran)*. Second National Conference on Water Crisis, Shahrekord. September 9-10. (In Persian)

۲-۲-۱۱. چکیده مبسوط

چکیده مبسوط انگلیسی در حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه به ابتدای مقاله اضافه شود. این چکیده، باید خلاصه‌ای از مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و درنهایت واژگان کلیدی باشد.

“Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusion, Keywords”

شکل ظاهری مقاله

۳-۱. حروف چینی مقاله باید در برنامه Word (۲۰۰۳) یا (۲۰۰۷)، در کاغذ A4 و با رعایت حاشیه ۲/۵ سانتی‌متر از چپ، راست، بالا و پایین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی‌متر (Single) باشد.

۳-۲. لازم است متن فارسی مقاله با قلم B Nazanin 13 و متن لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شود. متن چکیده فارسی با قلم B Nazanin 10 Bold نوشته شود. عنوان اصلی مقاله با قلم B Titr 14 و سایر عناوین با قلم B Nazanin 14 Bold تنظیم شوند. منابع پایانی با قلم Times New Roman 11 نوشته شوند. عناوین شکل‌ها و جدول‌ها به دو صورت فارسی (B Nazanin 11 به صورت Bold) و انگلیسی (Times New Roman 10 به صورت Bold) نوشته شود. اعداد داخل جدول‌ها به صورت انگلیسی (Times New Roman 9)

10.22092/ijwmse.2018.120069.1417 (In Persian)

Rostami, N., Sohrabi, T. & Kazemi, Y. (2021). Stability Analysis of Flood Spreading Systems in Arid Regions, Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 45, 1819-1829. Doi: 10.1007/s40996-020-00424-7.

Rostami, N. & Fathizad, H. (2021). Spatial and temporal changes of land uses and its relationship with surface temperature in western Iran. *Atmosfera*. <https://doi.org/10.20937/ATM.52985>

د) پایان‌نامه و رساله

نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (تاریخ انتشار). عنوان پایان‌نامه/ رساله (به صورت کج نویسی). پایان‌نامه مقطع رشته، نام دانشگاه.

Rostami, N. (2013). *Modeling the relationship between effective precipitation and flood hydrograph by joint probability approach*. Ph.D. Thesis of Watershed Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, Tehran University. (In Persian)

ه) مجموعه مقالات

نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (تاریخ انتشار). نام مقاله. در: نام ویراستار، نام مجموعه (به صورت کج نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر.

و) کتاب منتشر شده در سازمان‌ها یا نهادها

نام سازمان یا نهاد. (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج نویسی). محل انتشار: ناشر.

ز) وبگاه اینترنتی

نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (در صورت وجود تاریخ انتشار). عنوان مطلب مورد استفاده (به صورت کج نویسی). برگرفته از: آدرس اینترنتی.

Food and Agriculture Organization. (2000). *Biodiversity: Agricultural biodiversity in FAO*. Retrieved January 12, 2009, from <http://www.fao.org/biodiversity>.

۳-۳-۹. در متن نیز حتماً به شماره‌های جدول و شکل‌ها اشاره شود.

۳-۳-۱۰. بهتر است شکل‌ها و جدول‌ها بلافاصله پس از توضیحات متن و در نزدیکترین جای ممکن آورده شوند.

ارسال مقاله

۴-۱. مطمئن شوید اصول پیش گفته از جمله اصول اخلاقی، قلمرو و اهداف و همچنین اصول نگارش نشریه به‌ویژه عنوان‌های متن مقاله به‌درستی نوشته شده است.

۴-۲. با آدرس iwm.ilam.ac.ir وارد سامانه نشریه و سپس وارد صفحه شخصی شوید. ورود به صفحه شخصی با کلمه کاربری و رمز عبور امکان‌پذیر است؛ بنابراین، اگر پیش‌تر آن‌ها را دریافت نکرده‌اید، به‌سادگی می‌توانید با انتخاب محیط ثبت‌نام از طریق گزینه ورود به سامانه (واقع در بخش سمت چپ و بالای صفحه) اطلاعات درخواستی را وارد و کلمه کاربری و رمز عبور را در رایانامه‌ای که در حین ثبت‌نام اعلام کرده‌اید، دریافت کنید. در صورت تمایل به تغییر آن‌ها می‌توانید از خود سامانه کمک بگیرید. توجه داشته باشید که شما برای ورود به سامانه همواره به این دو کلمه نیاز دارید؛ بنابراین بکوشید تا آن‌ها را فراموش نکنید.

۴-۳. از نوار ارسال مقاله، گزینه ارسال مقاله جدید را انتخاب کرده و طی ۱۰ مرحله شامل انتخاب نوع مقاله، وارد کردن عنوان، اضافه کردن نویسندگان، وارد کردن چکیده، وارد کردن کلیدواژه‌ها، توضیحات تکمیلی، داوران پیشنهادی (حداقل سه داور)، اضافه کردن فایل‌ها، نامه به سردبیر و چک لیست و در نهایت تکمیل ارسال مقاله، اقدام به ارسال مقاله نمایید.

نوشته شوند و سایر اطلاعات داخل شکل‌ها و جداول به دو صورت فارسی (B Nazanin 10) و انگلیسی (Times New Roman 9) نوشته شوند.

۳-۳ شکل‌ها و جداول

در تنظیم جدول‌ها، منحنی‌ها، شکل‌ها و تصاویر، رعایت نکات زیر الزامی است:

۳-۳-۱. در ترسیم نقشه‌ها سعی شود همه اصول کارتوگرافی رعایت شود. مختصات، مقیاس (ترجیحاً مقیاس خطی)، راهنما، جهت نقشه و به‌ویژه عناوین عوارض مهم متن نقشه باید به‌صورت خوانا در آن درج شوند، به‌گونه‌ای که حتی پس از کوچک شدن نقشه، از وضوح آن‌ها کاسته نشود.

۳-۳-۲. شکل‌ها و تصاویر باید به‌صورت رنگی یا سیاه و سفید و با کیفیت مناسب و مطلوب تهیه شده (رزولوشن ۳۰۰ dpi) و شماره و عنوان آن‌ها در پایین آورده شود.

۳-۳-۳. نقشه‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ نقشه‌ها، عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است.

۳-۳-۴. نمودارها به‌طور ساده ترسیم شوند، راهنمای عددی نمودارها باید انگلیسی باشد و بهتر است از ترسیم نمودارهای چندبُعدی خودداری شود.

۳-۳-۵. همه عنوان‌ها، اعداد، واحدها و مقیاس‌ها در جدول‌ها و شکل‌ها باید به انگلیسی باشند. واحدهای استفاده شده نیز بر اساس سیستم متریک ذکر شوند.

۳-۳-۶. ارائه تصویری جدول‌ها، معادلات، مرجع‌ها یا نوشته‌های مستقیم روی شکل‌ها امکان ویرایش را از ویراستار سلب می‌کند؛ از این‌رو لازم است این موارد به‌صورت تایپ شده در متن آورده شوند.

۳-۳-۷. شماره و عنوان هر جدول در بالای آن به‌صورت وسط‌چین با دو زبان فارسی و انگلیسی نوشته شود.

۳-۳-۸. عنوان شکل‌ها با دو زبان فارسی و انگلیسی در پایین تصاویر آورده شود.

پیگیری فرایند انتشار مقاله

۵-۱. در صورت تأیید سردبیر و ارسال مقاله به داوری، نویسنده مسئول به صفحه شخصی خود در سامانه نشریه مراجعه کند و اگر تأخیری در فرآیند داوری (بیش از یک ماه) مشاهده کرد از طریق پست الکترونیکی یا تماس تلفنی با نشریه روند بررسی مقاله را پیگیری کند.

۵-۲. در صورتی که مقاله برای چاپ پذیرفته شود بعد از آماده شدن برای چاپ، در سامانه و در قسمت فهرست مقالات آماده به انتشار درج می‌گردد نویسنده می‌تواند فایل آماده شده را از کارشناس نشریه دریافت کند و قبل از چاپ اگر نیاز به هر گونه تغییر و اصلاحی بود موضوع را به کارشناس نشریه اطلاع دهد. بعد از چاپ مقاله امکان هیچ گونه تغییر و اصلاحی در مقاله وجود ندارد.

۵-۳. بعد از چاپ مقاله، اطلاعات آن در صفحه شخصی درج می‌گردد و نویسنده می‌تواند وضعیت مقاله خود را با عنوان مقاله منتشر شده به صورت الکترونیکی مشاهده کند.

۵-۴. نشریه «مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز» حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ می‌دارد و از بازگرداندن مقالات دریافتی معذور است.

۵-۵. مقالات رد یا انصراف داده شده، پس از سه ماه از مجموعه آرشیو نشریه خارج خواهد شد و نشریه هیچ‌گونه مسئولیتی در این زمینه نخواهد داشت.

۴-۴. در بخش اضافه کردن فایل، لازم است دو فایل اصلی را بارگذاری کنید. ۱- فایل صفحه مشخصات نویسنده یا نویسندگان در محیط Word؛ ۲- فایل متن اصلی مقاله در محیط Word بدون مشخصات نویسندگان.

در فایل اول (فرم مشخصات نویسندگان)، مشخصات کامل مقاله و نام نویسنده یا نویسندگان به فارسی و انگلیسی (نام نویسنده مسئول مکاتبات با ستاره مشخص شود)؛ آخرین مدرک تحصیلی، مرتبه علمی و محل اشتغال به فارسی و انگلیسی؛ نشانی کامل نویسنده مسئول مکاتبات شامل آدرس پستی، شماره تلفن، شماره دورنگار، نشانی پیام‌نگار (پست الکترونیک) به فارسی و انگلیسی؛ نام مؤسسه تأمین‌کننده مخارج مالی پژوهش یا تهیه مقاله (در صورت وجود) در فایل جداگانه‌ای ارسال شود.

در فایل دوم (فایل متن اصلی مقاله بدون نام نویسندگان)، مقاله را که در ساختار مناسب بر اساس نوع مقاله تنظیم شده است بارگذاری می‌شود. سعی کنید در صفحه اول عنوان کامل مقاله به فارسی؛ چکیده فارسی در یک پاراگراف (حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه) و کلیدواژه‌های فارسی (حداکثر پنج واژه) و در صفحات دوم عنوان کامل مقاله به انگلیسی؛ چکیده انگلیسی در یک پاراگراف (حداقل ۲۵۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه) و کلیدواژه‌های انگلیسی (حداکثر پنج واژه) آورده شود.

۴-۵. در بخش نامه به سردبیر قید شود که مقاله حاصل کدام یک از فعالیت‌های پژوهشی (فعالیت کلاسی، پایان‌نامه، طرح پژوهشی و غیره) است.

Examining the barriers of participation of local communities in the implementation of watershed projects in the Sarabagh catchment of Ilam province

Mohammad Reza Jafari^{1*}, Amin Salehpour Jam²

1-Assistant professor, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,

Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ilam, Iran

2- Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, agricultural and natural resources Research and Education, AREEO, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: mg_jafari@yahoo.com

(Received: 16 April 2023

Revised: 28 May 2023

Accepted: 14 June 2023)

Extended Abstract

Introduction: Without a doubt villagers can play an effective role in improving their social, environmental and economic conditions. They also have an important and sensitive role in watershed areas and cooperation in watershed management activities. This study aims to identify the factors affecting the indicators and sub-indicators of reducing the level of people's participation in natural resources and watershed activities, to know the expectations and needs of the local community, and finally to provide scientific and technical solutions in order to increase the level of public participation in Sarabagh region of Abadan city. The influential indicators in this research include four economic, social, design-executive and educational-promotional indicators with 12 sub-indices determined and categorized.

Materials and methods: This research was carried out as a survey using questionnaires, interviews and numerous meetings with community members and local experts. For this purpose, the factors affecting the non-participation of villagers in watershed management activities were identified and classified based on the literature review, questions from experts, as well as referring to the area and face-to-face interviews with residents. Then, questionnaires of paired comparisons and Likert were prepared as measuring tools and the reliability of the questionnaires was confirmed based on experts' opinions. Finally, after determining the sample size by Cochran's formula and completing the questionnaires, using the fuzzy AHP and the Friedman test, the indicators and sub-indices affecting the lack of sustainable participation of the people in the watershed management plans of the investigated catchment were prioritized. SPSS software was used for data analysis and Cronbach's alpha was used to check the validity of the questionnaire.

Results and Discussion: Based on the history of investigation in the study area and similar areas, unfortunately, the evidence indicates that most local communities do not know about the implementation and exploitation of watershed projects and natural resources in their living and production areas. The field surveys conducted in the study area showed that from the point of view of experts and local communities, the economic factor is the most important factor in the non-participation of local communities in watershed management activities. In Sarabagh catchment, economic, design and implementation indicators play a greater role in people's non-participation than educational, promotional and social indicators. From the point of view of the experts, the sub-index of ignoring people's income as a direct economic incentive and not paying attention to non-governmental organizations have the maximum and minimum importance in people's non-participation, respectively, with an average rank of 9.35 and 3.69. From the point of view of the local communities, the sub-indices of ignoring people's income as a direct economic incentive and not paying attention to non-governmental organizations have the maximum and minimum importance in the non-participation of the people, respectively, with an average rank of 9.02 and 4.68

Conclusion: In general, one of the most important measures that can be taken in order to remove the obstacles to the participation of local communities in watershed projects is to identify, categorize and rank the factors that cause their non-participation in these projects. Prioritizing the factors affecting people's non-participation is a fundamental step in the cycle of people's management of watersheds and proper management of watersheds. The general result of the survey of local communities indicates that participatory management increases the capabilities and optimal productivity of other facilities and resources in the catchment. Implementation of multi-purpose watershed projects and taking into account the interests of the watershed residents, as well as the participation of local communities in the various stages of monitoring, studies, needs assessment, implementation, and maintenance of watershed projects can cause economic motivation, attention to the local force in the implementation of projects, employment, and active participation of the people in the mentioned stages. Attention and emphasis on the issue of trust of the local community and increasing the amount of social trust in the General Administration of Natural Resources and Watershed Management are among the factors that can reduce or eliminate the obstacles of non-participation of the local community in the implementation and exploitation of watershed and natural resources projects.

Keywords: Cronbach's alpha, Friedman test, local communities, multi-criteria decision making, Ilam

Citation: Jafari, M., & Salehpour Jam, A. (2023). Examining the barriers of participation of local communities in the implementation of watershed projects in the Sarabagh catchment. *Integrated Watershed Management*, 3(2), 1-15. doi: 10.22034/iwm.2023.1999984.1072

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی موانع مشارکت جوامع محلی در اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوضه سراب‌باغ استان ایلام

محمد رضا جعفری^{۱*}، امین صالح پور جم^۲

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات منابع طبیعی و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران
۲- دانشیار، پژوهشگرده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
*نویسنده مسئول: mg_jafari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، شناسایی عوامل مؤثر بر شاخص‌ها و زیر شاخص‌های کاهش میزان مشارکت مردمی در فعالیت‌های منابع طبیعی و آبخیزداری، شناخت انتظارات و نیازهای جامعه محلی و در نهایت ارائه راهکارهای علمی و فنی با هدف افزایش میزان مشارکت مردمی در منطقه سراب‌باغ شهرستان آبدانان است. در این تحقیق شاخص‌های تأثیرگذار شامل ۴ شاخص اقتصادی، اجتماعی، طراحی- اجرایی و آموزشی- ترویجی و با ۱۲ زیر شاخص تعیین و دسته‌بندی شدند. اطلاعات لازم در این پژوهش به صورت پیمایشی و با استفاده از ابزار پرسش‌نامه، مصاحبه و نشست‌های متعدد با افراد جامعه و خبرگان محلی جمع‌آوری شد. برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و برای بررسی پایایی پرسش‌نامه از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. نتایج نشان داد که در حوضه سراب‌باغ، شاخص‌های اقتصادی، طراحی و اجرایی نقش بیشتری را در عدم مشارکت مردم نسبت به شاخص‌های آموزشی و ترویجی و اجتماعی دارند. همچنین از نظر کارشناسان، زیرشاخص نادیده گرفتن درآمد مردم به عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم و عدم توجه به سازمان‌های غیردولتی به ترتیب با میانگین رتبه ۹/۳۵ و ۳/۶۹ بیشینه و کمینه اهمیت را در عدم مشارکت مردم به خود اختصاص داده‌اند. از نظر جوامع محلی نیز زیرشاخص‌های نادیده گرفتن درآمد مردم به عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم و عدم توجه به سازمان‌های غیردولتی به ترتیب با میانگین رتبه ۹/۰۲ و ۴/۶۸ بیشینه و کمینه اهمیت را در عدم مشارکت مردم به خود اختصاص داده‌اند. نتیجه کلی نظرسنجی از جوامع محلی حاکی از آن است، عواملی چون اجرای پروژه‌های چندمنظوره و در نظر داشتن منافع آبخیزنشینان می‌تواند زمینه‌ساز اعتماد و جلب مشارکت فعال مردم در پروژه‌های آبخیزداری حوضه گردد.

واژه‌های کلیدی: آلفای کرونباخ، آزمون فریدمن، جوامع محلی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، ایلام

استناد: جعفری، م.ر. و صالح پور جم، ا. (۱۴۰۲). بررسی موانع مشارکت جوامع محلی در اجرای پروژه‌های آبخیزداری در حوضه سراب‌باغ استان ایلام. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۳(۲)، ۱-۱۵.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

مشارکت روستاییان در فعالیتهای آبخیزداری، مدت‌زمانی است که مورد توجه برنامه‌ریزان کشور قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داده است که میزان مشارکت مردم به میزان مورد انتظار نبوده است (Jafari et al., 2022). بدون شک روستائیان می‌توانند در بهبود شرایط اجتماعی، محیطی و اقتصادی خود نقش مؤثر داشته باشند و همچنین دارای نقش مهم و حساسی در حوزه‌های آبخیز و همکاری در فعالیتهای آبخیزداری هستند (Jafari et al., 2011).

در اواخر قرن بیستم، رشد سریع جمعیت در بسیاری از مناطق منجر به محدودیت دسترسی به زمین، آب و سایر منابع طبیعی شد و با توسعه تکنولوژی برای بخش‌های مختلف، زمینه بهره‌برداری مفرط و غیراصولی از اندوخته‌های منابع طبیعی که بستر طبیعی حیات و فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی می‌باشند، فراهم شد (Saadoddin et al., 2015).

نیم‌قرن توسعه ناپایدار، برون‌دادی جز برهم خوردن نظام طبیعی حوزه‌های آبخیز کشور را به دنبال نداشته است. موضوع توسعه پایدار، مبحثی کلیدی در مدیریت پایدار سرزمین است، به طوری که توسعه اقتصادی بدون در نظر گرفتن ملاحظات اجتماعی و محیط‌زیست، معیشت پایدار در حوزه‌های آبخیز کشور را با خطر مواجه کرده است. خشک شدن دریاچه‌ها و تالاب‌ها، شور شدن اراضی و تشدید فرآیندهای بیابان‌زایی، ایجاد کانون‌های گردوغبار، تغییرات کاربری اراضی، فرسایش شدید و وقوع سیلاب‌های متعدد از جمله مسائلی هستند که بیانگر عدم اعمال مدیریت صحیح بر منابع طبیعی کشور و در نتیجه ایجاد وضعیت بحرانی آن‌هاست (Mosaffaie et al., 2017).

تصمیم‌گیری در مدیریت آبخیز به‌طور ذاتی پیچیده است، زیرا نیازمند هماهنگی و مساعدت ذینفعان با در نظر گرفتن فرآیندهای بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی است (Miller et al., 1995). حفظ وضعیت کنونی آبخیزها و جلوگیری از تخریب بیشتر، جز در پرتو مشارکت فعالانه و همه‌جانبه مردم امکان‌پذیر نخواهد بود (Salehpour Jam et al., 2018). عدم توجه به مشارکت ذینفعان در اجرای بسیاری از پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری سبب انزوای حافظان اصلی منابع طبیعی و عدم برخورداری از پتانسیل‌های فکری، اجرایی و دانش بومی آن‌ها طی مراحل مختلف مطالعاتی و اجرایی طرح گردیده است (Salehi, 2007). این مسئله همچنین کاهش انگیزه آتی جوامع روستایی را در مراحل پس از اجرای طرح، در خصوص حفاظت از پروژه‌ها به دنبال داشته است. تجربه کشورهای متعدد حاکی از آن است که فعالیت دولت‌ها به تنهایی کارآمدی لازم را نداشته و لذا تدوین یک برنامه راهبردی فراگیر و سیستمی و دموکراتیک ضروری است (Clayton., 2005). مشارکت جامعه سبب کاهش هزینه‌ها در جمع‌آوری اطلاعات، تعیین راهکارها، توافق، تدوین قوانین، هماهنگی اعضای جامعه، نظارت و اعمال بهتر قوانین می‌گردد (Singleton et al., 1992). مشارکت مردمی را لازمه فرآیند تحقیقی مدیریت آبخیز می‌دانند.

در تحقیقی Sisodia & Chitranjan (2008) مشارکت مردم در برنامه توسعه آبخیز حوضه راجستان هند را از طریق مصاحبه حضوری بررسی و نتیجه گرفتند که در مرحله قبل از اجرای پروژه، اکثر کشاورزان در جلسات عمومی ملقب به کمیته بهره‌برداران شرکت کرده‌اند و تعداد زیادی از ذینفعان در مرحله اجرای پروژه به‌صورت نیروی

استفاده از رسانه‌ها، سطح اراضی تحت کشت و حضور در طرح‌های منابع طبیعی، تأثیر مثبتی بر مشارکت کشاورزان در طرح‌های آبخیزداری دارند.

Alvandi & Sheikh (2014) امکان استفاده از سامانه‌های پشتیبان تصمیم در مدیریت مشارکتی آبخیز چهل‌چای استان گلستان را از دیدگاه گروه‌های مختلف ذینفع با استفاده از پرسش‌نامه بررسی و نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین پاسخ‌های جامعه مدیران، کارشناسان و برنامه‌ریزان با جامعه نمایندگان آبخیزنشینان و بهره‌برداران وجود نداشته و با آموزش سامانه به گروه‌های مختلف ذینفع می‌توان فرآیند تصمیم‌گیری در مدیریت حوزه‌های آبخیز را تسهیل نمود.

Bagdi & Kurothe (2014) به منظور ارزیابی میزان مشارکت کشاورزان در پروژه‌های حفاظت آب‌و‌خاک برنامه توسعه آبخیز حوضه Vidarbha هند، ابتدا یک شاخص میزان مشارکت را طراحی کرده و پس از مصاحبه شخصی با کشاورزان نتیجه گرفتند که درصد مشارکت در مراحل طراحی، اجرا و نگهداری به ترتیب برابر با ۶۳/۷، ۵۷/۷ و ۷۵/۱ درصد بوده که بیانگر سطح مشارکت متوسط در مراحل طراحی و اجرا و سطح مشارکت بالا برای مرحله مراقبت و نگهداری است.

Bagherian و همکاران (2017) ابعاد مشارکت مردم در طرح‌های آبخیزداری حوضه حبله‌رود را با استفاده از روش تحلیل عاملی بررسی و نتیجه گرفتند که میزان مشارکت مردم در طرح‌های آبخیزداری متوسط بوده و در سه بعد اجتماعی ۳۷ درصد، بعد میدانی ۱۶ درصد و بعد اقتصادی ۸ درصد بوده است.

کارگری به خدمت گرفته‌شده و تمایل دارند در جلسات کمیته بهره‌برداران شرکت نمایند، همچنین در مرحله بعد از اجرای پروژه نیز به‌منظور مشاهده نتایج، بهره‌برداران به‌طور منظم از محل اجرای پروژه بازدید داده می‌شوند و کشاورزان در حفظ و نگهداری پروژه‌های حفاظت آب‌و‌خاک اجراشده در سطح مراتع مشارکت داده می‌شوند. Bagherian و همکاران (2009) نشان دادند که بین عوامل رضایت از برنامه‌های قبلی، میزان آگاهی از برنامه‌ها، درآمد، نگرش مثبت به برنامه‌ها و مشارکت بهره‌برداران از طرح‌های آبخیزداری رابطه معنی‌داری وجود دارد.

Duram & Brown (2010) مشارکت عمومی در طرح‌های آبخیزداری انجام‌شده در ۶۴ آبخیز آمریکا را بررسی و نتیجه گرفتند که افزایش آگاهی از شرایط آبخیز، ارتقاء همکاری‌های بین‌سازمانی، اجماع در طرح‌های مدیریتی منابع و صحت و هدفمندی طرح‌های نهایی نقش مهمی را در این مقوله دارا می‌باشند.

Zarei و همکاران (2014) عوامل مؤثر بر عدم مشارکت بهره‌برداران در پروژه‌های آبخیزداری حوضه برنجستانک مازندران را از طریق پرسش‌نامه بررسی و نتیجه گرفتند که بین سن بهره‌برداران و شناخت از پروژه‌ها با تمایل افراد برای شرکت در پروژه‌ها به ترتیب ارتباط منفی و مثبت وجود داشته ولی رابطه‌ای بین سطح سواد و مالکیت بهره‌برداران با تمایل به مشارکت آن‌ها در پروژه‌های آبخیزداری وجود ندارد و به‌طور کلی می‌توان عوامل مؤثر بر میزان مشارکت روستاییان در پروژه‌های آبخیزداری را عوامل ادراکی، فردی، ارتباطی-اطلاعاتی و اقتصادی دانست. (Zarei et al., 2014).

Moghadam و همکاران (2013) در تحقیق خود نشان دادند که فعالیت‌های آموزشی و ترویجی،

بر اساس نتایج سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، روستاهای وچکاب ۶۲۱ نفر، وجه کبود سفلی ۱۶۳، وجه کبود علیا ۲۰۹، سیاه گاو ۱۸۱، سرپله ۸۵۳، گل گل سفلی ۳۹۶، گل گل علیا ۱۷۷، مزاره ۱۷، سراب نقل ۱۴۲ و ژبور ۸۴۵ نفر جمعیت قرار دارند (Jafari et al., 2022). موقعیت حوزه سراب‌باغ در کشور و استان ایلام در شکل ۱ ارائه شده است.

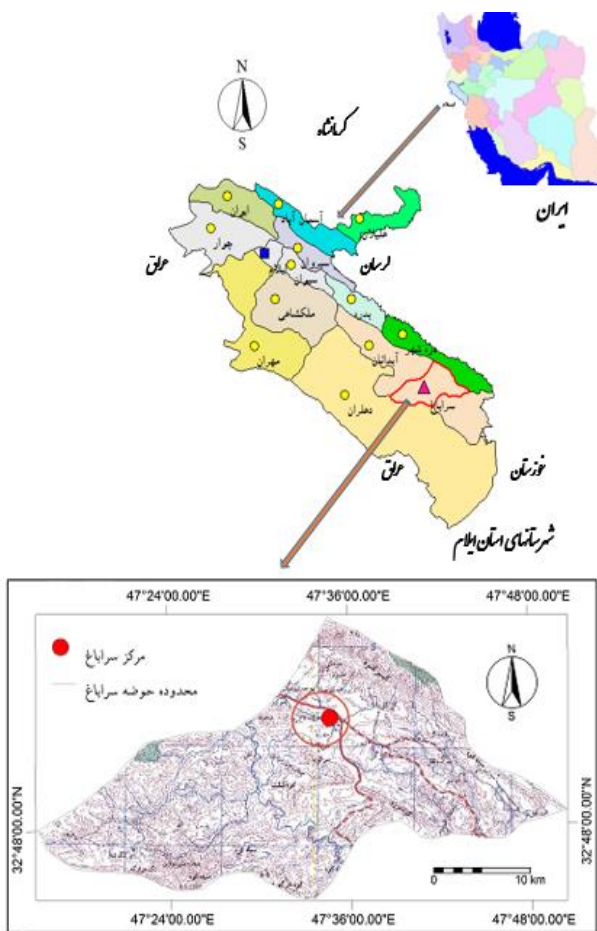
مرور منابع بیان‌گر آن است که در هر حوزه آبخیز برای اتخاذ تدابیری در راستای رفع موانع مشارکتی مردم، شناسایی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردمی ضروری است. این مسئله ضمن کاهش هزینه‌های اجرایی، ضامن موفقیت و اجرای مؤثرتر پروژه‌هاست. لذا هدف اصلی این تحقیق، شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت پایدار جوامع روستایی در پروژه‌های آبخیزداری حوزه سراب‌باغ در استان ایلام از دیدگاه کارشناسان و آبخیزنشینان بود که در اجرای آن محدودیت‌های نیز وجود داشت، از جمله تعداد خیلی زیاد نمونه‌ها و مشکل تکمیل پرسش‌نامه‌ها توسط افراد محلی، مشکل دسترسی به محل فعالیت‌های آبخیزداری و مزارع، محدودیت زمانی جهت مصاحبه با کارشناسان دارای سابقه بالا و مرتبط با فعالیت‌های آبخیزداری و مشکل شناسایی مهم‌ترین شاخص‌ها و زیرشاخص‌های محدودیت مشارکت جوامع محلی در فعالیت‌های آبخیزداری با توجه به موارد زیاد موانع همکاری بین روستاییان و کارشناسان منابع طبیعی.

درعین حال رفع موانع محدودیت همکاری بین جوامع محلی و ادارات منابع طبیعی، روش تحقیق و نتایج به دست آمده را می‌توان به‌عنوان نوآوری این تحقیق بیان نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه سراب‌باغ با مساحت ۱۰۴۲۸ هکتار و مختصات جغرافیایی ۳۲°۵۳' تا ۳۲°۰۲' عرض شمالی و ۴۷°۲۸' تا ۴۷°۳۸' درجه طول شرقی در جنوب شرق آبدانان در استان ایلام واقع شده است. ارتفاع حداقل و حداکثر این حوزه به ترتیب ۱۰۰۰ و ۱۸۰۰ متر از سطح دریا است.



حوزه آبخیز سراب‌باغ

شکل ۱- موقعیت حوزه سراب‌باغ در نقشه استان ایلام و ایران

Figure 1- The location of Sarabbagh area on the map of Ilam province and Iran

روش تحقیق

شناسایی و طبقه‌بندی شاخص‌ها و

زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردمی

در این تحقیق عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردمی در فعالیت‌های آبخیزداری بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای، پرسش از کارشناسان و نیز مراجعه به منطقه و مصاحبه حضوری با ساکنان و بهره‌برداران منطقه شناسایی و سپس در قالب شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها طبقه‌بندی شدند.

اولویت‌بندی عوامل از دیدگاه کارشناسان

بدین منظور ابتدا برای تعیین وزن شاخص‌ها پرسش‌نامه‌های مقایسه‌های زوجی و برای تعیین وزن زیرشاخص‌ها پرسش‌نامه‌های طیف لیکرت به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری تهیه و روایی پرسش‌نامه‌ها مبتنی بر نظرات خبرگان تأیید شد. در ادامه از کارشناسان ادارات مطالعات و خدمات فنی آبخیزداری، امور فنی اجرایی آبخیزداری و

اداره ارزیابی و اطلاعات جغرافیایی و نیز ادارات جنگل‌داری و جنگل‌کاری، مرتع و بیابان‌زدایی، اداره حفاظت و حمایت، استعدادیابی اراضی و همچنین اداره آموزش و ترویج اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان ایلام و نیز کارشناسان مربوطه در ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان آبدانان با سابقه بالای ۱۰ سال نظرسنجی به‌عمل‌آمده و پرسش‌نامه‌ها تکمیل شد. سپس به ترتیب با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و آزمون فریدمن، شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت پایدار مردمی اولویت‌بندی شد.

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی مورد استفاده در این تحقیق برای تعیین اوزان شاخص‌ها، به شرح ذیل است:

الف) تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی. درایه‌های ماتریس مقایسه‌های زوجی مطابق با روش Saaty (1998) و با در نظر گرفتن اعداد فازی مثلثی ارائه شد (جدول ۱).

جدول ۱- متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی (Saaty, 1998).

Table 1- Linguistic variables and triangular fuzzy numbers (1998, Saaty)

مقیاس معکوس فازی	مقیاس فازی مثلثی	عدد فازی	متغیر زبانی
1.00,1.00,1.00	(1, 1, 1)	1	ترجیح یکسان
0.33,0.50,1.00	(3, 2, 1)	2	حداقل ترجیح یکسان و کمی مرجح
0.25,0.50,0.50	(4, 3, 2)	3	کمی مرجح
0.20,0.25,0.33	(5, 4, 3)	4	حداقل کمی مرجح و ترجیح قوی
0.17,0.20,0.25	(6, 5, 4)	5	ترجیح قوی
0.14,0.17,0.20	(7, 6, 5)	6	حداقل ترجیح قوی و ترجیح خیلی قوی
0.13,0.14,0.17	(8, 7, 6)	7	ترجیح خیلی قوی
0.11,0.13,0.14	(9, 8, 7)	8	حداقل ترجیح خیلی قوی و کاملاً مرجح
0.10,0.11,0.13	(10, 9, 8)	9	کاملاً مرجح

به‌طوری‌که متغیرهای زبانی و مقیاس فازی مربوطه بسته به اهمیت نسبی معیارها در نظر گرفته شد. برای بررسی امکان رتبه‌بندی فازی

ب) ایجاد ماتریس مقایسه‌های زوجی مبتنی بر اعداد فازی. مقایسه‌های میان معیارها با استفاده از مقیاس اندازه‌گیری ارائه شده به‌وسیله Saaty (1998) و اعداد فازی مثلثی نظیر صورت گرفت،

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (6)$$

در روابط فوق l_i ، m_i و u_i به ترتیب مولفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند.

محاسبه درجه بزرگی S_i ها نسبت به یکدیگر. چنانچه $M1=(11, m1, u1)$ و $M2=(12, m2, u2)$ به عنوان اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شوند، درجه بزرگی $M1$ نسبت به $M2$ به صورت زیر تعریف می‌شود (رابطه ۷):

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hg}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } l_1 \geq l_2 \\ 0 & \text{if } l_1 < l_2 \end{cases} \quad (7)$$

برای محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها نیز از رابطه ۸ استفاده شد.

$$d'(A_i) = \text{Min}V(S_i \geq S_k) \quad (8)$$

$$k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

بنابراین بردار وزن نرمال نشده به صورت رابطه ۹ است.

$$w' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

برای محاسبه بردار وزن نهایی، بردار وزن حاصل از مرحله قبل، بر اساس رابطه ۱۰ نرمال شد (رابطه ۱۰):

$$w = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

برای اولویت‌بندی زیرشاخص‌ها، ابتدا پرسش‌نامه با طیف لیکرت تهیه و سپس از کارشناسان خبره نظرسنجی صورت گرفت. برای پرسش‌نامه با طیف لیکرت، گزینه‌ها مبتنی بر روش کدگذاری چند

ترکیبی گزینه‌ها، نسبت سازگاری قضاوت‌ها و نیز ماتریس ترکیبی تصمیم از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

که در آن، RI: نمایه ناسازگاری تصادفی (از جدول ۲) و CI: نمایه سازگاری (از رابطه ۲) قابل محاسبه است:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (2)$$

که در آن، N: تعداد گزینه‌ها در ماتریس تصمیم (رتبه ماتریس) و λ_{\max} میانگین بردار پایستگی است.

جدول ۲- نمایه‌های ناسازگاری تصادفی

Table 2 - Random Inconsistency Indices

RI	N	RI	N
1.24	6	0.00	1
1.32	7	0.00	2
1.41	8	0.58	3
1.46	9	0.90	4
1.49	10	1.12	5

در مرحله بعد مقدار آماره S_i مرتبط با سطرهای ماتریس مقایسه زوجی از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

که در آن، i: شماره سطر، j: شماره ستون و M_{gi}^j : اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی است.

مقادیر $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ و $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ نیز به ترتیب از روابط ۴ تا ۶ محاسبه شد:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4)$$

$$\chi^2 = \frac{12}{Nk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^2 - 3N(k+1) \quad (12)$$

که در آن، K ، تعداد ستون‌ها یا سؤالات، N : تعداد سطرها و R_j : حاصل جمع رتبه‌ها در ستون j ام است. در این حالت، درجه آزادی به صورت $k-1$ است (۱۲).

اولویت‌بندی عوامل از دیدگاه ساکنان حوضه

به منظور اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت پایدار مردمی در طرح‌های آبخیزداری از پرسش‌نامه با طیف لیکرت به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری مبتنی بر طیف پنج‌گانه لیکرت شرح داده شده به منظور اولویت‌بندی زیرشاخص‌ها از دیدگاه خبرگان استفاده شد. توضیح این‌که در این تحقیق روایی پرسش‌نامه مبتنی بر نظرات خبرگان و اعمال نظرات ایشان به تأیید نهایی رسید. همچنین، پایایی ابزار اندازه‌گیری مبتنی بر محاسبه مقدار آلفای کرونباخ (رابطه ۱۱) موردسنجش قرار گرفت. لازم به ذکر است که در این تحقیق، خانوار روستایی به‌عنوان واحد نمونه در نظر گرفته شد و به منظور محاسبه حجم نمونه از فرمول کوکران (رابطه ۱۳) استفاده شد.

$$n = \frac{Nt^2 s^2}{Nd^2 + t^2 s^2} \quad (13)$$

که در آن n ، حجم نمونه (خانوارهای منتخب) از جامعه آماری، N ، جامعه آماری (خانوارهای ساکن در آبخیز)، t : آماره t استیودنت برای سطح اطمینان ۵ درصد ($t=1/96$)، S^2 : واریانس برآوردی جامعه موردنظر ($S^2=0/25$)، d : درجه دقت احتمالی مطلوب ($d=0/01$). در پایان اقدام به رتبه‌بندی شاخص‌ها بر اساس آزمون فریدمن با استفاده از نرم‌افزار SPSS شد.

پاسخی، از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف لیکرت خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵) تهیه شد. برای رتبه‌بندی زیرشاخص‌ها از آزمون‌های ناپارامتریک به شرح مراحل زیر استفاده شد:

برای بررسی پایایی یا قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری، با کاربرد نرم‌افزار SPSS، مقدار آلفای کرونباخ^۱ با استفاده از رابطه ۱۱ محاسبه شد.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right) \quad (11)$$

که در آن، K : تعداد گویه‌ها یا سؤالات یک شاخص، S_i^2 : واریانس نمرات مربوط به گویه شماره i ام و S^2 : واریانس جمع نمره‌های هر پاسخگو (واریانس کل شاخص) است.

در این روش هرچه همبستگی مثبت بین سؤالات بیشتر شود، میزان آلفای کرونباخ بیشتر خواهد شد و بالعکس هرچه واریانس میانگین سؤالات بیشتر شود آلفای کرونباخ کاهش پیدا خواهد کرد. افزایش تعداد سؤالات تأثیر مثبت یا منفی (بسته به نوع همبستگی بین سؤالات) بر میزان آلفای کرونباخ خواهد گذاشت.

همچنین افزایش حجم نمونه باعث کاهش واریانس میانگین سؤالات و در نتیجه باعث افزایش آلفای کرونباخ خواهد شد.

برای مقایسه میانگین زیرشاخص‌های مختلف و رتبه‌بندی آن‌ها از تجزیه واریانس دوطرفه و آزمون فریدمن با کاربرد نرم‌افزار SPSS استفاده شد. به‌طور کلی تحلیل واریانس دوطرفه رتبه‌ای فریدمن، این فرضیه را می‌آزماید که k گروه هم‌تا از توزیع پیوسته واحدی و یا از چند توزیع با میانه یکسان و یا در صورت تقارن توزیع‌ها با میانگین یکسان گرفته شده‌اند (رابطه ۱۲):

نتایج

می‌توانند سبب عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری گردند که پس از گردآوری آن‌ها این عوامل در قالب شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها طبقه‌بندی شدند که نتایج این بخش در جدول ۳ ارائه شده است.

شناسایی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت

بر اساس مرور منابع و مصاحبه با کارشناسان و جوامع محلی مشخص شد که عوامل متعددی

جدول ۳- شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری

Table 3- Indicators and sub-indices affecting people's lack of participation in watershed management projects

اختصار	زیر شاخص	شاخص
X1	نادیده گرفتن درآمد مردم به‌عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم	اقتصادی
X2	دیربازده بودن طرح‌های آبخیزداری	
X3	درآمد کم ساکنان حوضه	
X4	پایین بودن سطح سواد و آگاهی	اجتماعی
X5	اختلافات قومی و محلی	
X6	عدم اعتماد نسبت به نتایج و اثربخشی پروژه‌ها	
X7	تمرکز قدرت تصمیم‌گیری در مرکز	طراحی- اجرایی
X8	عدم توجه به نیروی محلی در اجرای پروژه‌ها (اشتغال‌زایی)	
X9	عدم توجه به سازمان‌های غیردولتی (سمن‌ها) در برنامه‌ریزی‌های آبخیزداری	
X10	عدم توجه به نظرات و پیشنهادهای آبخیزنشینان در مراحل مختلف نیازسنجی و اجرای پروژه‌ها	
X11	عدم آموزش ساکنان حوضه در خصوص طرح‌ها و اهداف مربوطه	آموزشی - ترویجی
X12	عدم استفاده از گروه‌های مروج بومی	

اولویت‌بندی عوامل مؤثر از دیدگاه

کارشناسان

پس از تکمیل پرسش‌نامه‌های تحلیل سلسله‌مراتبی به‌وسیله ۱۳ کارشناس خبره، برای اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردمی در پروژه‌های آبخیزداری از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد. مقادیر نمایه‌های نسبت سازگاری و اوزان نرمال شده محاسباتی شاخص‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. مقدار نسبت سازگاری محاسبه شد (۰/۰۶۸) کمتر از ۰/۱ است ($CR \leq 0.1$) که مورد قبول است. همچنین اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری نشان می‌دهد که شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی به ترتیب دارای بیشینه و کمینه اولویت می‌باشند. بر این

اساس شاخص‌های اقتصادی، طراحی- اجرایی، آموزشی-ترویجی و اجتماعی به ترتیب بیشترین نقش را در عدم شکل‌گیری مشارکت جوامع محلی در پروژه‌های آبخیزداری حوضه سراب باغ داشته‌اند. Salehpour Jam و همکاران (2018) نیز عوامل مؤثر بر عدم مشارکت ذینفعان در طرح‌های آبخیزداری را در حوضه‌های مشرف به شهر تهران بررسی و اولویت‌بندی نمودند که در تحقیق ایشان نیز شاخص‌های اقتصادی و برنامه‌ریزی، جزو شاخص‌های با اولویت بالا شناسایی شده‌اند. مقایسه‌ها و بررسی‌ها نشان می‌دهد که در سایر منابع نیز شاخص مربوط به آموزشی - ترویجی و اجتماعی کمینه میزان اهمیت را به خود اختصاص داده است (Mansouri et al., 2016; Salehpour Jam et al., 2018).

جدول ۴- نسبت سازگاری و وزن نرمال شده محاسباتی شاخص‌ها

Table 4- Consistency ratio and calculated normalized weight of indicators

وزن نرمال	U	M	L	CR	RI	CI	شاخص
0.336	1.29	0.40	0.09	0.068	0.900	0.061	اقتصادی
0.315	1.12	0.33	0.08				طراحی- اجرایی
0.258	0.88	0.16	0.08				آموزشی و ترویجی
0.090	0.20	0.10	0.04				اجتماعی

است. همچنین مقدار سطح معنی‌داری کمتر از 0.01 ($Sig=0$) در آزمون فریدمن، بیانگر تفاوت معنی‌دار اهمیت نسبی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم در سطح یک درصد است. بر این اساس، از منظر خبرگان، زیرشاخص نادیده گرفتن درآمد مردم به عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم با میانگین رتبه $9/35$ دارای بیشترین اولویت نسبی و زیرشاخص عدم توجه به سازمان‌های غیردولتی (سمن‌ها) در برنامه‌ریزی‌های آبخیزداری با میانگین رتبه $3/69$ دارای کمترین اولویت نسبی در عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری حوضه می‌باشند.

نتایج تحلیل پرسش‌نامه‌های لیکرت تکمیل شده به وسیله کارشناس خبره و اجرای آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی زیرشاخص‌ها و تعیین اهمیت نسبی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری حوضه، در جدول ۵ ارائه شده است. مقدار آلفای کرونباخ حاصل از اولویت‌بندی زیرشاخص‌ها توسط پرسش‌نامه خبرگان، برابر با $0/816$ محاسبه شد و لذا ابزار اندازه‌گیری (پرسش‌نامه با طیف لیکرت) در این تحقیق از پایایی بالایی برخوردار است یا به عبارتی گویه‌های در نظر گرفته‌شده از پایایی و سازگاری درونی بالایی برخوردارند. بر این اساس دامنه مقادیر میانگین رتبه‌ها بین $3/69$ تا $9/35$ متغیر

جدول ۵- رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم در فعالیت‌های آبخیزداری حوضه از منظر خبرگان

Table 5- Ranking of factors affecting lack of participation from the experts' viewpoint

اولویت	میانگین رتبه	زیر شاخص	اولویت	میانگین رتبه	زیر شاخص
2	8.62	X7	1	9.35	X1
7	6.82	X8	8	6.58	X2
12	3.69	X9	9	6.57	X3
4	7.77	X10	10	5.23	X4
3	8.50	X11	11	4.77	X5
5	7.65	X12	6	6.96	X6

اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم از منظر جوامع محلی

به‌منظور اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم در فعالیت‌های آبخیزداری حوضه سراب‌باغ از دیدگاه جوامع محلی، پس از آگاهی از تعداد خانوارهای موجود در آبادی‌های منطقه، تعداد ۲۷۶ نمونه بر اساس فرمول کوکران به عنوان حجم نمونه محاسبه و در نظر گرفته شد.

پس از تکمیل پرسش‌نامه‌های مردمی، مقدار آلفای کرونباخ برای شاخص و زیرشاخص به ترتیب برابر با ۰/۸۱۲ و ۰/۷۹۱ محاسبه شد، لذا ابزار اندازه‌گیری (پرسش‌نامه) از پایایی بالایی برخوردار بوده و به عبارتی، زیرشاخص‌های مفروض از پایایی و سازگاری درونی بالایی برخوردارند.

نتایج تحلیل پرسش‌نامه‌های لیکرت تکمیل‌شده توسط جوامع محلی و اجرای آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری حوضه سراب‌باغ، در جدول ۶ ارائه شده است. بر این اساس دامنه مقادیر میانگین رتبه‌ها بین ۱/۴۵ تا ۳/۸۳ متغیر است. همچنین مقدار سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ ($Sig = 0$) در آزمون فریدمن، بیانگر تفاوت معنی‌دار اهمیت نسبی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردم در سطح یک درصد است. بر این اساس، از منظر جوامع محلی، زیرشاخص نادیده گرفتن درآمد مردم به‌عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم با میانگین رتبه ۹/۰۲ دارای بیشترین اولویت نسبی و زیرشاخص عدم توجه به سازمان‌های غیردولتی (سمن‌ها) در برنامه‌ریزی‌های آبخیزداری با میانگین رتبه ۴/۴۸ دارای کمترین اولویت نسبی در عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری می‌باشند (جدول ۷).

جدول ۶- رتبه‌بندی شاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم از منظر جوامع محلی

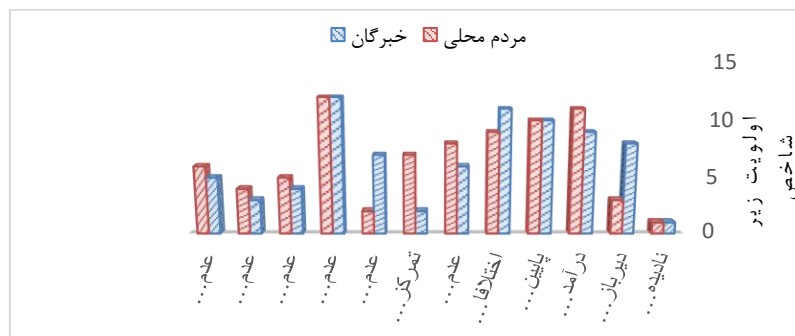
Table 6- Ranking of factors affecting lack of participation from the local communities viewpoint

اولویت	شاخص	میانگین رتبه	تعداد نمونه	کای اسکوئر	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
1	اقتصادی	3.83	276	252.742	3	000
2	طراحی	3.59				
3	آموزشی	2.61				
4	اجتماعی	1.45				

جدول ۷- رتبه‌بندی زیرشاخص‌ها (بر اساس نظرات آبخیزنشینان) با آزمون فریدمن

Table 7- Ranking sub-indices based on local communities viewpoint by Friedman test

اولویت	میانگین رتبه	زیر شاخص	اولویت	میانگین رتبه	زیر شاخص
7	6.32	X7	1	9.02	X1
2	7.80	X8	3	7.06	X2
12	4.48	X9	11	5.44	X3
5	6.62	X10	10	5.55	X4
4	6.69	X11	9	9.19	X5
6	6.41	X12	8	6.22	X6



شکل ۲- اولویت‌بندی زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم از منظر خبره و جوامع محلی

Figure 2- Prioritization of sub-indices affecting non-participation of people from the viewpoint of experts and local communities

محلی در پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری است. به عبارتی پایین بودن توانمندی اقتصادی اکثریت جامعه محلی و به‌ویژه زنان روستایی، ارائه تسهیلات مالی و اعتباری از سوی دولت اجازه کشت و فراوری گیاهان دارویی در جامعه روستایی را امکان‌پذیر خواهد نمود. این نتایج با یافته سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Salehpour jam *et al.*, 2021 & Basiri *et al.*, 2020).

متأسفانه به سبب وجود مسائل و مشکلات دیرینه بین جامعه محلی و اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، زمینه مناسبی در جهت ایجاد و یا افزایش کمی و کیفی پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری وجود نداشته است. شواهد حاکی از آن است در بعضی از موارد به سبب عدم درک درست جامعه محلی از اهداف اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری در جهت توسعه کمی و کیفی منابع طبیعی، زمینه مناسبی در جهت تبدیل تعاملات اجتماعی و مشارکت مردمی به تقابل مبدل شده است. پس ضروری است با شناخت و اعتمادسازی دوطرفه زمینه مناسبی در جهت ایجاد مشارکت بیش‌ازپیش جامعه محلی در اجرای پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری توسط اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان به وجود آید. این نتایج با نتایج سایر پژوهشگران از جمله (Salehpour Jam *et al.*, 2021; Rahimzadeh *et al.*, 2019; Mohammadi Golrang *et al.*, 2017) مطابقت دارد.

بحث

بر اساس سابقه بررسی در محدوده مورد مطالعه و نواحی مشابه، متأسفانه شواهد حاکی از آن است که اکثر جوامع محلی از اجرا تا بهره‌برداری پروژه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی در محل زیست و تولید خود اطلاعی ندارند و در این خصوص نیز هیچ مشورت و همفکری انجام نشده است. نبود اطلاع و آگاهی، می‌تواند یکی از موانع عدم مشارکت و محقق نشدن اهداف پیش‌بینی‌شده در اجرای پروژه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی به حساب آید. این یافته‌ها با نتایج پژوهش (Maleki *et al.*, 2018; Agidew & Singh, 2018) مطابقت دارد.

بررسی‌های میدانی انجام‌شده در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که از دیدگاه کارشناسان و جوامع محلی، عامل اقتصادی مهم‌ترین عامل در عدم مشارکت جوامع محلی در فعالیت‌های آبخیزداری است. چنان‌که Sulaimanpour و همکاران (۲۰۱۹) نیز در اولویت‌بندی عامل‌های مؤثر بر نبود مشارکت پایدار جامعه‌های روستایی در طرح‌های آبخیزداری در آبخیز مرادآباد میمند، استان فارس، از دیدگاه کارشناسان، عامل اقتصادی را مهم‌ترین عامل در عدم مشارکت جوامع محلی در فعالیت‌های آبخیزداری بیان داشته‌اند. همچنین ارائه تسهیلات مالی و اعتباری یکی از راهکارهای مناسب در راستای مشارکت دادن جامعه

نتیجه‌گیری

مدیریت مشارکتی باعث افزایش توانمندی‌ها و بهره‌وری بهینه از سایر امکانات و منابع موجود در حوزه آبخیز می‌شود. از مهم‌ترین اقداماتی که می‌توان در راستای رفع موانع مشارکت جوامع محلی در پروژه‌های آبخیزداری به انجام رساند، شناسایی، دسته‌بندی و رتبه‌بندی عواملی است که باعث عدم مشارکت آن‌ها در این پروژه‌ها می‌شود. اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عدم مشارکت مردمی، گامی اصولی در چرخه مدیریت مردم‌نهاد آبخیز و مدیریت شایسته حوضه‌هاست. اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری نشان می‌دهند که به‌طور کلی در حوضه سراب‌باغ، شاخص‌های اقتصادی و طراحی-اجرایی نقش بیشتری را در عدم مشارکت مردم نسبت به شاخص‌های آموزشی-ترویجی و اجتماعی داشته‌اند. همچنین نتایج اوزان حاصل از آزمون فریدمن برای رتبه‌بندی زیرشاخص‌های مؤثر بر عدم مشارکت مردم نشان می‌دهند که دو زیرشاخص نادیده گرفتن درآمد مردم به‌عنوان انگیزه اقتصادی مستقیم و عدم توجه به نظرات و پیشنهادهای آبخیزنشینان در مراحل مختلف نیازسنجی، طراحی و اجرای پروژه‌های آبخیزداری در خصوص طرح‌ها و اهداف مربوطه، از منظر هر دو گروه در چهار اولویت نخست قرار گرفته و از اهمیت نسبی بیشتری در عدم مشارکت جوامع روستایی برخوردارند. نتیجه کلی نظرسنجی از جوامع محلی حاکی از آن است که اجرای پروژه‌های چندمنظوره آبخیزداری و در نظر گرفتن منافع آبخیزنشینان و نیز مشارکت دادن جوامع محلی در مراحل مختلف پایش، مطالعات، نیازسنجی، اجرا و نیز نگهداری پروژه‌های آبخیزداری می‌تواند سبب انگیزه اقتصادی، همچنین توجه به نیروی محلی در اجرای پروژه‌ها، اشتغال‌زایی و جلب مشارکت فعال مردم در مراحل مذکور گردد. توجه و تأکید بر موضوع اعتماد جامعه محلی و افزایش میزان

اعتماد اجتماعی به اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری از جمله عواملی است که می‌تواند در کاهش و رفع موانع عدم مشارکت جامعه محلی در اجرا و بهره‌برداری از پروژه‌های آبخیزداری و منابع طبیعی نقش بارزی بر عهده داشته باشد.

پیشنهادها

با توجه به یافته‌های تحقیق جهت ایجاد و یا بهبود مشارکت مردم در پروژه‌های آبخیزداری در محدوده مورد مطالعه پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱) لازم است قبل از اجرای پروژه‌های منابع طبیعی و آبخیزداری، نقطه نظرات جامعه محلی در خصوص مشکلات موجود، شرایط منطقه و حتی لزوم اجرای پروژه‌های مزبور اخذ گردد. مواردی از قبیل جلب نظر ساکنین حوضه باهدف همکاری در اجرا، حفاظت، احیاء و نگهداری از پروژه‌ها، استفاده متعادل و متوازن ذینفعان از منابع طبیعی، بهره‌گیری مناسب از توانمندی‌ها و ظرفیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی ساکنین و جامعه محلی در ایجاد و تقویت مشارکت جامعه محلی بسیار مؤثر است.

۲) هرگونه فعالیت و یا برنامه‌ریزی اعم از اجرایی، مشارکتی و تلفیقی باید متناسب با پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های بومی حاکم در محدوده مورد مطالعه، انجام شود. در همین راستا توجه به سرمایه‌های اجتماعی منطقه همچون بهره‌گیری مناسب از توان زنان، کودکان، نهاد خانواده، مدرسه، مسجد، می‌تواند در ایجاد و یا افزایش میزان مشارکت جامعه محلی، در اجرا و نگهداری از طرح‌های منابع طبیعی و آبخیزداری کمک نماید.

۳) با توجه به عدم توانمندی مناسب اقتصادی اکثریت جامعه محلی در استان ایلام و مخصوصاً جوامع محلی در حوزه آبخیز سراب‌باغ با ارائه تسهیلات مالی می‌توان به بهره‌برداران امکان کشت و ایجاد کسب‌وکارهای متناسب با اهداف اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری

ساکنین روستاهای منطقه و درنهایت افزایش مشارکت آن‌ها در موفقیت پروژه‌های منابع طبیعی شود.

داد. بر همین اساس توانمندسازی اقتصادی جامعه محلی می‌تواند موجب اشتغال‌زایی و افزایش درآمد

References

- Agidew, A. & Singh, K.N. (2018). Participation in watershed management programs in the Northeastern highlands of Ethiopia: a case study in the Teleyayen sub-watershed. *Ecological Processes*, 7(15), 7-15.
- Alvandi, A. & Sheikh, V. (2014). The feasibility study on the use of decision support systems for participatory watershed management from the perspective of different groups of stakeholders (Case study: The Chel-chai watershed, Golestan province-Iran). *Watershed management research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 105, 54-66. (In Persian)
- Bagdi, G.L. & Kurothe, R.S. (2014). People's participation in watershed management programmes: Evaluation study of Vidarbha region of Maharashtra in India. *International soil and water conservation research*, 2(3), 57-66.
- Bagherian, R., Goodarzi, M., Sanaei Torqabah, M. & Bagherian Kalat, A. (2017). Investigation on Dimensions of People's Participation in Watershed Management Programs; Using Factor Analysis. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 11(36), 69-75. (In Persian)
- Bagherian, R.A., Bahaman, A., Asnarulkhadi S. & Shamsuddin, A. (2009). A Soci Exchange Approach to People's Participation in Watershed Management Programs in Iran. *European Journal of Scientific Research*. (34), 428-441. (In Persian)
- Basiry, Z., Rostami, N. & Salehpour jam, A. (2020). Identification and Prioritization of Effective Indicators on Preventing Sustainable Participation of Rural Societies in Combating Desertification Plans (Case Study: Mousian Region, Dehloran). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7, 47-60. (In Persian)
- Chitranjan Sharma, C. & Sisodia, S.S. (2008). Peoples' participation in watershed development programme: A case study of rajasthan. *Indian res. J. ext. edu*, 8(1), 71-72.
- Clayton, A. (2005). Empowerment People: A Guide for Participation, Translated by Piroz Izadi. *Research Center ruralissues*, Tehran.
- Duram, L.A. & Brown. K.G. (2010). Insights and applications assessing public participation in US watershed planning initiatives. *Society and Natural Resources*, 12(5), 455-467.
- Jafari, M.R., SalehPour Jam, A. & Rezaei, J. (2022). Identifying and prioritizing factors affecting the non-sustainable participation of rural communities in watershed management projects (case study: Sarabagh watershed, Ilam province). *Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, Tehran.
- Jafari, M.R., Namaki, M., Saidzadeh, H. & Rezaei, J. (2011). Evaluating the role of villagers' participation in watershed management activities in Ilam province. *Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute*, Tehran.
- Maleki, M., Dehghani bidgoli, R. & Ghane Moghadam. R. (2018). Investigating the Effects of Natural Resources and Watershed Management Plans Implemented with the Participation of Field Operators in Rural Development (Case study: Gharehيران Basin of the Nir city of Ardebil province). *Rural Development Strategies*, 5, 347-367. (In Persian)
- Mansouri, A., Salehpour Jam, A., Mohammadi, M. & Kianian, M.K. (2016). Investigation and prioritizing preventing factors of people participation in natural resources plans (case study: Kan watershed area, Tehran, Iran). *2th national conference on conservation of natural resources and environment*, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil. (In Persian)
- Miller, R.C., Guertin, P.D. & Heilman, P. (1995). Information technology in watershed. *Journal of the American Water Resources Association*, 40(2):347-357. Dissertation, University of of Louisiana, America.

- Moghadam, R., Dinpanah, G.H. & Zand, F. (2013). Factors influence on economic-social effectiveness of watershed and natural resources plans. *European Journal of Experimental Biology*, 3, 400-406.
- Mohammadi Golrang, B.F., Lai, S. & Sadeghi, H.R. (2017). Evaluation of variables affecting people's participation in soil pasture and watershed management projects (Case study: Kouskabab Watershed in Khorasan Razavi). *Journal of Research & Rural Planning*, 6, 49-68. (In Persian)
- Mosaffaie, J., Ekhtesasi, M.R., Salehpour Jam, A. & Rajabi, M.R. (2017). Sediment source ascription in Vartavan catchment using composite fingerprint technique. *Journal of Watershed Management Research*, 8(16), 123-131. (In Persian)
- Rahimzadeh, M., Mohammadi, R., Ostadkalayeh, A., Heshmatpour, A. & Abbasi, M. (2019). Identification and Analysis of the Factors Affecting the Participation of Rural People in Natural Resources Projects Via Q-methodology (Caspian Hyrcanian Forests Project). *Journal of plant Ecosystem Conservation*, 6, 77-92. (In Persian)
- Saadoddin, A., Alvandi, E. & Sheikh, V.B. (2015). Developing a decision support system for participatory and integr, ated management of the Chel-Chai watershed, Golestan province. *Journalof Watershed Management Research*, 6(11), 124-136. (In Persian)
- Saaty, T. (1980). The Analytical Hierarchy process, planning, priority, *Resource Allocation, Rws pub*, USA.
- Salehi, L. (2007). Investigation of effective factors on people participation in watershed management plans. *Forth international conference of watershed management, University of Tehran*. (In Persian)
- Salehpour Jam, A., Sarreshtehdari, A. & Tabatabaei, M.R. (2018). Prioritizing preventing factors affecting on stakeholder's participation in watershed plans based on experts' idea, case study: watershed area surrounding city of Tehran. *Journal of watershed engineering and management*, 9(4), 441-450.
- SalehpourJam, A., Tabatabaei, M.R., Mosaffaie, J., Soltani, M.J. & Shadmani, A.R. (2021) Barriers to participatory implementation of soil conservation projects: Perspectives and priorities. *Environmental Science & Policy*, 131(1), 36-45. (In Persian)
- Singleton, A. & Taylor, M. (1992). Common property, collective action and community. *J. Theor.Pol*, 4(3), 309-324.
- Sulaimanpour, SM., Salehpour Jam, A., Nowrozi, A.A., Khalil, N. & Keshavarz, H. (2019). Experts' point of view in prioritizing factors affecting the lack of sustainable participation of rural communities in watershed management projects in Moradabad Meimand watershed, Fars province. *Journal of Watershed Research*, 32(3), 53-62. (In Persian)
- Zarei, M., Azmude, A., Amirnezhad, H. & Pirnia, A. (2014). Evaluation of effective factors on preventing participation of beneficiaries in watershed management projects (Case study: Berenjestanak watershed). *Journal of natural resource economics*, 2(2), 63-72. (In Persian)

Evaluation of the climate change effect on meteorological parameters using LARS-WG, Case study: Abadeh station

Homa Razmkhah^{*1}, Abdollah Masoudi², Amin Rostami Ravari¹, Alireza Fararoei¹

- 1- Assistant professor, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
- 2- M.S. student, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

***Corresponding Author:** Homarazmkhah@gmail.com

(Received: 19 January 2023

Revised: 07 March 2023

Accepted: 10 April 2023)

Extended Abstract

Introduction: Climate change has a significant impact on water resources and environment, which are reflected in agriculture, society and economy. Using general circulation model (GCM) with statistical downscaling models is a method of climate change assessment. Due to the location of Abadeh in semi-arid region of Fars province and Iran, population growth, industrial and mining development, and getting to the sustainable agriculture, evaluation of climate change impacts on meteorological parameters seemed necessary. The aim of this study is to assess meteorological parameter variations of precipitation, minimum and maximum temperature under climate change condition in order to use them in water resources management of water consumptions, and to decrease the negative impacts of climate change on different parts of the environment in Abadeh region.

Materials and methods: In this study, the effect of climate change on meteorological parameters of minimum temperature, maximum temperature, precipitation was assessed, using HADCM3 as general circulation model and LARS-WG5.5 statistical model for downscaling, in Abadeh station for the base time period of (1993-2017). After assessment of model for parameters simulation, using model fitness criteria, daily value of minimum temperature, maximum temperature and precipitation were simulated for A1B, B1 and A2 scenarios. Then, the results were analysed.

Results and Discussion: Evaluation of the model showed that rainfall forecasting had the maximum error, and minimum and maximum temperature were simulated with more precision. Comparison of the mean and standard deviation of observed and simulated monthly precipitation of Abadeh station in the (1993-2017) base time period showed that the mean of simulated precipitation is more than the observed precipitation in March, April, August and September. The standard deviation of monthly simulated precipitation is more than the observed one in February, March, April, August and September. Comparison of the observed and simulated monthly minimum temperature of Abadeh station in the (1993-2017) base time period showed that the mean of simulated monthly minimum temperature is the same as the observed one in most of the months. The standard deviation of simulated monthly minimum temperature is less than the observed one in all of the months. The future trend of maximum temperature is the same as minimum temperature. After model assessment, the parameters were forecasted for the next three periods of 2011-2030, 2046-2065 and 2099-2080, under three gas emission scenarios of B1, A1B and A2. Comparison of forecasted parameters over three periods, with the based period values, showed that in the 2011-2030 time period, the precipitation value increases in three scenarios of A2, A1B and B1, respectively. In the 2046-2065 time period, the precipitation increases in all scenarios too, with the same order of 2011-2030 time period, but the variation of scenarios is different. In the 2080-2099 time period, precipitation value increases in B1 scenario, but decreases in the other two scenarios. Comparison of forecasted minimum temperature over three future periods, with the base time period values, showed that in all of the time periods, minimum temperature value increases in the three scenarios of A2, A1B and B1, respectively. The percent of increase will be more from 2011-2030 period to 2046-2065 time period and, to 2080-2099 time period. The future trend of maximum temperature is the same as minimum temperature.

Conclusion: The precipitation, minimum and maximum temperature for the next 70 years were forecasted, using HADCAM3 as a GCM model and LARS-WG for statistical downscaling. Results showed an increase in minimum and maximum temperature in all months and seasons of the three time periods. Precipitation increases in 2011-2030 time period and 2046-2065 time period in all of three scenarios of A2, A1B and B1. Precipitation decreases in most of the scenarios of 2080-2099 time period. These all verify climate change in Abadeh region. The increase in evapotranspiration, water requirement of crops, and the decrease of water storage are some of the climate change effects, which need management to reduce damage on water resources, agriculture and environment, using the obtained results. Climate change assessment of the other stations of Fars province and other regions of Iran is suggested for comprehensive planning readiness.

Keywords: Climate change, HADCAM3, LARS-WG model, Abadeh.

Citation: Razmkhah, H., Masoudi, A., Rostami Ravari, A., & Fararoei, A. (2023). Evaluation of the climate change effect on meteorological parameters using LARS-WG, Case study: Abadeh station. *Integrated Watershed Management*, 3(2), 16-29. doi: 10.22034/iwm.2023.1987752.1058

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی با استفاده از مدل LARS-WG، مطالعه موردی: ایستگاه آباده

هما رزمخواه^{۱*}، عبدا... مسعودی^۲، امین رستمی راوری^۱، علیرضا فرارویی^۱

۱- استادیار گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

*نویسنده مسئول: Homarazmkhah@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۹

چکیده

تغییر اقلیم تأثیر قابل توجهی بر منابع آب و محیط زیست دارد که به نوبه خود در کشاورزی، جامعه و اقتصاد منعکس می‌شود. در این تحقیق اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی دمای حداقل، دمای حداکثر، ساعات آفتابی و بارش با شبیه‌سازی اقلیم توسط مدل HADCM3 و ریزمقیاس سازی توسط LARS-WG در دوره پایه (۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷) ایستگاه آباده بررسی گردید. معیارهای ارزیابی بیانگر دقت قابل قبول مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی مورد بررسی است. بیشترین خطا مربوط به مدل سازی بارش بوده و دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی با دقت بالاتری مدل سازی شده‌اند. پس از ارزیابی مدل، پارامترهای اقلیمی با استفاده از سه سناریوی A1B، B1 و A2، در سه بازه زمانی ۲۰۳۰ تا ۲۰۱۱، ۲۰۶۵ تا ۲۰۴۶ و ۲۰۹۹ تا ۲۰۸۰ پیش‌بینی شدند. بررسی درصد تغییرات میانگین ماهیانه پارامترها در سه سناریو، در بازه‌های زمانی مورد بررسی، نسبت به دوره پایه نشان داد که در بازه ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ مقادیر بارش تحت هر ۳ سناریو افزایش نشان می‌دهد. در بازه ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ نیز مقادیر بارش تحت هر سه سناریو افزایش نشان می‌دهد، ولی اختلاف بیشتری در میزان افزایش، در سناریوهای مختلف دیده می‌شود. در بازه ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ مقدار بارش تحت سناریوی B1 افزایش و در دو سناریوی دیگر کاهش نشان می‌دهد. درصد کاهش بارش در سناریوی A2 بسیار بیشتر از A1B است. در هر ۳ بازه زمانی دمای حداقل با افزایش مواجه خواهد بود و درصد افزایش با گذشت زمان بیشتر می‌شود. روند تغییرات آبی دمای حداکثر نیز مشابه با دمای حداقل است. افزایش دما در تمام ماه‌ها و فصل‌های سال، وقوع تغییر اقلیم را در منطقه تأیید می‌کند؛ بنابراین کاهش پیامدهای تغییر اقلیم بر منابع آب، محیط زیست و سایر مصارف، نیازمند برنامه‌ریزی درازمدت با استفاده از نتایج حاصله است.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، HADCM3، مدل LARS-WG، پارامترهای هواشناسی، آباده.

استناد: رزمخواه، ه.، مسعودی، ع.، رستمی راوری، ا.؛ و فرارویی، ع. (۱۴۰۲). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی با استفاده از مدل LARS-WG، مطالعه موردی: ایستگاه آباده. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۳(۲)، ۱۶-۲۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

مشکلات زیست‌محیطی در جهان، نمودی از توسعه ناپایدار و ناهماهنگ با ظرفیت‌های کره زمین است. تغییر اقلیم در میان کلیه معضلات، به دلیل تأثیر جهانی در مقیاس کره زمین و آثاری نظیر سیل، طوفان، بارش رگبارهای نامتعارف، افزایش شدت، تداوم و حجم خشک‌سالی‌ها، امواج گرما، ذوب شدن یخ‌های قطبی، افزایش سطح آب دریاها و به زیر آب رفتن زمین‌های ساحلی، افزایش حداقل و حداکثر دما در غالب مناطق، افزایش تبخیر و تعرق و نیاز آبی محصولات زراعی و باغی، تبخیر بیشتر آب‌های سطحی و کاهش منابع آب شیرین در دسترس، کاهش بارش، افزایش فرسایش و طوفان‌های گردوخاک، توجه کشورها را بیش‌ازپیش، به خود جلب کرده است. ایران نیز به‌عنوان یکی از کشورهای مؤثر بر افزایش گازهای گلخانه‌ای در تلاش برای افزایش سازگاری و کاهش ریسک مخاطرات تغییر اقلیم به‌منظور مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی، کشاورزی و ارتقای سطح امنیت غذایی، منابع طبیعی و تنوع زیستی (منابع زیستی) و بهداشت کشور است. در این رابطه لازم است که حکمرانی تغییر اقلیم در سیاست‌ها و اقدامات اجرایی کشور در سطوح مختلف ملی، منطقه‌ای، استانی و محلی به نحوی استقرار یابد که سازگاری با آن به‌عنوان بخشی از زندگی روزمره و فضای توسعه کشور اجرا شده و در اثر افزایش سطح تاب‌آوری محیطی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی، کلیه اقشار از نتایج آن بهره‌مند گردند (National strategic plan on climate change, 2017). بدین منظور پیش‌بینی بلندمدت متغیرهای اقلیمی توسط مدل‌های اقلیمی برای اطلاع از میزان تغییرات و در نتیجه در نظر گرفتن تمهیدات میان‌مدت و بلندمدت برای تعدیل اثرات سوء ناشی از تغییر اقلیم مورد توجه قرار گرفته است. تئوری‌های مورد استفاده در مدل‌های آب و هوایی به پنج گروه تقسیم می‌شوند: مدل‌های آماری-احتمالی، توازن انرژی، یک‌بعدی تابش همرفتی، دویبعدی دینامیکی- آماری گردش عمومی جو

(GCMs) و سه‌بعدی گردش عمومی جو که خود به سه مدل گردش عمومی جو، گردش عمومی اقیانوسی و مدل مزدوج تقسیم می‌شوند (Fraraj Zadeh & Ghasemifar, 2019). مدل‌های گردش عمومی جو، شرایط توپوگرافی، پوشش سطح و شرایط اقلیمی یکسانی برای یک شبکه با ابعاد چندین کیلومتر در نظر می‌گیرند، در شرایطی که شرایط واقعی در زمین می‌تواند کاملاً متفاوت باشد (Babaeian et al., 2010). روش‌های مختلف دینامیکی و آماری برای ریزمقیاس سازی متغیرهای اقلیمی وجود دارد. LARS-WG یکی از مدل‌های آماری ریزمقیاس کننده خروجی مدل‌های GCM است که با استفاده از توزیع نیمه تجربی دوره‌های خشک و مرطوب را شبیه‌سازی می‌کند (Goudarzi et al., 2015).

تاکنون تحقیقات مختلفی در این زمینه انجام شده است. Qian و همکاران (2004) دو مدل آب و هوایی LARS-WG و AAFC-WG را مقایسه کردند. در شبیه‌سازی دما عملکرد بهتری داشت، ولی پیش‌بینی آن برای بارش روزانه، مشابه با LARS-WG بود. Babaeian و همکاران (2010) به ارزیابی تغییر اقلیم ایران در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G توسط مدل LARS-WG پرداختند. نتایج حاکی از کاهش ۹ درصدی بارش در کل کشور، افزایش آستانه بارش‌های سنگین و خیلی سنگین به میزان ۱۳ و ۳۹ درصد و افزایش میانگین سالانه دما به میزان ۰/۵ درجه سانتی‌گراد، با بیشترین افزایش دما در ماه‌های سرد سال بود. بررسی نتایج شمال شرق کشور حاکی از جابه‌جایی الگوی بارش به سمت انتهای فصل سرد سال بود. Hashmi و همکاران (2011) مدل رگرسیون چندگانه SDSM و مولد مصنوعی LARS-WG را در ریزمقیاس سازی بارش‌های حدی مقایسه نمودند. نتایج مؤید توانایی شبیه‌سازی مناسب هر دو مدل بود. Chisanga و همکاران (2017) برای شبیه‌سازی اقلیم از مدل‌های HadCM3 و BCCR-BCM2 و ریزمقیاس

حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی حوضه قره‌سو در استان گلستان پرداختند و نتایج نشانگر کارایی خوب مدل بود.

Ildoromi و همکاران (2016) با استفاده از خروجی مدل‌های گردش عمومی جو HADCM3 و ECHAM4 و ریزمقیاس‌سازی آن‌ها توسط مدل آماری LARS-WG، به تولید داده‌های بارش حوضه آبخیز گرگان رود قره‌سو برای ۲۰ سال (۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰) و دوره آتی پرداختند. سپس با استفاده از این داده‌ها وضعیت خشک‌سالی را با شاخص‌های SPI، PN، ZSI، طی این دوره بررسی نمودند. نتایج نشان داد که طی سال‌های آینده شرایط خشک‌سالی دارای افزایش نسبی نسبت به دوره پایه است که وقوع تغییر اقلیم در منطقه را تائید می‌کند. الگوی زمانی بارندگی نیز تغییر یافته و با کاهش بارندگی‌ها، مشکلات کم‌آبی، کاهش ذخیره و تشدید خشک‌سالی به وجود می‌آید. Farhadi و Bansouleh و همکاران (2017) تأثیر تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی و عملکرد جو (پاییزه) و ذرت (بهاره) را، در سه ایستگاه هواشناسی واقع در اقلیم‌های مختلف استان کرمانشاه، در شرایط تغییر اقلیم بررسی نمودند. پارامترهای هواشناسی برای سناریوهای A1B، A2 و B1 مدل تغییر اقلیم HADCM3 برآورد و با استفاده از نرم‌افزار LARS-WG در ایستگاه‌ها ریزمقیاس شدند. نتایج نشان‌دهنده افزایش دمای حداقل و حداکثر، نوسان بارش و ساعات آفتابی در هر سه ایستگاه بود. محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در دوره‌های پایه و آتی از فرمول فائو پنمن مانیتث نشان داد که در دوره آتی تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ایستگاه‌ها افزایش خواهد داشت. نتایج بیانگر افزایش تبخیر و تعرق فصلی، حداکثر تبخیر و تعرق روزانه و کاهش دوره رشد محصولات در ایستگاه‌های مورد بررسی بود.

Ahmed و همکاران (2019) به بررسی و انتخاب ۳۶ مدل تجمیعی گردش عمومی جو برای شبیه‌سازی

ساز LARS-WG استفاده کردند. مدل با استفاده از داده‌های دوره پایه (۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰) واسنجی گردید و داده‌های بارش، دمای حداقل و حداکثر دمای کوه ماکولو زامبیا، برای سال‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۵۵، در سناریوهای B1 و A1B شبیه‌سازی شدند. نتایج نشانگر دقت خوب مدل‌سازی و امکان استفاده از LARS-WG با اطمینان بالا، برای تولید داده‌ها تحت سناریوهای اقلیمی بود. Mirgol و همکاران (2021) به بررسی روند تغییرات خشک‌سالی حوزه ارومیه در شرایط تغییر اقلیم، با استفاده از پنج مدل گردش عمومی جو و ریزمقیاس ساز LARS-WG پرداختند. شاخص‌های خشک‌سالی SPI و SPEI محاسبه شده نشان داد که SPEI تعداد وقایع خشک‌سالی بیشتری نسبت به SPI پیش‌بینی کرده، عملکرد بهتری در ارزیابی خشک‌سالی حوضه دارد.

Fraraj Zadeh و همکاران (2014) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر اطمینان‌پذیری تأمین آب پایین‌دست سد کرخه و راهکارهای سازگاری، با استفاده از ۱۵ مدل گردش عمومی جو و چندین سناریوی انتشار پرداختند. بدین منظور تغییرات بارش و دما پیش‌بینی و با استفاده از یک مدل بارش-رواناب سری زمانی آورد رودخانه برای افق زمانی ۲۰۵۰ مدل‌سازی گردید. نتایج نشان داد آبدهی پیش‌بینی شده در اواسط قرن جاری از ۵۶٪ کاهش تا ۳۴٪ افزایش می‌یابد. سپس ۳ استراتژی مدیریت افزایش راندمان آبیاری، استفاده مجدد آب و تغییر الگوی کشت برای سازگاری با تغییر اقلیم ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که ساخت سدهای جدید، به دلیل افزایش تخصیص آب در بالادست، می‌تواند اطمینان‌پذیری تأمین آب کشاورزی پایین‌دست سد کرخه را تا کمتر از ۷۰٪ کاهش دهد. همچنین استفاده مجدد از آب، با اطمینان‌پذیری ۹۱٪، به‌عنوان مؤثرترین راهکار برای سازگاری با تغییرات اقلیمی شناخته شد. Goudarzi و همکاران (2015) به بررسی عملکرد مدل LARS-WG در تولید داده‌های روزانه بارش، دمای

کردند. بدین منظور پارامترهای اقلیمی دوره پایه ارزیابی و پارامترهای اقلیمی آینده شبیه‌سازی شدند. نتایج هر دو مدل بیانگر کاهش بارش و افزایش دما بود، اما SDSM تغییرات بیشتری را نسبت به مدل LARS-WG نشان داد. Heshmati و همکاران (2021) به پیش‌بینی تغییرات اقلیمی کرمانشاه با استفاده از مدل LARS-WG در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره آتی پرداختند. نتایج نشان داد مدل LARS-WG از عملکرد خوبی در پیش‌بینی داده‌های اقلیمی آینده برخوردار است. سناریوها بیانگر افزایش متوسط دمای حداقل و حداکثر و تغییر الگوی بارش منطقه، در بازه زمانی آینده بودند. Darvand و همکاران (2021) اثرات تغییر اقلیم بر بیابان‌زایی منطقه بافت استان کرمان را با مدل HADCM3 تحت سه سناریوی A1B، A2، B1 مورد بررسی قرار دادند. جهت حصول به دقت مکانی و زمانی موردنیاز، از مدل ریزمقیاس‌ساز LARS-WG استفاده نمودند. نتایج بیانگر افزایش دما در تمام فصل‌ها، در منطقه بود. افزایش دما و کاهش بارندگی سبب افزایش خشک‌سالی شده، زمینه را برای بیابان‌زایی فراهم می‌کند.

با توجه به واقع‌شدن آلوده در منطقه نیمه‌خشک، همچنین رشد جمعیت، گسترش صنایع و معادن و جهت حصول به کشاورزی پایدار، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی در این منطقه، ضروری دیده شد. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی، به‌منظور استفاده در برنامه‌ریزی منابع آب جهت کلیه مصارف و کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم در منطقه آلوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان آلوده در حدفاصل طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۰ دقیقه قرار دارد. این شهر در شمال استان فارس واقع گردیده

بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر، با استفاده از معیارهای ارزیابی مکانی، به‌منظور کاهش عدم قطعیت مدل‌سازی پرداختند. Panahi و Khorramabadi (2019) به ارزیابی دقت داده‌های CSIRO و مدل LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های گزارش پنجم تحت سناریوهای مختلف اقلیمی پرداختند. نتایج نشان داد که مدل LARS-WG با دقت بالا قادر به پیش‌بینی پارامترهای دمای حداقل و حداکثر است، اما در شبیه‌سازی بارش نسبت به سایر متغیرها دقت کمتری نشان می‌دهد. Jahangir و همکاران (2020) به شبیه‌سازی اقلیم آینده شیراز با استفاده از مدل HADCM3 و ریزمقیاس‌ساز LARS-WG پرداختند. بدین منظور داده‌های مقادیر روزانه بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی ایستگاه شیراز در دوره ۴۶ ساله (۱۳۴۵ تا ۱۳۹۵) استفاده گردید. شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی حوضه تحت دو سناریوی A2 و A1B انجام شد. نتایج نشان داد برخی مناطق با خشک‌سالی و در مقابل برخی مناطق با افزایش بارندگی همراه با تغییر الگوی زمانی مواجه خواهند شد. Zohrevandi و همکاران (2020) به پیش‌بینی تغییرات اقلیمی پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش در شش ایستگاه سینوپتیک منتخب غرب ایران در استان‌های کردستان، کرمانشاه و همدان، با استفاده از مدل HADCM3 و ریزمقیاس‌ساز LARS-WG تحت سناریوهای مختلف پرداختند. معیارهای ارزیابی مدل LARS-WG را برای شبیه‌سازی منطقه مناسب تشخیص داد. نتایج بیانگر کاهش بارش، افزایش دمای حداقل و حداکثر و افزایش تابش بلندمدت نسبت به دوره پایه بود.

Kounani و همکاران (2021) در تحقیقی با هدف ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوضه آبریز رحیم‌آباد لاهور لرستان، از مدل گردش عمومی جو HADCM3 و دو مدل ریزمقیاس‌ساز آماری LARS-WG و SDSM طبق سه سناریو A2، B2 و B1، استفاده

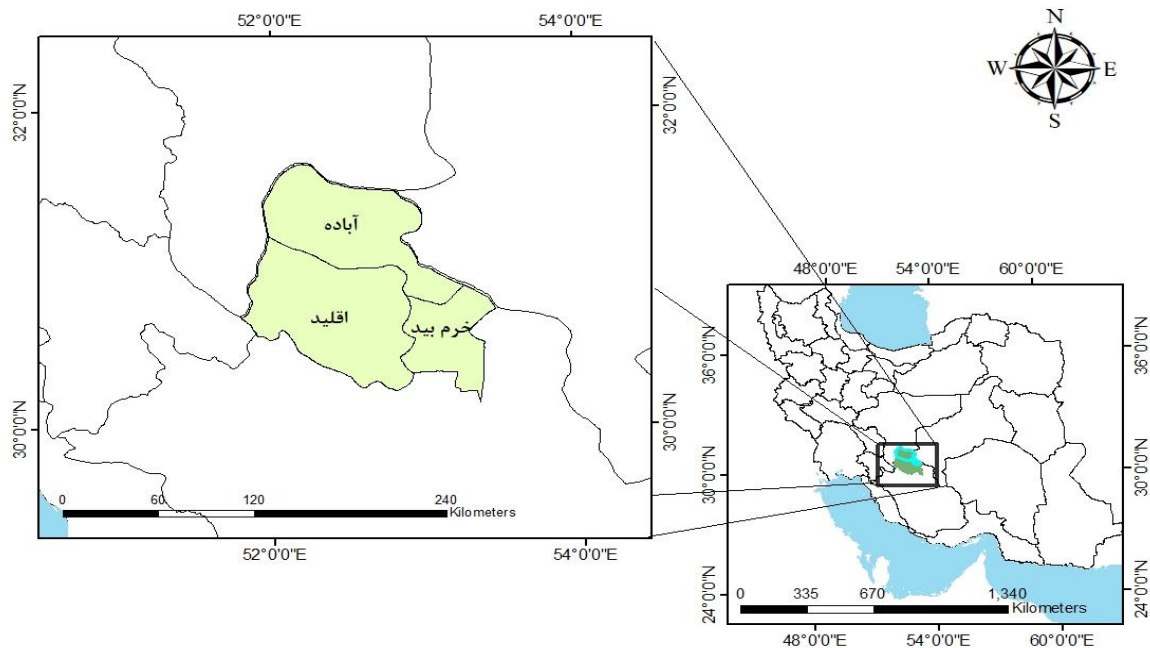
مناطق نیمه‌خشک استان فارس به شمار رفته و زمستانی سرد و تابستانی خنک و خشک دارد. جدول ۱ خصوصیات ایستگاه آباده و شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه را نشان می‌دهد.

است. وسعت جغرافیایی آباده ۶۰۵۲ کیلومترمربع است که حدود ۱۱٪ کل مساحت استان را به خود اختصاص داده است. میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۱۲۰ میلی‌متر است که در ردیف نواحی خشک کشور جای می‌گیرد. این شهرستان جزء مناطق سردسیر است و از

جدول ۱- خصوصیات ایستگاه مورد مطالعه

Table 1- Abadeh stations characteristics

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
Station	Station type	Lat.	Long.	Elevation (m)
آباده	سینوپتیک	53.38	31.09	2020



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی آباده در استان و ایران

Figure 1- Location of Abadeh in Fars province and Iran

و در چهار خانواده (سناریو) اصلی (A1,A2,B1,B2)، برای شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی ارائه شد (2007 IPCC). خصوصیات سناریوهای گزارش‌های سوم در جدول ۲ ارائه شده است. چنانچه مشاهده می‌شود A1B سناریوی بیانگر تغییرات متوسط اقلیمی، سناریوی A2 بیانگر شرایط بدبینانه و B1 سناریوی خوش‌بینانه است.

سناریوهای تغییر اقلیم

مدل‌های گردش عمومی جو، برای مطالعه سناریوهای آب و هوایی در شرایط متفاوت رشد اقتصادی و اجتماعی، توسط هیات بین‌الدول تغییرات آب‌وهوا (IPCC^۱) ارائه شد. این هیات گزارش‌های مختلفی ارائه نمودند که گزارش سوم یکی از پرکاربردترین آن‌ها بود

1. Intergovernmental Panel on Climate Change

جدول ۲- ویژگی‌های سناریوهای گزارش سوم هیئت بین‌الدول تغییرات آب‌وهوا (IPCC, 2007)

Table 2- Characteristics of the 3rd IPCC climate change report (IPCC, 2007)

سناریوی A1B	تغییر اقلیم متوسطی برای آینده متصور است. رشد سریع اقتصادی، بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن و پس‌از آن روند کاهشی، رشد سریع فناوری‌های نوین و مؤثر
سناریوی بدبینانه A2	ناهمگونی در دنیا زیاد، رشد جمعیت زیاد، رشد اقتصادی به‌صورت منطقه‌ای، توسعه و تغییرات فناوری به‌صورت منطقه‌ای و نه جهانی
سناریوی خوش‌بینانه B1	همگرایی جمعیت در سطح جهان در دهه‌های آتی، تغییر در ساختار اقتصادی با کاهش مواد آلاینده، معرفی منابع فناوری پاک و مؤثر

$$[ai - 1, ai] \quad ai - 1 < ai \quad (۲)$$

این توزیع به ۲۱ پارامتر نیاز دارد که بر نسخه‌های پیشین، با تعداد پارامتر کمتر برای نشان دادن سری‌های تر و خشک، برتری دارد (Fraraj Zadeh & Ghasemifar, 2019). توضیحات بیشتر مدل در Babaeian و همکاران (۲۰۱۰) ارائه شده است.

ارزیابی مدل

برای مقایسه مقادیر مشاهداتی با شبیه‌سازی شده، از شاخص‌های نیکوئی برآزش (سنجش خطا) مختلف استفاده می‌شود. به‌طور نمونه می‌توان به ضریب همبستگی R^2 ، مجذور مربعات خطا RMSE^۲ و راندمان مدل^۳ یا ناش ساتکلیف^۴ NS اشاره نمود. روابط مختلف توابع هدف مورد استفاده در تحقیق حاضر در جدول ۳ ارائه شده است.

مدل LARS-WG

پارامترهای شبیه‌سازی شده اقلیمی نیاز به مقیاس مکانی بالاتر از خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی جو دارد. ریزمقیاس سازی داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مولدهای مصنوعی جو (WG) انجام می‌شود، که به‌عنوان مثال می‌توان مدل‌های MET & ROLL، LARS-WG، WEGEN، CLIMGEN، USCLIMAT و GEM را نام برد. مولدهای مذکور غالباً از روش‌های زنجیره مارکوف و توزیع‌های نیمه تجربی استفاده می‌کنند. LARS-WG مولدی است که از توزیع نیمه تجربی استفاده می‌کند و نتایج قابل قبول‌تری نسبت به WEGEN ارائه می‌دهد. این مدل برای چهار متغیر دمای حداقل روزانه، دمای حداکثر روزانه، بارش روزانه و تابش روزانه از توزیع نیمه تجربی با رابطه (۱) استفاده می‌کند (Babaeian et al., 2010):

$$EMP = \{a_0, a_i, h_i, \dots, i = 0, 1, 2, \dots, 10\} \quad (1)$$

که در آن EMP هیستوگرامی با ده بازه با شدت‌های مختلف بارش به‌صورت رابطه (۲) است.

2. Root Mean Square Error
3. Model Efficiency
4. Nash-Sutcliffe

1. Weather Generator

جدول ۳- معیارهای ارزیابی نیکویی برازش (Ghafouri, 2009)

Table 3- Goodness of fit indices (Ghafouri, 2009)

شاخص ارزیابی نیکویی برازش	معادله
Nash-Sutcliffe (NS)	$1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$
Bias	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)$
R ²	$(\text{Cov}(O_i, S_i) / \sqrt{\text{Cov}(O_i, O_i) \cdot \text{Cov}(S_i, S_i)})^2$
Mean Absolute Error (MAE)	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n O_i - S_i $
Root Mean Square Error (RMSE)	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}$

* n برابر تعداد داده‌ها، O_i و S_i داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در گام زمانی i ام، \bar{O} مقدار میانگین مشاهداتی و Cov کوواریانس داده‌ها است.

روش تحقیق

مراحل انجام تحقیق شامل انجام آزمون‌های آماری اولیه بر داده‌ها، آماده‌سازی داده‌های بارش، دمای حداقل، حداکثر و ساعات آفتابی، واسنجی داده‌های تولیدشده توسط نرم‌افزار LARS-WG5.5 و بررسی مناسب بودن مدل جهت تولید داده‌های آتی، با تحلیل توسط معیارهای ارزیابی، شبیه‌سازی مقادیر روزانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر تحت سناریوهای A2, B1, A1B برای دوره‌های آتی با استفاده از مدل و تحلیل نتایج بود.

نتایج

داده‌های مورد استفاده

برای بررسی عملکرد مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی، از داده‌های روزانه دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش در دوره (۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷) ایستگاه

آباد، به‌عنوان دوره پایه، استفاده شد. سپس پارامترهای فوق به‌صورت روزانه برای دوره پایه شبیه‌سازی شد و مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی عملکرد مدل در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی

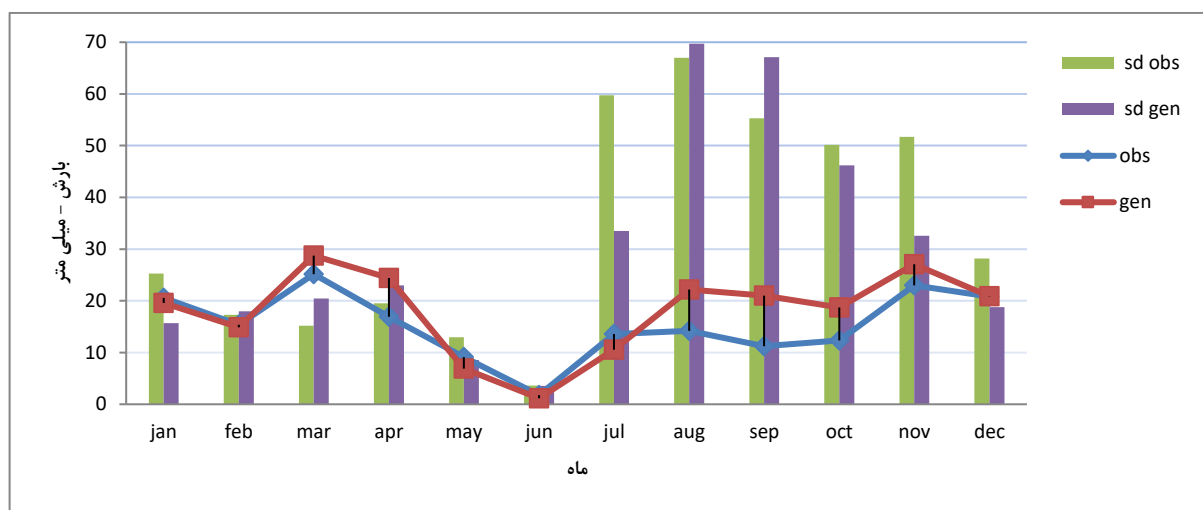
تولید داده توسط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارت‌اند از واسنجی مدل، ارزیابی مدل و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی. کلیه معیارهای ارزیابی محاسبه‌شده برای شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی در دوره پایه ایستگاه آباد، نشان می‌دهد که بیشترین خطا مربوط به مدل‌سازی بارش است و پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی با دقت بالاتری مدل‌سازی شده‌اند (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج ارزیابی مدل LARS-WG برای شبیه‌سازی فرآیند بارش، دمای حداقل و حداکثر
Table 4- LARS-WG model assessment in simulation of precipitation, minimum and maximum temperature

شاخص	RMSE	NS	MAE	BIAS	R2
	ریشه میانگین مربع خطا	ضریب ناش ساتکلیف	میانگین خطای مطلق	میانگین انحراف خطا	ضریب تعیین
بارش	5.010	0.356	3.889	-2.676	0.715
دمای حداقل	0.257	0.999	0.236	0.061	0.999
دمای حداکثر	3.689	0.816	1.267	1.092	0.999
ساعات آفتابی	0.231	0.998	0.191	-0.109	0.999

شبهه‌سازی شده از بارش مشاهداتی بیشتر است. مقدار میانگین انحراف معیار بارش شبهه‌سازی شده نیز در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، آگوست و سپتامبر از مقدار مشاهداتی بیشتر است.

شکل ۲ میانگین و انحراف معیار ماهانه بارش مشاهداتی و شبهه‌سازی شده ایستگاه آباده را در دوره پایه ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ماه‌های مارس، آوریل، آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر مقدار میانگین ماهانه بارش

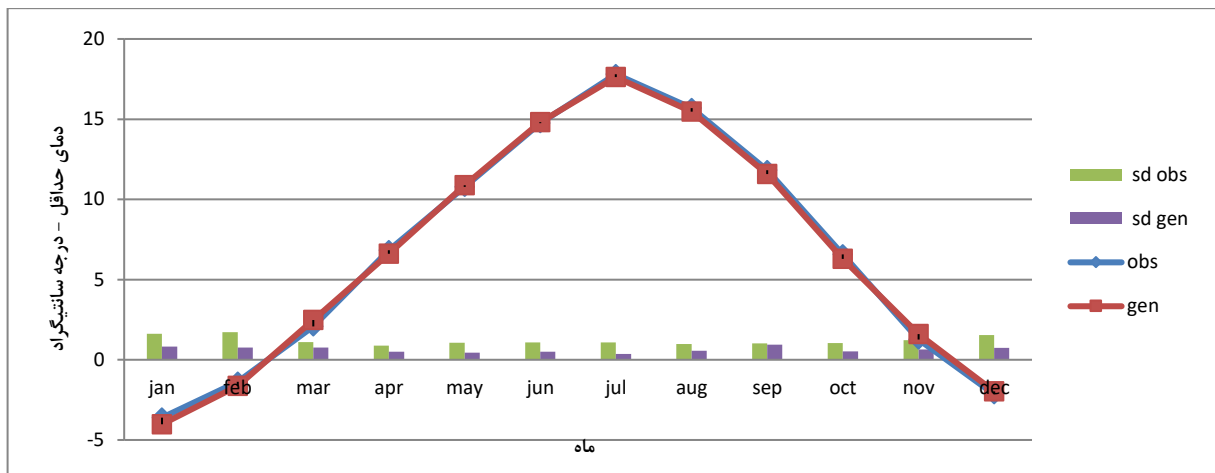


شکل ۲- مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه بارش مشاهداتی و شبهه‌سازی شده ایستگاه آباده در دوره پایه

Figure 2- Comparison of simulated and observed monthly precipitation mean and variance of Abadeh in base period

دمای حداقل شبهه‌سازی شده با مقادیر مشاهداتی تقریباً برابر است. مقدار میانگین انحراف دمای حداقل شبهه‌سازی شده نیز در کلیه ماه‌ها از مقدار مشاهداتی کمتر است.

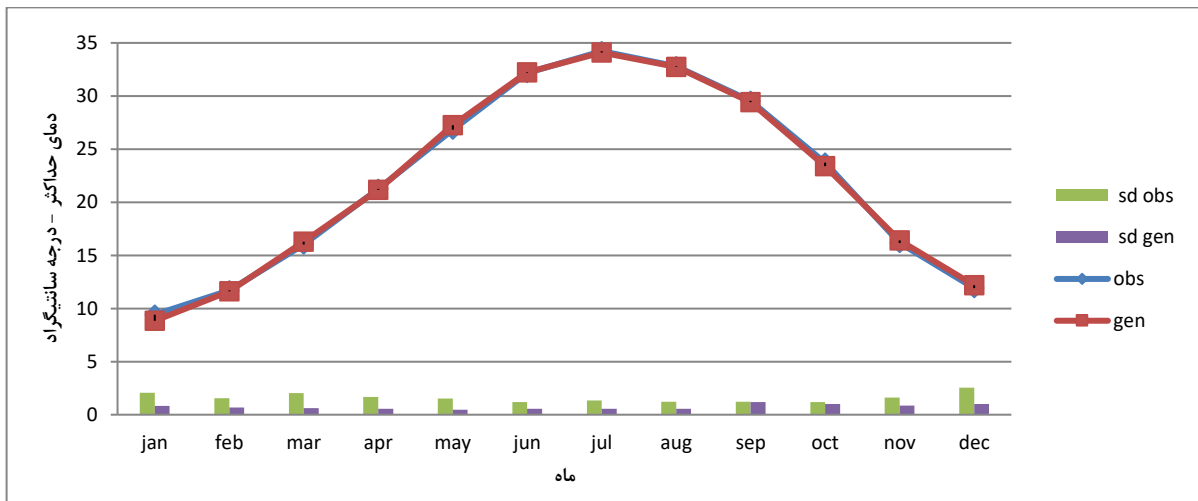
شکل ۳ میانگین و انحراف معیار ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و شبهه‌سازی شده ایستگاه آباده را در دوره پایه ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در غالب ماه‌ها مقدار میانگین ماهانه



شکل ۳- مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده ایستگاه آباده در دوره پایه
Figure 3- Comparison of simulated and observed minimum temperature mean and variance of Abadeh in base period

دمای حداکثر مشاهداتی با مقادیر مشاهداتی تقریباً برابر است. مقدار میانگین انحراف معیار دمای حداقل شبیه‌سازی‌شده نیز تقریباً در کلیه ماه‌ها از مقدار مشاهداتی کمتر است.

شکل ۴ میانگین و انحراف معیار ماهانه دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده ایستگاه آباده را در دوره پایه ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در غالب ماه‌ها مقدار میانگین ماهانه



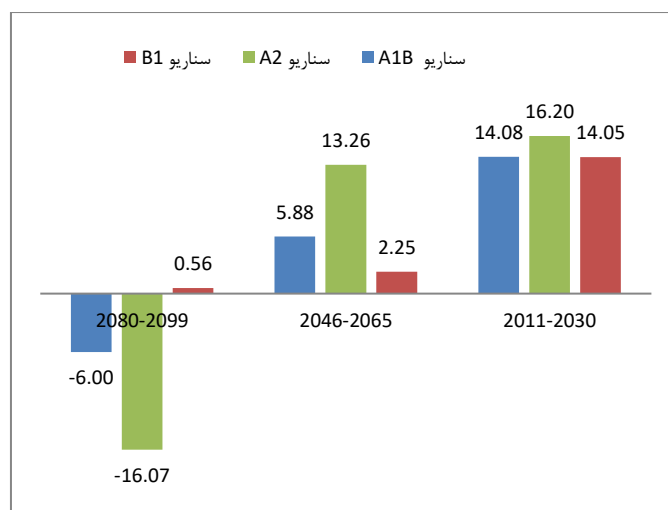
شکل ۴- مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده ایستگاه آباده در دوره پایه
Figure 4- Comparison of simulated and observed maximum temperature mean and variance of Abadeh in base period

میانگین ماهیانه بارش ایستگاه آباده را در سه سناریوی آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ مقادیر بارش تحت هر ۳ سناریو افزایش

پس از ارزیابی مدل LARS-WG پارامترهای اقلیمی مورد بررسی با استفاده از سه سناریوی B1، A1B و A2 برای سه دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰، ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ تولید شدند. شکل ۵ درصد تغییرات

در دیده می‌شود. در بازه زمانی ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ مقدار بارش تحت سناریوی B1 افزایش و در دو سناریوی دیگر کاهش نشان می‌دهد. درصد کاهش بارش در سناریوی A2 بسیار بیشتر از A1B است.

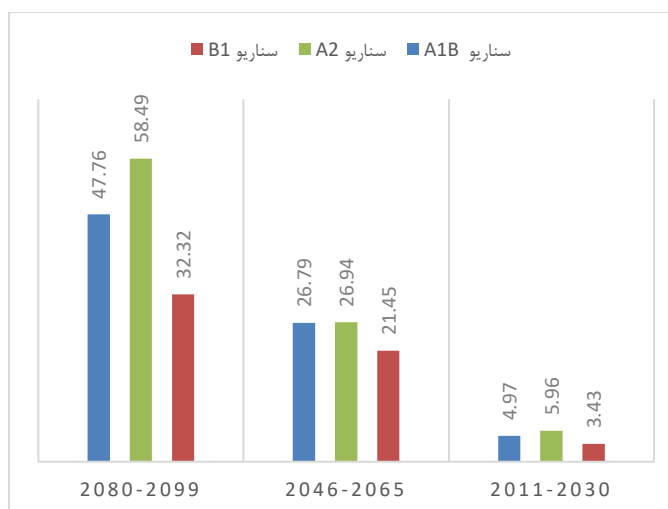
نشان می‌دهد که میزان افزایش به ترتیب در سناریوهای A2، A1B و B1 مشاهده می‌شود. در بازه زمانی ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ نیز مقادیر بارش تحت هر سه سناریو به همان ترتیب قبل افزایش نشان می‌دهد، ولی اختلاف بیشتری در میزان افزایش بارش در سناریوها



شکل ۵- تغییرات میانگین ماهیانه بارش ایستگاه آباده در سه سناریوی آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه (%).
Figure 5-Variation of Abadeh monthly precipitation, in three future scenarios, in comparison with base period (%)

خواهد بود که میزان افزایش به ترتیب در سناریوهای A2، A1B و B1 مشاهده می‌شود و درصد افزایش با گذشت زمان بیشتر می‌شود.

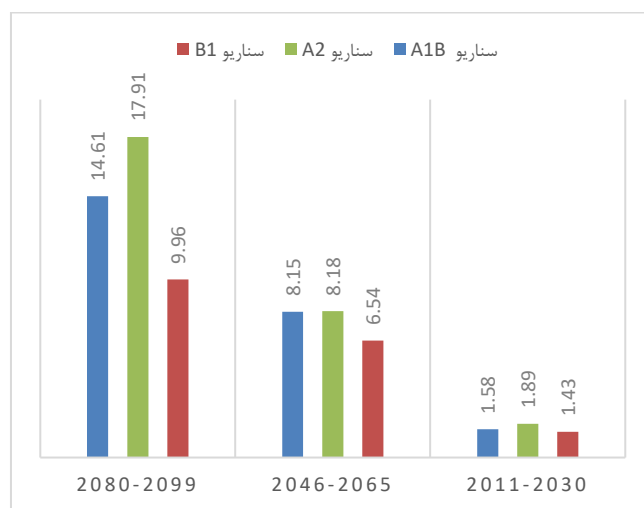
شکل ۶ درصد تغییرات میانگین دمای حداقل ایستگاه آباده را در سه سناریوی آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر ۳ بازه زمانی حداقل دمای افزایش مواجه



شکل ۶- درصد تغییرات میانگین دمای حداقل ایستگاه آباده در سه سناریوی آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه (%).
Figure 6- Variation of Abadeh minimum temperature, in three future scenarios, in comparison with base period (%)

مواجه خواهد بود. میزان افزایش به ترتیب در سناریوهای A2، A1B و B1 مشاهده می‌شود و درصد افزایش از بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ به ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ افزایش می‌یابد.

شکل ۷ درصد تغییرات میانگین دمای حداکثر ایستگاه آباده را در سه سناریوی آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود روند تغییرات آتی دمای حداکثر مشابه با دمای حداقل است، به طوری که در هر ۳ بازه زمانی با افزایش



شکل ۷- تغییرات میانگین دمای حداکثر ایستگاه آباده در سه سناریو آتی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه (%).

Figure 7- Variation of Abadeh maximum temperature, in three future scenarios, in comparison with base period (%)

بارش (۰/۷۱۵)، گویای دقت پایین‌تر مقادیر پیش‌بینی‌شده است. مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده ایستگاه آباده نشان داد که در ماه‌های مارس، آوریل، آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر مقدار میانگین ماهانه بارش شبیه‌سازی‌شده از بارش مشاهداتی بیشتر است. مقدار میانگین انحراف معیار بارش شبیه‌سازی‌شده نیز در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل، آگوست و سپتامبر از مشاهداتی بیشتر است. مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده نشان داد که در غالب ماه‌ها مقدار میانگین ماهانه دمای حداقل شبیه‌سازی‌شده با مقادیر مشاهداتی تقریباً برابر است. مقدار میانگین انحراف معیار دمای حداقل شبیه‌سازی‌شده نیز در کلیه ماه‌ها از مقدار مشاهداتی کمتر است. روند فوق برای دمای حداکثر نیز مشاهده

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش با شبیه‌سازی اقلیم توسط مدل HADCM3 و ریزمقیاس سازی توسط LARS-WG در دوره پایه (۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷) ایستگاه آباده بررسی گردید. معیارهای ارزیابی مدل‌سازی بیانگر دقت قابل‌قبول مدل در ریزمقیاس سازی پارامترهای مذکور بود، که با نتایج Hashmi و همکاران (2011)، Chisanga و همکاران (2017)، Farhadi Bansouleh و همکاران (2017)، Chisanga و همکاران (2017) و Goudarzi و همکاران (2015) همخوانی دارد. بیشترین خطا مربوط به مدل‌سازی بارش است که با نتایج Panahi و Khorramabadi (2019) همخوانی دارد و پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر و ضریب تعیین با دقت بالاتری مدل‌سازی شده‌اند. مقدار ضریب تعیین

در سناریوهای A2، A1B و B1 مشاهده می‌شود. درصد افزایش با گذشت زمان افزایش می‌یابد. روند تغییرات آبی دمای حداکثر نیز مشابه با دمای حداقل است. نتایج تحقیقات Babaeian و همکاران (2010)، Kounani و همکاران (2021)، Darvand و همکاران (2021) و Heshmati و همکاران (2021) نیز مؤید افزایش دما در مناطق مختلف کشور است.

با استفاده از مدل بارش، حداقل و حداکثر دمای منطقه برای هفتادسال آینده پیش‌بینی گردید. نتایج حاصل از سناریوهای مختلف حاکی از افزایش دما در تمام ماه‌ها و فصل‌های سال در کلیه بازه‌های زمانی، افزایش بارش در بازه‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ در کلیه سناریوها و کاهش بارش در غالب سناریوها در بازه ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ است که وقوع تغییر اقلیم را در منطقه آباده تأیید می‌کند. افزایش تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان و کاهش ذخایر منابع آب از پیامدهای تغییر اقلیم است که نیازمند دورنگری و برنامه‌ریزی جهت جلوگیری از افزایش مشکلات درزمینه آب، کشاورزی و محیط‌زیست است. بر همین اساس بررسی تغییر اقلیم در سایر ایستگاه‌های استان به‌منظور آمادگی برای برنامه‌ریزی جامع پیشنهاد می‌گردد.

شد. پس از ارزیابی مدل LARS-WG پارامترهای اقلیمی روزانه با استفاده از سه سناریوی A1B، B1 و A2 برای سه دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰، ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ تولید شدند. بررسی درصد تغییرات میانگین ماهیانه بارش ایستگاه در سه سناریوی آبی، در سه بازه زمانی، نسبت به دوره پایه نشان داد که در بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ مقادیر بارش تحت هر ۳ سناریو افزایش نشان می‌دهد. این میزان به ترتیب در سناریوهای A2، A1B و B1 مشاهده می‌شود. در بازه زمانی ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ نیز مقادیر بارش تحت هر سه سناریو به همان ترتیب قبل افزایش نشان می‌دهد، ولی اختلاف بیشتری در میزان افزایش بارش در سناریوهای مختلف دیده می‌شود. در بازه زمانی ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ مقدار بارش تحت سناریوی B1 افزایش و در دو سناریوی دیگر کاهش نشان می‌دهد. درصد کاهش بارش در سناریوی A2 بسیار بیشتر از A1B است. تحقیقات Ildoromi و همکاران (2016) و Heshmati و همکاران (2021) نیز مؤید تغییر الگوی بارش در آینده و پژوهش Jahangir و همکاران (2020) نشان از کاهش بارش در برخی از نقاط و افزایش بارش در مناطق دیگر شیراز بود.

بررسی درصد تغییرات میانگین دمای حداقل در سه سناریوی آبی نشان داد که در هر ۳ بازه زمانی دمای حداقل با افزایش مواجه خواهد بود. این میزان به ترتیب

References

- Ahmed, K., Sachindra, D.A., Shahid, Sh., Demiral, M.C. & Chung, E.S. (2019). Selection of multi-model ensemble of general circulation models for the simulation of precipitation and maximum and minimum temperature based on spatial assessment metrics, *Hydrology and Earth System Sciences*, 23, 4803-4824.
- Babaeian, E., Nagafineik, Z., Zabolabasi, F., Habeibe, M., Adab, H. & Malbisei, Sh. (2010). Climate Change Assessment over Iran During 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO-G Model, *Geography and Development*, 7(16), 135-152. (In Persian).
- Chisanga, Ch.B., Phiri, E. & Chinene, V.R.N. (2017). Statistical Downscaling of Precipitation and Temperature Using Long Ashton Research Station Weather Generator in Zambia: A Case of Mount Makulu Agriculture Research Station. *American J of Climate Change*, 2017, 6, 487-512.
- Darvand, S., Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H. & Khosravi, H. (2021). Prediction of the change trend of temperature and rainfall in the future period and its impact on desertification. *Water and Soil Management and Modeling*, 1(1), 53-66.
- Farhadi Bansouleh, B., Asadi, A. & Hafezparast Mavadat, M. (2017). Changes in potential

- evapotranspiration of maize and barley under climate change situation in Kermanshah Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(3), 185-202. (In Persian).
- Fraraj Zadeh, M. & Ghasemifar, A. (2019). *Climate Change and its Impacts*. Entekhab Pub. (In Persian).
- Fraraj Zadeh, M., Madani Larijani, K., Massah Bavani, A. & Davtalab, R. (2014). Climate change effects on reliability of water delivery in downstream of Karkheh river basin and its adaptation strategies. *Water and Soil Resources Conservation*, 3(3), 49-63. (In Persian).
- Ghafouri, M.R. (2009). *Assessment of fuzzy and conceptual methods in river runoff modeling*. M.S. Thesis. Faculty of Earth Science, Shahroud University. (In Persian).
- Goudarzi, M., Khosravanian, M. & Hejazi, S.A. (2015). Prediction of Climatic Parameters Using LARS-WG Model in Qare-su. *Geographic Space*, 51, 263-279. (In Persian).
- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y. & Melville, B.W. (2011). Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25: 475-484.
- Heshmati, S. & Ramezani Etedali, H. (2021). Drought Forecasting for Future Periods Using LARS-WG Model: The Case Study of Kermanshah City. *Town and Country Planning*, 13(2), 647-669. (In Persian).
- Ildoromi A, Nouri H. & Karami M. (2016). The Study of Drought and Climate Change in Period Future by Using General Circulation Atmosphere Model Case study: Gorgan roud - Ghrasou - IRAN. *Arid Regions Geographic Studies 2016*; 7(26), 124-111. (In Persian).
- IPCC, (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Geneva: IPCC. ISBN 2-9169-122-4.
- IPCC, (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- National strategic plan on climate change*, (2017). Human Environmental Assistance, Environmental Protection Organization, Hack Pub. (In Persian).
- Jahangir, M. H., Jahanpanah, M & Abolghasemi, M. (2020). Drought Forecasting for Future Periods Using LARS-WG Model (Case Study: Shiraz Station). *Environment and Water Engineering*, 6(1), 69-82. (In Persian).
- Kounani, Z., Ildoromi, A., zenivand, H. & Nouri, H. (2021). Impact of climate change on runoff of Silakhor-Rahimabad Basin in Lorestan, *Hydrogeomorphology*, 7(25), 1-17. (In Persian).
- Mirgol, B., Nazari, M., Ramezani Etedali, H. & Zamanian, K. (2021). Past and future drought trends, duration, and frequency in the semi-arid Urmia Lake Basin under a changing climate. *Meteorological Applications*, 28(4), 1-19.
- Panahi, A. & Khorramabadi, F. (2019). Evaluation of CSIRO and LARS WG data accuracy in simulation of climatic variables of East Azerbaijan province. *Climate Changes and Climate Disasters*, 15(2), 139-163. (In Persian).
- Qian, B., Gameda, S., Hayhoe, H., Jong, R.D. & Bootsma., A. (2004). Comparison of LARS-WG and AAFC-WG stochastic weather generators for diverse Canadian climates. *Climate Research*, 26: 175-191.
- Zohrevandi, H, Khorshid Dost, A. M. & Sari Saraf, B. (2020). Prediction of Climate Change in Western of Iran using Downscaling of HadCM3 Model under Different Scenarios. *J. Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7 (1). 49-64. (In Persian).



Investigating the effect of climate change on urban flooding and reducing vulnerability using low-impact development (LID) practices

Hossein Hosseinzade Kuhi*

M.Sc. Graduated, Department of Water resources, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding Author: hosseinzade96@ut.ac.ir

(Received: 12 May 2023

Revised: 07 June 2023

Accepted: 22 June 2023)

Extended Abstract

Introduction: Today, climate change and the subsequent alteration in precipitation patterns have caused floods, which have overshadowed urban management. The financial and human losses caused by urban floods have significantly increased, and there are no signs of their reduction. Urban flooding occurs when the amount of precipitation exceeds the capacity of the drainage channel network, which lacks sufficient capacity. Two main factors contribute to the exacerbation of damage caused by urban floods. The first factor is population growth and the expansion of urbanization. The second factor is heavy rainfall caused by climate change, which plays an essential role in intensifying and accelerating the hydrological cycle, potentially altering the amount and frequency of precipitation. This factor impacts the probability of flooding, runoff volume, and peak flow. It is particularly pronounced in arid and semi-arid areas where rainfall is typically brief but intense. One critical urban infrastructure is the runoff collection network, which is subject to increased wear and tear due to the growth of impervious surfaces. Changes in rainfall patterns resulting from climate change have amplified the occurrence of urban floods, which makes essential the use of new approaches such as low-impact developments (LIDs).

Materials and methods: In this research, the runoff collection network of district 10 of Tehran Municipality was simulated, and its performance was evaluated under current and future conditions. This district is located in the relatively dense fabric of Tehran metropolis, has a population of 327,000 people, and covers an area of 807 hectares. The simulation and evaluation of the runoff collection network's performance, using the vulnerability and reliability indices, necessitate a precise model with detailed information. To accomplish this, SWMM version 5.1 software was used for simulating the runoff collection network. The study area was divided into 285 sub-catchments to allow for more detailed simulation of the sub-channels. Information such as slope, area, and the percentage of impervious space was incorporated into the catchment data using ArcMap software version 10.3.1. The sub-catchment width parameter was calculated by dividing the sub-catchment area by its greatest length, employing Q-GIS software, and then applied to the sub-catchments. The LARS-WG model was also employed to generate the micro-scale output of climate models exponentially. To simulate the network under current conditions, historical precipitation data from Mehrabad synoptic station was used. For simulating future conditions, precipitation data from the climate models presented in the sixth climate change report were employed. Among the climate model predictions, the scenario with the highest projected rainfall was chosen as the pessimistic scenario. Subsequently, low-impact development tools (LIDs) were employed to enhance the network's performance against climate change. Specifically, swale and permeable pavement, which are recognized as two of the most common and efficient LIDs, were selected and implemented under three different scenarios.

Results and Discussion: The runoff collection network of district 10 in Tehran municipality was simulated under current and future conditions using the SWMM hydraulic model. Initially, the SWMM simulation model was applied to the current rainfall conditions, considering various return periods. The results indicated that the total runoff volume for the 2, 5, and 10-year return periods was 45.9, 51.14, and 59.7 thousand cubic meters, respectively. This increase in runoff volume led to an increase in vulnerability from 10.4 to 12.2 percent and a decrease in reliability from 97.5 to 95.8 percent. In the second stage, the runoff collection network was simulated under future conditions using climate change data from the SWMM model. Previous studies' findings were used to determine the most suitable climate model for the sixth climate change report. The top 5 climate models were identified, and the model with the highest precipitation was selected as the



pessimistic scenario. The simulation results for the network under future conditions revealed an increase in runoff volume, reaching 64.04 and 72.18 thousand cubic meters for the 5 and 10-year return periods, respectively. Consequently, the vulnerability index increased to 12.7 and 13.9 percent for the 5 and 10-year return periods, respectively. Meanwhile, the reliability index stood at 95.3 and 94.3 percent during the same return periods. Then, two low-impact development tools of swale and permeable pavement were selected to improve the network performance and were introduced to the pseudo-model under three scenarios. The results showed that after the use of LIDs, the total runoff volume decreased by an average of 10.5% in the first scenario, an average of 17% in the second scenario, and an average of 21% in the third scenario. This reduction in water flow volume caused the vulnerability index to decrease by 8.3% and the reliability index to increase by 98.9%.

Conclusion: In this research, the stormwater collection network of district 10 of Tehran Municipality was simulated using the SWMM software under current and future conditions. The network simulation under current conditions was based on the precipitation data from Mehrabad synoptic station, while the simulation under future conditions used precipitation data from climate model outputs of the sixth climate change report. After simulating both scenarios, the performance of the network was evaluated. The simulation results indicated that as the return period increased, the vulnerability index increased, while the reliability index decreased. The impact of LIDs on the network was further investigated through a re-simulation with LIDs incorporated under three scenarios. The results showed that the implementation of LIDs improved the network's performance, leading to a reduction in vulnerability and an increase in reliability. Furthermore, the results demonstrated that LIDs had better efficiency in improving the performance of the stormwater collection network under lower return periods. It is recommended that future studies use optimization methods to better implement these LID tools, aiming to reduce costs and enhance their effectiveness.

Keywords: CMIP6, Drainage system, LID, Reliability index, urban flood

Citation: Hosseinzade Kuhi, H. (2023). Investigating the effect of climate change on urban flooding and reducing vulnerability using low-impact development (LID) practices. *Integrated Watershed Management*, 3(2), 30- 46. doi: 10.22034/iwm.2023.2002072.1077

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب‌پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر

حسین حسین‌زاده کوهی*

دانش‌آموخته گروه منابع آب، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: hosseinzade96@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۲

چکیده

امروزه تغییرات اقلیمی با تغییر الگوی بارشی، افزایش رخداد سیلاب شهری را به دنبال داشته است. شبکه جمع‌آوری رواناب شهری به‌عنوان زیرساخت اصلی کنترل و دفع سیلاب نیازمند پایش مستمر وضع موجود و پیش‌بینی شرایط آتی است. ابزارهای توسعه کم اثر (LIDs) به‌عنوان راهکاری نوین به همین منظور شناخته می‌شود. در این پژوهش شبکه جمع‌آوری رواناب منطقه ۱۰ شهرداری تهران با استفاده از نرم‌افزار SWMM در شرایط موجود و آتی شبیه‌سازی شد. از داده‌های بارشی ایستگاه سینوپتیک مهرآباد تحت دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال جهت اطلاعات بارشی وضع موجود استفاده شده است. ۵ مدل از مدل‌های اقلیمی گزارش ششم که بیش‌ترین قرابت را با داده‌های تاریخی مهرآباد داشتند، بسط داده شدند و بدینانه‌ترین سناریو به‌عنوان اطلاعات بارشی شرایط آتی استفاده شد. سپس عملکرد شبکه با استفاده از شاخص‌های آسیب‌پذیری و اطمینان‌پذیری بررسی شد. نتایج شبیه‌سازی در وضع موجود نشان داد که با افزایش دوره بازگشت از ۲ تا ۱۰ سال، آسیب‌پذیری از ۱۰/۴ تا ۱۲/۲ درصد افزایش یافته و اطمینان‌پذیری از ۹۷/۵ تا ۹۵/۸ درصد کاهش یافته است. در شبیه‌سازی شرایط آتی نیز شاخص آسیب‌پذیری در دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال، ۱۲/۷ و ۱۳/۹ درصد و شاخص اطمینان‌پذیری نیز ۹۵/۳ و ۹۴/۳ به دست آمد. سپس دو ابزار توسعه کم اثر جوی باغچه و روسازی نفوذپذیر جهت بهبود عملکرد شبکه انتخاب و تحت سه سناریو به مدل شبه ساز معرفی شد. نتایج نشان داد که پس از به‌کارگیری LIDs حجم رواناب کل کاهش یافته به‌طوری‌که در سناریو اول میانگین ۱۰/۵ درصد، در سناریو دوم میانگین ۱۷ درصد و در سناریو سوم میانگین ۲۱ درصد از حجم رواناب کل کاسته شده است. این کاهش حجم رواناب موجب کاهش آسیب‌پذیری تا ۸/۳ درصد و افزایش اطمینان‌پذیری تا ۹۸/۹ درصد شده است. این پژوهش نشان داد که ابزارهای توسعه کم اثر، راهکاری مؤثر جهت رفع مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیم است.

واژه‌های کلیدی: ابزارهای توسعه کم اثر (LID)، سیلاب شهری، شاخص اطمینان‌پذیری، شبکه جمع‌آوری رواناب، گزارش ششم تغییرات اقلیمی

استناد: حسین‌زاده کوهی، ح. (۱۴۰۲). بررسی اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و کاهش آسیب‌پذیری با بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۳(۲)، ۳۰-۴۶.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

جوامع بشری از گذشته تا به امروز همواره به‌منظور جمع‌آوری و دفع رواناب به خارج از محل سکونت، تأسیساتی را به کار گرفته‌اند (Chocat *et al.*, 2007). در سال‌های اخیر، سیلاب‌ها در شهرها به‌شدت رایج و ویرانگرتر شده‌اند. شهرنشینی سریع و بدون برنامه‌ریزی، تغییرات آب‌وهوایی، رشد جمعیت و عدم وجود سامانه‌های زهکشی مناسب ممکن است دلیل شایع شدن سیلاب‌ها باشند (Neupane *et al.*, 2021). با توجه به پیشرفت‌های صورت گرفته، دغدغه طراحی یک سیستم جمع‌آوری آب سطحی کارآمد و مطمئن با در نظر گرفتن پیامدهای ناشی از تغییرات اقلیمی همچنان وجود دارد، زیرا این پدیده می‌تواند موجب افزایش فراوانی وقوع و شدت سیلاب‌های شهری شود (Zhou *et al.*, 2019). با توجه به توسعه شهری و کاهش سطوح نفوذپذیر، حجم بالایی از بارش به رواناب تبدیل شده که به همراه تغییر مقدار و شدت بارش ناشی از تغییر اقلیم می‌تواند عملکرد شبکه جمع‌آوری آب سطحی را تحت‌الشعاع قرار دهد (Binesh *et al.*, 2020; Ghodsi *et al.*, 2019). سیلاب شهری از کمبود ظرفیت شبکه جمع‌آوری رواناب نشئت گرفته و زمانی رخ می‌دهد که میزان بارش از توانایی یا ظرفیت شبکه بیش‌تر شود (Tasca *et al.*, 2018). دو عامل اصلی در تشدید آسیب ناشی از سیلاب شهری وجود دارد، اول رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی که با توجه به فعالیت‌های انسانی در چرخه هیدرولوژیکی، فرآیند نفوذ را تضعیف کرده و حجم رواناب ناشی از بارش را افزایش می‌دهد (Silva *et al.*, 2014; Movahedinia *et al.*, 2019). دومین عامل، بارندگی شدید ناشی از تغییرات اقلیمی است که در تشدید و تسریع چرخه هیدرولوژیکی نقش مهمی دارد و می‌تواند میزان فراوانی بارش را تغییر دهد (Dong *et al.*, 2017). این

عامل بیش‌تر در مناطق خشک و نیمه‌خشک، جایی که بارندگی معمولاً برای مدت کوتاه اما با شدت بالا رخ می‌دهد، تأثیرگذار است و بر احتمال وقوع سیلاب، حجم رواناب و دبی اوج تأثیر می‌گذارد (Al-Zahrani *et al.*, 2017). تغییرات اقلیمی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر الگوی بارش‌ها و به‌طور مستقیم بر روی وقوع سیلاب شهری داشته باشد. به‌عنوان مثال، تحقیقات نشان می‌دهد در مناطقی که بارندگی معمولاً برای مدت کوتاه و با شدت بالا رخ می‌دهد، تأثیر تغییرات اقلیمی بر روی الگوی بارشی و وقوع سیلاب شهری بیش‌تر مشهود است (Al-Zahrani *et al.*, 2017)؛ بنابراین، بررسی و مدیریت بهینه سیلاب شهری به‌طور کلی، به‌عنوان یک استراتژی پیشگیری در برابر تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر الگوی بارشی، ضروری است (Santiago *et al.*, 2021). ابزارهای توسعه کم اثر یا LID، به‌عنوان یکی از راهکارهای اصلی برای کاهش خطرات سیلاب شهری شناخته می‌شوند. این ابزارها شامل سیستم‌های جمع‌آوری و استفاده مجدد آب باران، سیستم‌های غربالگری و نفوذ آب، باغچه‌های بارانی، سقف‌های سبز و سطوح نفوذپذیر می‌شوند. این ابزارها با افزایش نفوذپذیری سطح شهر و جمع‌آوری آب باران، میزان رواناب واردشده به شبکه آب شهری را کاهش داده و در نتیجه خطر سیلاب شهری را کاهش می‌دهند. مزایای اقتصادی و محیط زیستی، تغذیه منابع آب زیرزمینی، کاهش حجم رواناب سطحی، کاهش سرعت جریان رواناب، کاهش خطر سیلاب و زیباسازی شهری از جمله مزایای به‌کارگیری LID ها به شمار می‌روند. در ادامه به چند پژوهش مرتبط با شبیه‌سازی SWMM، عملکرد شبکه و به‌کارگیری LID اشاره می‌شود. Khalighi Sigarodi و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی کارآمدی مدل SWMM در شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری رواناب را تحت سه رویداد بارش مورد

حجم رواناب، دبی اوج و بار آلودگی‌های غیر نقطه‌ای را به ترتیب به میزان ۸۰-۴۵ درصد، ۳۹-۶۰ درصد و ۸۲-۳۱ درصد در دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال کاهش دهد. ایشان هم‌چنین با تحلیل سناریو نشان دادند که عملکرد کمی LID ها تحت هر سه سناریو (RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5) با افزایش دوره بازگشت روند کاهشی داشته است درحالی‌که عملکرد کیفی این ابزارها دارای نوسان بوده و روند مشخصی ندارد. Lee و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی تأثیر استفاده از LID در کنترل رواناب تحت شرایط تغییرات اقلیمی پرداختند. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های اقلیمی گزارش پنجم تغییر اقلیم و هم‌چنین مدل SWMM جهت شبیه‌سازی رواناب در دو حالت با و بدون استفاده از LID بهره گرفته شد. نتایج نشان داد که استفاده از ابزارهای توسعه کم اثر در شرایط تغییر اقلیم می‌تواند ۳۰ درصد حجم رواناب را نسبت به حالت عدم استفاده از آن‌ها کاهش دهد. در مطالعه دیگری Jazaeri و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر روش‌های توسعه کم اثر (LIDs) بر کاهش حجم رواناب پرداختند. در این مطالعه شبکه جمع‌آوری رواناب به کمک مدل SWMM شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت ۱۰ سال، در روش شبکه باران (سناریوی اول) ۲۲ درصد، در روش شبکه باران (سناریوی دوم) ۳۱ درصد، در روش ترانسه نفوذ ۲۹ درصد و در روش ترکیبی ۵۰ درصد کاهش داشته است. هم‌چنین ترانسه نفوذ به‌عنوان اقتصادی‌ترین روش مورد مطالعه در منطقه شناسایی شد.

در این پژوهش اثر تغییر اقلیم بر بارش‌های آتی منطقه مورد مطالعه و عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب تحت این شرایط بررسی و با وضع فعلی شبکه مقایسه شده است. هدف از این تحقیق، بررسی کاهش آسیب‌پذیری شبکه با به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر به‌عنوان یکی از راهکارهای نوین و کارآمد است. جهت پیش‌بینی

ارزیابی قراردادند. در این مطالعه رواناب مشاهداتی در خروجی حوضه‌ای در شهر مشهد با رواناب شبیه‌سازی‌شده توسط مدل، مقایسه گردیده و ضرایب NS^۱ مربوط به سه رویداد بررسی‌شده به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۸۵ و ۰/۵۲ به‌دست‌آمده است که نشان از توانایی بالای مدل در شبیه‌سازی رواناب در منطقه مورد مطالعه دارد. در مطالعه Ivanović و همکاران (۲۰۱۸) از مدل SWMM برای تحلیل شبیه‌سازی سیلاب استفاده شده و با بررسی الگوی بارشی شهر تورنتو در کانادا، نشان داده شده است که استفاده از LID می‌تواند باعث کاهش حدود ۳۰ درصدی حجم رواناب و کاهش شدید خطر سیلاب شهری شود. در پژوهشی Abdi و همکاران (۲۰۱۹) آسیب‌پذیری، تاب‌آوری و ریسک فضایی شهر ساری در مقیاس بلوک شهری در برابر سیلاب را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه نخست شاخص‌های آسیب‌پذیری و تاب‌آوری محاسبه شد؛ سپس با استفاده از مدل‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره توزیع فضایی آن‌ها به‌دست‌آمده است. نتایج نشان داد که بلوک‌های شهری در جنوب شهر ساری بیش‌ترین ریسک‌پذیری نسبت به سیلاب را دارند. در مطالعه‌ای که توسط Taqizadeh و همکاران (۲۰۲۰) صورت گرفته است، اثر به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر بر بهبود کمیت رواناب سطحی منطقه ۲۲ شهر تهران بررسی شده است. شبکه جمع‌آوری رواناب این منطقه با استفاده از نرم‌افزار SWMM و تحت ۴ سناریو به‌کارگیری LIDs شبیه‌سازی شد. نتایج نشان داد که مخازن نگهداشت زیستی نسبت به ترانسه‌های نفوذ و روسازی‌های نفوذپذیر، توانایی بیش‌تری در کاهش دبی پیک دارد. هم‌چنین با افزایش دوره بازگشت از تأثیر به‌کارگیری LIDs کاسته می‌شود. Yang و همکاران (۲۰۲۲) LID را به‌عنوان یکی از راهکارهای کاهش اثرات سوء تغییرات اقلیمی بررسی کردند. نتایج نشان داد که جانمایی LID ها در منطقه مورد مطالعه می‌تواند

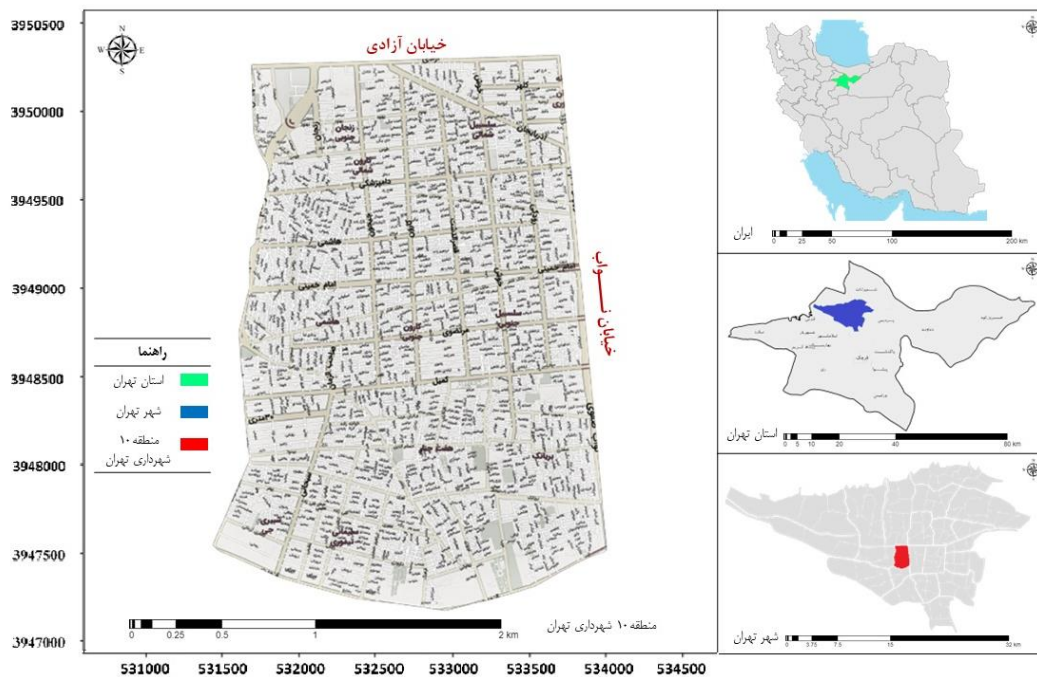
(Mousavi Janbehsarayi *et al.*, 2023). تراکم جمعیت و کمبود فضای سبز در منطقه ۱۰، خطر سیلاب را دوچندان کرده است و به‌علاوه، تغییرات اقلیمی نیز با تغییر الگوی بارشی موجب اختلال در عملکرد سامانه جمع‌آوری آب سطحی شده است. دو مسیل سرپوشیده فیروزآبادی و کمیل، اصلی‌ترین کانال‌های دفع رواناب در منطقه مورد مطالعه هستند. منطقه ۱۰ از سمت شرق به خیابان نواب و از سمت شمال به خیابان آزادی محدود شده و وجود کانال‌های اصلی در این دو خیابان باعث شده تا رواناب حاصل از بارش در حوضه‌های بالادست، وارد منطقه نشود ولی همچنان در برخی کانال‌های فرعی و اصلی طی بارش‌های نه‌چندان قوی، آب‌گرفتگی مشاهده می‌شود. از این‌رو منطقه ۱۰ شهر تهران می‌تواند گزینه خوبی جهت بررسی عملکرد شبکه و به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر به جهت بهبود عملکرد سامانه باشد. موقعیت استانی و کشوری منطقه ده شهرداری تهران در شکل ۱ ارائه شده است.

بارش آبی نیز از جدیدترین گزارش اقلیمی یعنی گزارش ششم تغییر اقلیم استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش منطقه ۱۰ شهرداری تهران به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است. این منطقه با جمعیتی حدود ۳۲۷ هزار نفر در محدوده مرکزی شهر تهران قرار دارد و مساحت آن ۸۰۷ هکتار است. بیش‌ترین بخش از این منطقه (۵۷ درصد) به مناطق مسکونی اختصاص داده شده و بخشی کوچک‌تر (۲۵ درصد) به معابر اختصاص دارد و ۱۸ درصد باقیمانده نیز از فضاهای سبز و دیگر کاربری‌ها تشکیل شده است. ایستگاه سینوپتیک مهرآباد نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه است و در فاصله ۲ کیلومتری غرب این منطقه قرار دارد. مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۵/۴۱ درجه عرض شمالی و ۵۱/۱۹ درجه طول شرقی است. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا ۱۱۹/۰۸ متر و میانگین بارش سالانه ۲۳۲/۷ میلی‌متر است.



شکل ۱- موقعیت کشوری و استانی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- National and provincial location of the study area

مدل‌ها و سناریوهای اقلیمی

گزارش ششم تغییرات اقلیمی (CMIP6)^۱ یک همکاری جهانی بین دانشمندان اقلیمی در راستای ارتقا درک درست از تغییرات اقلیمی است. این پروژه شامل توسعه و مقایسه مدل‌های کامپیوتری پیشرفته است که شرایط آینده‌ی اقلیم را شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها عواملی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای، جریانات اقیانوسی و سایر عوامل تأثیرگذار را در بر گرفته و پیش‌بینی می‌کنند که چگونه تغییر اقلیم اتفاق می‌افتد. CMIP6 در واقع تکمیل‌کننده گزارش‌های پیشین تغییر اقلیم بوده و هدف از آن افزایش دقت مدل‌های اقلیمی به واسطه بهبود فرآیندهای کلیدی و کاهش ابهامات است. همچنین، این گزارش سناریوهای مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای را ارزیابی کرده و اثربخشی استراتژی‌های کاهش و سازگاری را بررسی می‌کند (Eyring et al., 2016; Stouffer et al., 2017). ششمین گزارش تغییر اقلیم با استفاده از ترکیب سناریوهای RCP و SSP، روال تغییرات اقلیمی را بررسی می‌کند. به‌طور دقیق‌تر، در این گزارش، سعی شده است که علاوه بر توصیف و پیش‌بینی اقلیم‌های مختلف آینده، توسعه اقتصادی و اجتماعی مختلف نیز در نظر گرفته شود (Riahi et al., 2017).

در پژوهش‌هایی که به پیش‌بینی بارش در دوره آتی و بهبود دقت مدل‌های شبیه‌سازی اقلیمی می‌پردازند، انتخاب مدل‌های مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا، از نتایج پژوهش Hassani و همکاران (۲۰۲۲) که به بررسی ۲۳ مدل اقلیمی از سری مدل‌های گزارش ششم به‌منظور تعیین بهترین مدل برای پیش‌بینی میانگین بلندمدت بارش در دوره پایه پرداخته است، استفاده شده است. در این پژوهش، پس از ارزیابی عملکرد مدل‌ها در پیش‌بینی بارش در دوره پایه، ۵ مدل اقلیمی که به داده‌های بارشی مهرآباد نزدیک‌تر بودند، انتخاب شدند و از نتایج پیش‌بینی این مدل‌ها در دوره آتی (۲۰۲۱-۲۰۵۰) جهت پایش

تغییرات بارش در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

مدل شبیه‌سازی SWMM

امروزه مدل‌های کامپیوتری بسیاری در خصوص شبیه‌سازی شبکه زهکشی وجود دارد که یکی از مدل‌های کارآمد به همین منظور، مدل هیدرولیکی SWMM بوده که در پژوهش حاضر نیز از نسخه ۵/۱ این نرم‌افزار استفاده شده است. مدل SWMM یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های شبیه‌سازی جاری شبکه‌های جمع‌آوری آب سطحی است. این مدل در ابتدا در سال ۱۹۷۱ توسط آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA)^۲ توسعه یافته و از آن پس به‌طور گسترده‌ای در تحقیقات مربوط به مدیریت آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گرفته است (Rossman, 2010). این مدل با استفاده از ترکیبی از معادلات هیدرولیکی و هیدرولوژیکی، به شبیه‌سازی فرآیندهای پدید آمده در شبکه‌های جمع‌آوری آب سطحی، از جمله جریان آب، تغییر حجم و غلظت آب، فرسایش خاک و... می‌پردازد (McCuen, 2005; Wang et al., 2019). همچنین، این مدل به‌صورت آزاد در دسترس است و به‌عنوان یک ابزار کاربردی برای بررسی تأثیرات تغییرات اقلیمی و بهبود مدیریت آب در حوضه‌های آبریز و سیستم‌های جمع‌آوری آب سطحی در سطح شهری و محلی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Puyravaud et al., 2010).

شبیه‌سازی منطقه مورد مطالعه

در راستای افزایش دقت مدل و بررسی دقیق‌تر عملکرد شبکه، منطقه مورد مطالعه به ۲۸۵ زیرحوضه تقسیم شد تا مدل شبیه‌سازی از جزئیات بالاتری در خصوص کانال‌های درجه ۲ و ۳ برخوردار باشد. در ادامه اطلاعات توپوگرافی این ۲۸۵ زیرحوضه شامل مساحت، تراز ارتفاعی، شیب، درصد فضای نفوذناپذیر و سایر داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار ArcMap به‌عنوان یک لایه‌ی اطلاعاتی به هر زیرحوضه معرفی شد. به کمک نرم‌افزار

1. Climate Model Intercomparison Project

2. U.S. Environmental Protection Agency

جهت ریزمقیاس نمایی داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی گزارش ششم از مدل LARS-WG در این مطالعه استفاده شده است. در پژوهش‌های تغییرات اقلیمی، LARS-WG مدلی کارآمد شناخته می‌شود که می‌توان از آن جهت تولید پارامترهای اقلیمی مثل بارش به صورت روزانه در وضع موجود و شرایط آتی متأثر از تغییرات اقلیمی استفاده نمود.

شاخص آسیب‌پذیری^۱

آسیب‌پذیری به مجموعه‌ای از شکست‌های یک سیستم اشاره دارد که در دوره‌ای مشخص، معمولاً به صورت متوسط شکست‌ها و یا بیش‌ترین نقصان‌ها رخ می‌دهد و احتمال افزایش نقصان در یک یا چندین دوره آتی را نمایان می‌کند (Behzadi et al., 2018). در مطالعه Behzadi و همکاران (۲۰۱۸)، شاخص آسیب‌پذیری بر اساس ارتفاع رواناب موجود در کانال جمع‌آوری نسبت به بیش‌ترین عمق سیلاب در نظر گرفته شده است. بیش‌ترین عمق آب‌گرفتگی بر اساس پژوهشی که توسط Mugume و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده، حدود سه متر تعیین شده است. در این مطالعه نیز از شاخص مذکور به عنوان رابطه (۱) استفاده شده است.

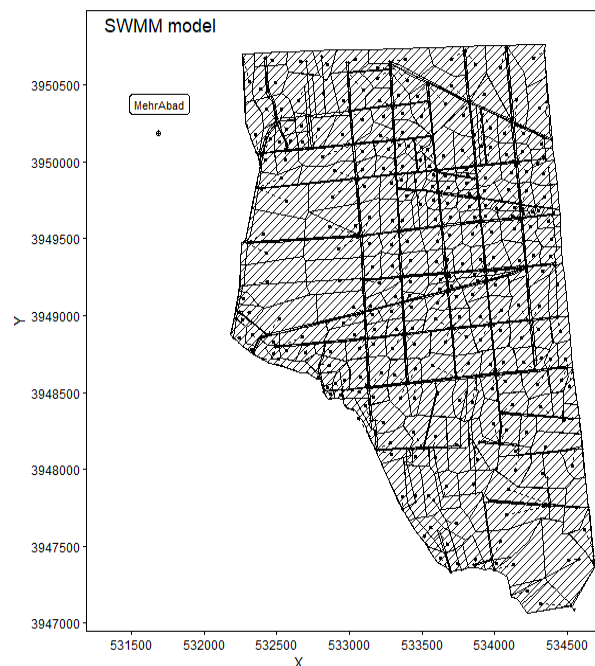
$$Vulnerability\ Index = \frac{H_x}{H_{max}} \quad (1)$$

در این رابطه، H_x ارتفاع رواناب ایجاد شده و H_{max} بیش‌ترین عمق آب‌گرفتگی است. میانه شاخص آسیب‌پذیری کانال‌ها معادل شاخص آسیب‌پذیری کل شبکه جمع‌آوری است (Behzadi et al., 2018).

شاخص اطمینان‌پذیری^۲

شاخص اطمینان‌پذیری یکی از شاخص‌های ارزیابی عملکرد سیستم شناخته می‌شود. شاخص اطمینان‌پذیری به این معناست که سیستم تا چه حد در حالت ایمن و مطمئن و بدون شکست به کار خود ادامه خواهد داد. این شاخص با تقسیم مجموع طول کانال‌هایی که ظرفیت کافی جهت عبور رواناب را دارند،

Q-GIS نیز متغیر عرض زیرحوضه که حاصل تقسیم مساحت به بزرگ‌ترین طول در هر زیرحوضه است، محاسبه شد. دوره‌های بازگشتی که در شبیه‌سازی‌ها صورت می‌گیرد همواره بر مبنای ضوابط و آیین‌نامه‌های موجود در این زمینه است (Mahab Quds., 2011). دوره بازگشت به عوامل مختلفی از جمله الگوی بارشی منطقه، شیب، حوضه بالادست، نوع کانال و سایر پارامترها بستگی دارد. در مطالعات مربوط به این حوزه معمولاً جهت طراحی شبکه‌های اصلی دوره بازگشت ۵۰ تا ۲۰۰ سال و برای شبکه‌های فرعی دوره بازگشت ۲ تا ۱۰ مورد استفاده قرار می‌گیرد (Debo & Reese., 2002). در این مطالعه نیز با توجه به مدل‌سازی هیدرولیکی کانال‌های فرعی، از دوره‌های بازگشت ۲ تا ۱۰ سال استفاده شده است.



شکل ۲- نمایی از شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری آب

سطحی با استفاده از نرم‌افزار SWMM

Figure 2- View of the surface water collection network simulation using SWMM software

در شکل ۲ نمایی از شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری در محیط نرم‌افزار SWMM ارائه شده است. در ادامه به

است. با توجه به خصوصیات منطقه مورد مطالعه و نیز رواج این دو ابزار توسعه کم اثر، اجرای آن‌ها در منطقه مورد مطالعه از امکان بالاتری برخوردار است.

روسازی نفوذپذیر^۱

روسازی نفوذپذیر نوع خاصی از روسازی است که شباهت زیادی به روسازی معمول داشته با این تفاوت که منافذی جهت عبور رواناب در آن تعبیه شده است. با استفاده از این منافذ، رواناب حاصل از بارش جمع‌آوری شده و انتقال می‌یابد (Hassani, 2023).

جوی باغچه^۲

جوی باغچه‌ها، کانال‌هایی عریض و خاکی هستند که برای جلوگیری از فرسایش خاک و مقابله با سیل، در کف و دیواره‌هایشان علف کاری شده‌اند. شیب کم این تأسیسات باعث افزایش نفوذپذیری آن‌ها می‌شود و بخش زیادی از آلودگی‌های رواناب در این تأسیسات زوده می‌شود (Dayarian, 2015). هدف اصلی، کاهش حجم رواناب از طریق نفوذپذیری بالای آن‌ها، کاهش سرعت جریان با استفاده از ضریب زبری بالا به دلیل وجود پوشش گیاهی و افزایش کیفیت رواناب است. به علاوه، اجرای این تأسیسات بهبود زیبایی مناطق شهری را نیز به همراه دارد (Hassani, 2023).

سناریوهای به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر

به جهت ارزیابی دقیق اثرات به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر، ۳ سناریو تعریف شد. به ترتیب در این سناریوها ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مساحت زیرحوضه‌ها به ابزارهای توسعه کم اثر اختصاص یافت. در این پژوهش از روسازی نفوذپذیر و جوی باغچه با نسبت یکسان استفاده شده است. هر دو مدل شبیه‌ساز در وضع موجود و شرایط آبی تحت این سناریوهای اجرا خواهد شد و نتایج حاصل از آن با شرایط بدون جانمایی ابزارهای توسعه کم اثر مقایسه می‌شود.

بر مجموع طول تمام کانال‌های شبکه جمع‌آوری به دست می‌آید (Behzadi et al., 2019) که در رابطه (۲) به نشان داده شده است.

$$Rel\ Index = \frac{L_f}{L} * 100\ % \quad (2)$$

$$0\% \leq Rel\ Index \leq 100\%$$

طول کانال‌هایی که قادر به عبور رواناب هستند با L_f و مجموع طول تمام کانال‌های شبکه جمع‌آوری با L نشان داده شده است.

همواره قسمتی از فضای کانال به‌عنوان عمق آزاد در نظر گرفته می‌شود که مقدار آن بستگی به مواردی چون نوع سیال، جنس کانال، شیب کانال، سرعت و سایر اهداف تحقیق ممکن است تغییر کند (Yoshino et al., 1990). در پژوهش حاضر نیز عمق آزاد ۲۰ درصد مشخص شد و کانال‌هایی که درصد پرشدگی آن‌ها بیش از ۸۰ درصد باشد، به‌عنوان کانال‌های دارای کمبود ظرفیت در نظر گرفته شده است. مقدار شاخص اطمینان‌پذیری بین صفر تا صد درصد را شامل می‌شود. هرچه شاخص به صد درصد نزدیک‌تر باشد شبکه جمع‌آوری از عملکرد بالاتری برخوردار بوده و در مقابل نیز کاهش این شاخص نشانگر پایین آمدن میزان اطمینان و افزایش احتمال شکست در سیستم است (Behzadi et al., 2019).

ابزارهای توسعه کم اثر (LID)

امروزه در طراحی و مدیریت شبکه‌های جمع‌آوری رواناب به‌طور فزاینده‌ای از ابزارهای توسعه کم اثر (LID) استفاده می‌شود. ابزارهای توسعه کم اثر یکی از روش‌های مدیریت رواناب شهری برای حفظ یا بازگرداندن شرایط هیدرولوژیکی طبیعی یک حوضه آبریز به حالت پیش از توسعه‌یافتگی است (Kobarfard et al., 2018). در این پژوهش در راستای بهبود عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب از دو ابزار رایج توسعه کم اثر یعنی روسازی نفوذپذیر و جوی باغچه استفاده شده

نتایج

مدل‌های اقلیمی

با توجه به شرایط آبی و تغییر اقلیم، شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی نیازمند بررسی و انتخاب بهترین مدل‌های اقلیمی است. برای این منظور، پس از بررسی ۵ مدل اقلیمی CMCC-ESM2، MPI-ESM1-2-LR، MPI-ESM1-2-HR، KACE-1-0-G و HADGEM3-GC31-LL که بیش‌ترین قرابت را با داده‌های بارشی دوره پایه داشتند، از مدل LARS-WG جهت تحلیل ریزمقیاس نمایی استفاده شده است. از آنجایی که خروجی‌های مدل LARS-WG بزرگ‌مقیاس به حساب می‌آید، از روش Roozbahani و همکاران (۲۰۲۰) برای کوچک‌مقیاس‌سازی داده‌های

بارشی و تبدیل بارش ۲۴ ساعته به بارش ۶ ساعته استفاده گردید. در این روش، ضریب گسسته‌سازی با نسبت بین داده‌های بارشی ۲۴ و ۶ ساعته در دوره پایه به دست آمد که در این منطقه مورد مطالعه ضریب گسسته‌سازی برابر ۰/۵۷ به دست آمد. لازم به ذکر است که برای برازش توزیع احتمالاتی به داده‌ها، از نرم‌افزار HyfranPlus 2.2 استفاده شده است. با ضرب ضریب گسسته‌سازی در داده‌های بارشی ۲۴ ساعته ۵ مدل اقلیمی منتخب، داده‌های کوچک‌مقیاس ۶ ساعته تحت سناریوهای SSP1-2.6 و SSP5-8.5 به دست آمد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر بارش‌های ۶ و ۲۴ ساعته ایستگاه مهرآباد تحت سناریوهای SSP1-2.6 و SSP5-8.5 (Hassani et al., 2022)

Table 1- The 6 and 24-hour rainfall values of Mehrabad station under the SSP1-2.6 and SSP5-8.5 scenarios (Hassani et al., 2022)

بارش ۶ ساعته (میلی‌متر) 24 hours of rain (mm)		بارش ۲۴ ساعته (میلی‌متر) 6 hours of rain (mm)						مدل اقلیمی Climate model
SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	SSP5-8.5	SSP1-2.6	
10	5	10	5	10	5	10	5	
19.43	17.55	22.34	20.46	34.1	30.8	39.2	35.8	CMCC-ESM2
21.60	19.20	22.97	20.86	37.9	33.7	40.3	36.6	MPI-ESM1-2-LR
22.34	20.57	23.08	21.71	39.2	36.1	40.5	38.1	MPI-ESM1-2-HR
24.39	20.57	23.19	20.06	42.8	36.1	40.7	35.2	KACE-1-0-G
27.45	23.66	26.25	23.06	48.16	41.51	46.07	40.47	HADGEM3-GC31-LL

می‌بایست به‌گونه‌ای باشد که توانایی عبور بیش‌ترین حجم رواناب پیش‌بینی شده را دارا باشد و از آنجایی که بررسی اثرات به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر جزو اهداف اصلی این پژوهش به شمار می‌آید، صرفاً سناریوی بدبینانه به‌عنوان اطلاعات بارشی آبی استفاده شده است.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مدل CMCC-ESM2 تحت سناریو SSP1-2.6 کمترین بارش و مدل HADGEM3-GC31-LL تحت سناریو SSP5-8.5 بیش‌ترین بارش را به خود اختصاص داده‌اند و به ترتیب به‌عنوان سناریو خوش‌بینانه و سناریو بدبینانه انتخاب شدند. شبکه جمع‌آوری رواناب

شبیه‌سازی شبکه قبل از به‌کارگیری LIDs

پس از آماده‌سازی اطلاعات ورودی به مدل شبیه‌ساز SWMM، شبکه زهکشی منطقه ده تهران قبل از به‌کارگیری LIDs در دو مرحله شبیه‌سازی شد. نخست شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری رواناب در وضع موجود با استفاده از داده‌های تاریخی بارش ایستگاه سینوپتیک مهرآباد و دوم شبیه‌سازی شبکه در شرایط آبی با استفاده از داده‌های بارشی بدبینانه‌ترین سناریو از بهترین مدل اقلیمی گزارش ششم که بیشترین قرابت را با داده‌های بارشی دوره پایه داشت، صورت گرفت. نتایج این شبیه‌سازی‌ها نشان داد که حجم رواناب کل در وضع موجود در دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر با $۴۵/۹ \times 10^3$ ، $۵۱/۱۴ \times 10^3$ و $۵۹/۷ \times 10^3$ مترمکعب و حجم رواناب کل در شرایط آبی متأثر از تغییرات اقلیمی، طی دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال برابر با $۶۴/۰۴ \times 10^3$ و $۷۲/۱۸ \times 10^3$ مترمکعب است. این روند افزایش حجم رواناب کل منجر به افزایش آسیب‌پذیری و کاهش اطمینان‌پذیری شبکه

جمع‌آوری شده است به‌طوری‌که شاخص آسیب‌پذیری در وضع موجود طی دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال به ترتیب برابر $۱۰/۴$ ، $۱۱/۱$ و $۱۲/۲$ درصد بوده و در شرایط آبی با دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال تا $۱۲/۷$ و $۱۳/۹$ درصد افزایش یافته است. شاخص اطمینان‌پذیری شبکه نیز به دلیل افزایش حجم رواناب کل، روند نزولی به خود گرفت به‌طوری‌که در وضع موجود و در دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال معادل $۹۷/۵$ ، $۹۶/۷$ و $۹۵/۸$ درصد شده است. در شرایط آبی نیز شاخص اطمینان‌پذیری طی دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال تا $۹۵/۳$ و $۹۴/۳$ درصد کاهش یافت. در جدول ۲ شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب قبل از به‌کارگیری LIDs به نمایش درآمده است. با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که افزایش حجم رواناب باعث شده تا شاخص آسیب‌پذیری شبکه جمع‌آوری رواناب از $۱۰/۴$ درصد تا $۱۲/۷$ درصد افزایش یابد. همچنین شاخص اطمینان‌پذیری نیز طی این روند از $۹۷/۵$ تا $۹۴/۳$ درصد کاهش یافت.

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب قبل از به‌کارگیری LIDs

Table 2- Performance evaluation indicators of runoff collection network before applying LIDs

اطمینان‌پذیری (%) Reliability (%)	آسیب‌پذیری (%) Vulnerability (%)	طول کانال‌های سیلابی (کیلومتر) Length of flood channels (km)	حجم رواناب کل (هزار مترمکعب) Total runoff volume (10^3 m^3)	دوره بازگشت (سال) Return period (year)	
97.5	10.4	1.799	45.9	2	شرایط فعلی
96.7	11.1	2.411	51.14	5	Current conditions
95.8	12.2	3.069	59.7	10	
95.3	12.7	3.412	64.04	5	شرایط آبی
94.3	13.9	4.095	72.18	10	Future conditions

شبیه‌سازی شبکه پس از به‌کارگیری LIDs

پس از اجرا و شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری رواناب در دو وضع فعلی و شرایط آبی و نیز بررسی عملکرد شبکه در هر شبیه‌سازی با استفاده از شاخص‌های

آسیب‌پذیری و اطمینان‌پذیری، ابزارهای توسعه کم اثر در سه سناریوی مختلف به کار گرفته شد. در سناریوهای اول تا سوم به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مساحت زیرحوضه‌ها به جانمایی ابزارهای توسعه کم اثر

مساحت زیرحوضه‌ها به ابزارهای توسعه کم اثر، حجم رواناب کل حدود ۱۷ درصد نسبت به قبل از به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر کاهش پیدا کرد و در سناریوی سوم با اختصاص ۱۵ درصد مساحت زیرحوضه‌ها به ابزارهای توسعه کم اثر، کاهش میانگین ۲۱ درصدی در حجم رواناب کل مشاهده شد. نتایج شبیه‌سازی شبکه تحت سناریوهای به‌کارگیری LIDs نشان داد که شاخص آسیب‌پذیری شبکه به دنبال کاهش حجم رواناب کل، روندی نزولی پیدا کرده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. شاخص اطمینان‌پذیری شبکه نیز پس از استفاده از ابزارهای توسعه کم اثر، افزایش یافت که در جدول ۴ نمایان شده است. روند تغییرات شاخص‌های آسیب‌پذیری و اطمینان‌پذیری شبکه قبل و بعد از استفاده از LIDs نیز در شکل ۳ به نمایش درآمده است.

اختصاص یافت؛ سپس هر دو مدل شبیه‌ساز تحت این سناریوها اجرا شد. نتایج نشان داد که با افزایش مساحت اختصاص داده شده به ابزارهای توسعه کم اثر، حجم رواناب ناشی از بارش در منطقه کاهش یافته است و به‌موجب آن شاخص آسیب‌پذیری و شاخص اطمینان‌پذیری شبکه جمع‌آوری رواناب به ترتیب دچار کاهش و افزایش شدند که همین موضوع بیانگر بهبود عملکرد شبکه در مواجهه با سیلاب شهری پس از به‌کارگیری ابزارهای توسعه شهری است. در سناریوی اول با اختصاص ۵ درصد مساحت زیرحوضه‌ها به ابزارهای توسعه کم اثر، میانگین ۱۰/۵ درصد از حجم رواناب خروجی منطقه مورد مطالعه کاسته شد. با افزایش مساحت اختصاص داده شده به ابزارهای توسعه کم اثر، کاهش حجم رواناب خروجی بیش‌تر شد به‌طوری‌که در سناریوی دوم با اختصاص ۱۰ درصد

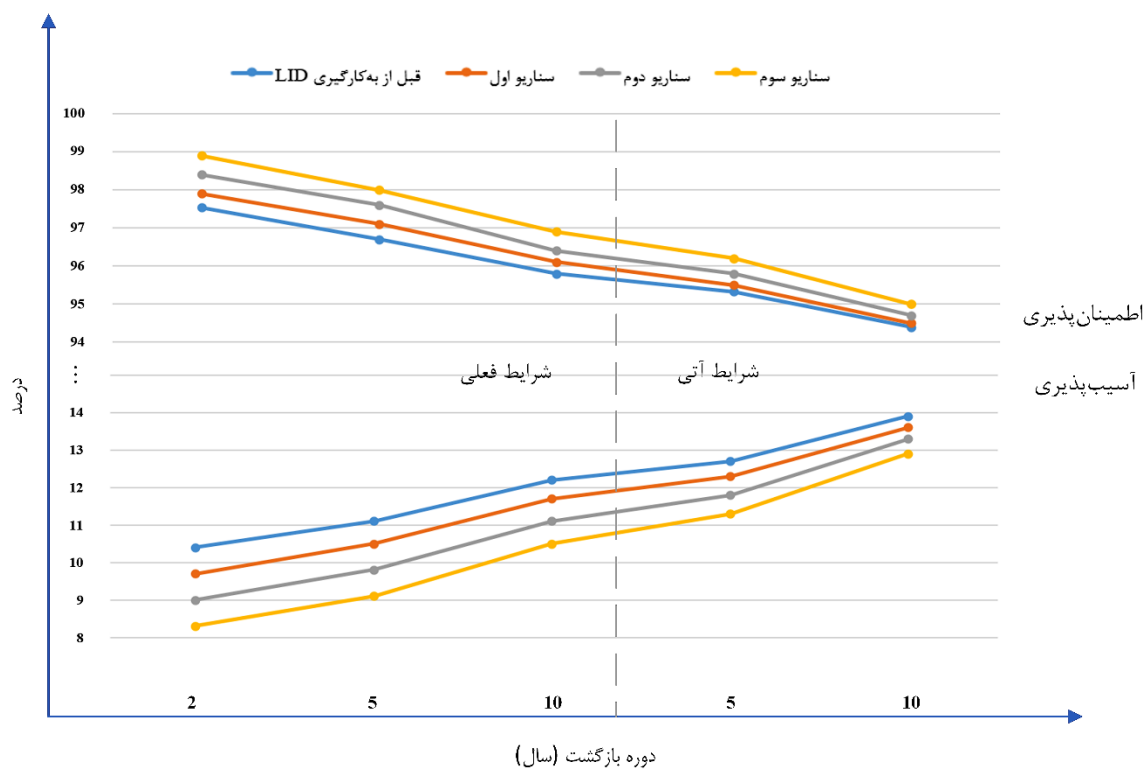
جدول ۳- شاخص آسیب‌پذیری شبکه جمع‌آوری رواناب تحت سناریوهای به‌کارگیری LIDs

Table 3- Vulnerability index of the runoff collection network under the scenarios of using LIDs

آسیب‌پذیری بعد از به‌کارگیری LIDs (%) Vulnerability after using LIDs (%)			آسیب‌پذیری قبل از به‌کارگیری LIDs (%) Vulnerability before using LIDs (%)	حجم رواناب کل (هزار مترمکعب) Total runoff volume (10 ³ m ³)	دوره بازگشت (سال) Return period (year)	
سناریو سوم The third scenario	سناریو دوم The second scenario	سناریو اول The first scenario				
8.3	9.0	9.7	10.4	45.9	2	شرایط فعلی Current conditions
9.1	9.8	10.5	11.1	51.14	5	
10.5	11.1	11.7	12.2	59.7	10	
11.3	11.8	12.3	12.7	64.04	5	شرایط آتی Future conditions
12.9	13.3	13.6	13.9	72.18	10	

جدول ۴- شاخص اطمینان پذیری شبکه جمع آوری رواناب تحت سناریوهای به کارگیری LIDs
Table 4- Reliability index of the runoff collection network under the scenarios of using LIDs

اطمینان پذیری بعد از به کارگیری LIDs (%) Reliability after using LIDs (%)			اطمینان پذیری قبل از به کارگیری LIDs (%) Reliability before using LIDs (%)	طول کانال های سیلابی (کیلومتر) Length of flood channels (km)	دوره بازگشت (سال) Return period (year)	
سناریو سوم The third scenario	سناریو دوم The second scenario	سناریو اول The first scenario				
98.9	98.4	97.9	97.5	1.799	2	شرایط فعلی Current conditions
98.0	97.6	97.1	96.7	2.411	5	
96.9	96.4	96.1	95.8	3.069	10	
96.2	95.8	95.5	95.3	3.412	5	شرایط آتی Future conditions
95.0	94.7	94.5	94.3	4.095	10	



شکل ۳- روند تغییرات شاخص های آسیب پذیری و اطمینان پذیری شبکه قبل و بعد از به کارگیری LIDs
Figure 3- Changes in network vulnerability and reliability indicators before and after applying LIDs

سینوپتیک مهرآباد تحت دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ سال شبیه‌سازی شد. خروجی مدل شبیه‌سازی در مرحله نخست نشان داد که حجم رواناب کل با افزایش دوره بازگشت، افزایش یافته و همین موضوع موجب افزایش آسیب‌پذیری شبکه جمع‌آوری از ۱۰/۴ به ۱۲/۲ درصد شد. شاخص اطمینان‌پذیری نیز طی روندی نزولی از ۹۷/۵ به ۹۵/۸ درصد رسید. در مرحله دوم، از اطلاعات بارشی مدل‌های اقلیمی ششمین گزارش تغییرات اقلیمی و طی دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال جهت شبیه‌سازی شرایط آبی استفاده شد. از نتایج مطالعه Hassani *et al.*, (2022) به همین منظور استفاده شد. ۵ مدلی که بیشترین قرابت را با داده‌های بارشی دوره پایه داشتند، انتخاب شده و مدل اقلیمی با بیشترین بارش به‌عنوان سناریوی بدبینانه در نظر گرفته شد. خروجی مدل شبیه‌سازی در شرایط آبی نشان داد که حجم رواناب کل تا ۷۲/۱۸ هزار مترمکعب افزایش یافته و همین امر موجب شد تا شاخص آسیب‌پذیری شبکه جمع‌آوری در شرایط آبی طی دوره‌های بازگشت ۵ و ۱۰ سال به ۱۲/۷ و ۱۳/۹ درصد برسد. شاخص اطمینان‌پذیری نیز طی همین دوره‌های بازگشت برابر ۹۵/۳ و ۹۴/۳ درصد شد. این افزایش در شاخص آسیب‌پذیری و کاهش شاخص اطمینان‌پذیری شبکه در این مطالعه با نتایج مطالعه Behzadi *et al.* (2019) به دلیل افزایش بارش در دوره آبی تحت شرایط تغییر اقلیم در هر دو پژوهش هم‌خوانی داشته و دارای روندی مشابه است. پس از شبیه‌سازی و ارزیابی عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب در وضع موجود و شرایط آبی، به بررسی تأثیرات به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر در راستای بهبود عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب پرداخته شد. به همین منظور جوی باغچه و روسازی نفوذپذیر که از جمله رایج‌ترین و پرکاربردترین ابزارهای توسعه کم اثر به شمار می‌روند را انتخاب و تحت سه سناریو ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد مساحت زیرحوضه به کار گرفته شد. سپس مدل‌های شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری تحت

همان‌طور که در شکل ۳ مشهود است پس از به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر، عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب در هر سه سناریوی به‌کارگیری LIDs، بهبود یافته به‌طوری‌که در همه سناریوهای به‌کارگیری LIDs، شاخص‌های اطمینان‌پذیری و آسیب‌پذیری شبکه نسبت به حالت پایه به ترتیب افزایش و کاهش یافته است. نکته دیگری که از شکل ۳ می‌توان دریافت این است که تأثیر به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر در کاهش حجم رواناب و به دنبال آن بهبود عملکرد شبکه در دوره‌های بازگشت کمتر، بیش‌تر نمایان است به‌طور مثال در شبیه‌سازی شبکه در شرایط فعلی با دوره بازگشت ۲ سال، شاخص اطمینان‌پذیری پس از به‌کارگیری ابزارهای توسعه کم اثر از ۹۷/۵ درصد تا ۹۸/۹ افزایش پیدا کرد ولی در مدل شبیه‌سازی شرایط فعلی با دوره بازگشت ۱۰ سال، شاخص اطمینان‌پذیری پس از به‌کارگیری LIDs از ۹۴/۳ به ۹۵ درصد رسید. در شاخص آسیب‌پذیری نیز به‌طور مشابه همین امر صدق می‌کند. در واقع می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که ابزارهای توسعه کم اثر در دوره‌های بازگشت پایین‌تر عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده، دامنه تغییرات دو شاخص آسیب‌پذیری و اطمینان‌پذیری با افزایش دوره بازگشت کاهش می‌یابد که بیانگر همین موضوع است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش اثر تغییر اقلیم بر سیلاب شهری و نیز بهره‌گیری از ابزارهای توسعه کم اثر (LIDs) جهت کاهش آسیب‌پذیری و افزایش اطمینان‌پذیری شبکه جمع‌آوری رواناب منطقه ۱۰ شهرداری تهران مورد بررسی قرار گرفت. به همین منظور شبکه جمع‌آوری در دو مرحله با استفاده از مدل هیدرولیکی SWMM شبیه‌سازی شد. نخست شرایط فعلی شبکه جمع‌آوری با استفاده از اطلاعات تاریخی بارش ایستگاه

نتیجه حاصل شده بود. وجه تمایز این پژوهش با مطالعه Hosseinzade و همکاران (۲۰۲۳) که با استفاده از بازطراحی شبکه و تعریض کانال اقدام به بهبود عملکرد شبکه در برابر تغییرات اقلیمی نمودند؛ این است که در این پژوهش با به‌کارگیری LIDs این بهبود عملکرد در شبکه حاصل شد. امروزه LIDs رویکردی نوین، کارآمد و پایدار در مواجهه با پیامدهای تغییر اقلیم بشمار می‌آید که در این پژوهش با استفاده از آن، نتایج مطلوبی به دست آمد. هم‌چنین نتایج این مطالعه نشان داد که از ابزارهای توسعه کم اثر می‌توان به‌عنوان راهکاری مؤثر در جهت رفع مخاطرات ناشی از تغییرات اقلیم از جمله سیلاب شهری استفاده نمود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی جهت کاهش هزینه و افزایش اثرات ابزارهای توسعه کم اثر، از روش‌های بهینه‌سازی برای جانمایی هرچه بهتر این ابزارها استفاده شود. هم‌چنین در ادامه این روند نیز می‌توان عدم قطعیت را در بهینه‌سازی و انتخاب بهترین ترکیب لحاظ کرد.

این سناریوهای به‌کارگیری LIDs پردازش شد. نتایج حاکی از آن بود که در سناریو اول میانگین ۱۰/۵ درصد، در سناریو دوم میانگین ۱۷ درصد و در سناریو سوم میانگین ۲۱ درصد از حجم رواناب کل کاسته شده است. این کاهش حجم رواناب موجب شد تا شاخص‌های آسیب‌پذیری و اطمینان‌پذیری به ترتیب کاهش و افزایش یابند و یا به‌عبارت‌دیگر عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب بهبود یابد. به‌طور مثال با به‌کارگیری LIDs، آسیب‌پذیری شبکه در وضع موجود و دوره بازگشت ۲ سال از ۱۰/۴ تا ۸/۳ درصد کاهش یافت. اطمینان‌پذیری شبکه نیز در وضع موجود و دوره بازگشت ۲ سال از ۹۷/۵ تا ۹۸/۹ درصد افزایش پیدا کرد. هم‌چنین این پژوهش نشان داد که ابزارهای توسعه کم اثر در همه سناریوهای بارشی و دوره‌های بازگشت موجب بهبود عملکرد شبکه می‌شود ولی میزان این بهبود در دوره‌های بازگشت کمتر، نمایان‌تر است همان‌طور که در پژوهش Taqizadeh و همکاران (۲۰۲۰) و نیز پژوهش Yang و همکاران (۲۰۲۲) این

References

- Abdi, K., Kamyabi, S. & Zand Moghaddam, M. R. (2019). Integrated Assessment of Vulnerability, Resiliency and Spatial Risk against Flooding in Sari City. *Physical Geography Research Quarterly*, 51(3), 431-445 (In Persian).
- Al-Zahrani, M.A., Aburizaiza, O.S. & Khedr, A.M. (2017). Urban flash flood response and management: A review. *Journal of environmental management*, 196, 29-42.
- Behzadi, P., Roozbahani, A. & Masah Bavani, A. (2018). *Assessment of climate change impacts on the reliability of surface water data (case study: district 11 of Tehran Municipality)*. Sixth Integrated Management and Flood Engineering Conference, Tehran. (In Persian).
- Behzadi P., Roozbahani A. & Massah Bavani A. (2019). Analysis of sustainability index in stormwater drainage systems under the climate change impacts (case study: district 11 of Tehran). *Iranian Journal of Ecohydrology*, 6(3), 631-649. Doi: 10.22059/ije.2019.274672.1035 (In Persian).
- Binesh, N., Niksokhan, M.H., Sarang, A. & Rauch, W. (2019). Improving sustainability of urban drainage systems for climate change adaptation using best management practices: a case study of Tehran, Iran. *Hydrological Sciences Journal*. 64(4): 381-404.
- Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M.R., Rauch, W., Schilling, W. & Urbonas, B. (2007). Toward the sustainable management of urban stormwater. *Indoor and built environment*. 16(3): 273-285.
- Dayarian, M. (2015). *Development of a simulation-optimization framework for urban runoff quality and quantity management with Low impact development practices (LIDs) and economical consideration*. Master thesis of Water resources, Faculty of

- Environment, University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).
- Debo, T.N. & Reese, A. (2002). *Municipal stormwater management*. CRC Press
- Dong, X., Guo, H. & Zeng, S. (2017). Enhancing future resilience in urban drainage system: Green versus grey infrastructure. *Water Research*, 124, 280-289.
- Eyring, V., Bony, S., Meehl, G.A., Senior, C.A., Stevens, B., Stouffer, R.J. & Taylor, K.E. (2016). Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development*. 9(5): 1937-1958.
- Ghodsi, S.H., Zahmatkesh, Z., Goharian, E., Kerachian, R. & Zhu, Z. (2020). Optimal design of low impact development practices in response to climate change. *Journal of Hydrology*, 580, p.124266.
- Hassani, M.R., Niksokhan, M.H., Ardestani, M. & Mousavi Janbehsarayi, S.F. (2022). Evaluating the effects of climate change on urban runoff based on CMIP6 models (Case study: district 10 of Tehran municipality). *Water and Soil Management and Modelling*, doi: 10.22098/mmws.2022.11849.1176. (In Persian).
- Hassani, M.R., Niksokhan, M.H., Janbehsarayi, S.F.M. & Nikoo, M.R. (2023). Multi-objective robust decision-making for LIDs implementation under climatic change. *Journal of Hydrology*, 617, 128954.
- Hassani, M.R. (2023). *Optimal Application of Low-Impact Development Practices for Stormwater Management under Climate Change*. Master thesis of Water resources, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran (in Persian).
- Hosseinzade Kuhi, H. (2023). *Optimum Redesign of Runoff Collection System to Reduce Vulnerability and Increase Reliability against Climate Change*. Master thesis of Water resources, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).
- Hosseinzade Kuhi, H., Ardestani, M. & Sarang, A. (2023). Optimum redesign of runoff harvesting channels to reduce vulnerability and increase reliability against climate change. *Water and Soil Management and Modelling*, doi: 10.22098/mmws.2023.12222.1213 (in Persian).
- Ivanovic, I., Milenkovic, D. & Savic, S. (2018). A review of low-impact development measures for mitigating the effects of urbanization on floods. *Water*, 10(11), 1625.
- Janbehsarayi, S.F.M., Niksokhan, M.H., Hassani, M. R. & Ardestani, M. (2023). Multi-objective decision-making based on theories of cooperative game and social choice to incentivize implementation of low-impact development practices. *Journal of Environmental Management*, 330, 117243.
- Jazaeri, P., Fazloulou, R., Masoudian, M. & Javaheri, N. (2023). Investigation the Effect of Low-Impact Development Methods of Rainwater Storage Barrels and Infiltration Trenches on Reducing the Peak Discharges of Urban Floods. *Irrigation and Water Engineering*, 13(3), 437-462. (In Persian).
- Khalighi Sigarodi, S., Rostami Khalaj, M., Mahdavi, M. & Salajegheh, A. (2015). "Calibration and validation SWMM model in order to simulate urban runoff (Case Study: Imam Ali Town in Mashhad)." *Journal of Range and Watershed Management*, 68(3), 487-498. (In Persian).
- Kobarfard, M., Fazloulou, R., Zarghami, M. & Akbarpour, A. (2018). Efficient Assessment LID and Determining the BMP Quantitative of Urban Flooding Using at the Time Events. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 12(1), 40-52 (In Persian).
- Lee, S., Kim, D., Maeng, S., Azam, M. & Lee, B. (2022). "Runoff Reduction Effects at Installation of LID Facilities under Different Climate Change Scenarios." *Water*, 14(8), 1301.

- Mahab Quds Consulting Engineering Company (2011). *Comprehensive plan of Tehran surface water management*. Volume 2, Section 1, 63 (In Persian).
- McCuen, R.H. (2005). *Hydrologic analysis and design*. Prentice Hall.
- Movahedinia, M., Samani, J.M.V., Barakhasi, F., Taghvaeian, S. & Stepanian, R. (2019). Simulating the effects of low impact development approaches on urban flooding: a case study from Tehran, Iran. *Water Science and Technology*, 80(8), 1591-1600.
- Mugume, S., Gomez, D.E. & Butler, D. (2014). Quantifying the resilience of urban drainage systems using a hydraulic performance assessment approach.
- Neupane, B., Vu, T. M. & Mishra, A. K. (2021). Evaluation of land-use, climate change, and low-impact development practices on urban flooding. *Hydrological Sciences Journal*, 66(12), 1729-1742.
- Puyravaud, J.P., Davidar, P. & Laurance, W.F. (2010). Cryptic loss of India's native forests. *Science*, 329(5987), 32-33.
- Riahi, K., Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O. & Lutz, W. (2017). The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168.
- Roozbahani, A., Behzadi, P. & Bavani, A.M. (2020). Analysis of performance criteria and sustainability index in urban stormwater systems under the impacts of climate change. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122727.
- Rossman, L.A. (2010). Stormwater management model user's manual. US Environmental Protection Agency, *National Risk Management Research Laboratory*.
- Santiago, L.S., Gallo, M.A., Treidel, H. & Grismer, M.E. (2021). Impacts of climate change on urban flash floods. *Current climate change reports*, 7(1), 22-36.
- Silva, F.V., Bonuma, N.B. & Uda, P.K. (2014). *Flood mapping in urban area using HEC-RAS model supported by GIS*. In International Conference on Flood Management, 9pp.
- Stouffer, R.J., Eyring, V., Meehl, G.A., Bony, S., Senior, C., Stevens, B. & Taylor, K.E. (2017). CMIP5 scientific gaps and recommendations for CMIP6. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(1), 95-105.
- Taqizadeh, S. & Rajaei, T. (2020). Investigating the Performance and Optimization of New Management Methods (LID-BMP) to Improve Surface Runoff in Tehran-A Case Study of District 22. *Iranian Journal of Engineering Geology*, 12(4) (In Persian).
- Tasca, F.A., Assunção, L.B. & Finotti, A.R. (2018). International experiences in stormwater fee. *Water Science and Technology*, 2017(1), 287-299.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1971). Storm Water Management Model (SWMM). EPA, Washington, DC.
- Wang, X., Chen, Y.D. & Hu, M.J. (2019). Application of the SWMM Model for Urban Stormwater Drainage Planning in a Small Watershed. *Water*, 11(7), 1489.
- Yang, W., Zhang, J. & Krebs, P. (2022). Low impact development practices mitigate urban flooding and non-point pollution under climate change. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131320.
- Yoshino, H., Kim, S.J., Naka, T. & Itakura, J. (1990). Enhancement of buffer function in irrigation canal systems. 1. Necessity of enhancement of buffer function. *JARQ, Japan Agricultural Research Quarterly*, 24(2), 100-104.
- Zhou, Q., Leng, G., Su, J. & Ren, Y. (2019). Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. *Science of the Total Environment*, 658, 24-33.

Statistical Analysis of Long-Term Changes in Precipitation, Discharge, and Land Use (Case Study: Tajan Watershed, Northern Iran)

Ghasem Alizadeh¹, Seiyed Mossa Hosseini^{2*}

1- Graduate Student, Physical Geography Department, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Physical Geography Department, University of Tehran, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: smhosseini@ut.ac.ir

(Received: 23 May 2023

Revised: 15 June 2023

Accepted: 16 July 2023)

Extended Abstract

Introduction: Water stresses are one of the most important issues that the world is facing today. Following the increase in population, climate, and land use change, Iran is also facing serious challenges in achieving sustainable water management on basin scale. In recent decades, climate and land use changes at the level of watersheds have had adverse effects on socio-environmental and economic issues. The case considered in this study is the Tajan watershed, located in Mazandaran province, northern Iran. This watershed is crucial in terms of ecosystem services (runoff generation, sediment delivery) for the residents living in the area and the Caspian Sea, which consists of the terminal part of the watershed. Temporal analysis of trends in hydro-climatic data is important to increasing our knowledge about the variations of such variables over time.

Materials and methods: Tajan watershed with an area of 3,970 square kilometers is located in the northern part of Iran, which discharges the generated runoff into the Caspian Sea. Contrary to other watersheds, the amount of rainfall decreases with increasing altitude (i.e., the gradient of precipitation is negative with the change in altitude). An analysis of the temporal trend of the precipitation and discharge was conducted using the long-term monthly data (50 years from 1971 to 2021) collected in four rain gauges and two hydrometric stations. The rescaled adjusted partial sums (RAPS) index, non-parametric Mann-Kendall test, and Sen's slope method were adopted to reveal the changes in precipitation and discharge data. Moreover, the state of land use changes in 37 years (1984-2021) were extracted using the Maximum Likelihood Classification method on the satellite images.

Results and Discussion: The results of this study showed that the trend of discharge does not match the rainfall, because during the 30 years of 1969-1999, the rainfall data of the studied stations had a decreasing trend with an average slope of -0.463 mm/year, while the discharge in watershed outlet indicates an increasing trend with an average slope of +1.02 cubic meters per second per year. On the other hand, during the period between 1999-2021, despite the positive trend of precipitation data with an average slope of +0.343 mm per year, the discharge shows a decreasing trend with an average slope of -2.249 cubic meters per second per year. By examining the state of land use changes in 1984 and 2021, the results indicate a decrease of 16 and 11 percent of areas for pasture and forestlands and an increase of 110 and 670 percent of irrigated lands and urban areas. The findings of this research showed that the trend of temporal changes in the discharge of sub-basins does not follow the rainfall, and the main factor in reducing the runoff generated in the Tajan watershed is the land use changes over the studied catchment.

Conclusion: The following conclusion could be drawn upon an evaluation of the temporal changes in rainfall and runoff data in the Tajan watershed: 1) the change of land use in the study area from forest to agricultural and urban areas caused an increase in the volume of runoff generated in the watershed. 2) The construction of the Shahid Rajaei reservoir dam in the study area has caused a change in the discharge trend of the mainstream. This affects the region's ecosystem as well as the morphology of the river channel that passes through the city of Sari. 3) The hydrological response of the studied watershed is not only influenced by climatic factors, the human activities (e.g., land use change and damming) has significant contribution. The authors suggest future researchers conduct more extensive research on the effect of dams on the hydromorphological characteristics of the downstream river.

Keywords: Ecosystem Service, Human Activities, Mann-Kendal Test, Surface runoff, Tajan Watershed

Citation: Alizadeh, G., & Hosseini, S. M. (2023). Statistical Analysis of Long-Term Changes in Precipitation, Discharge, and Land Use (Case Study: Tajan Watershed, Northern Iran). *Integrated Watershed Management*, 3(2), 47 -66. doi: 10.22034/iwm.2023.2002956.1080

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





تحلیل آماری تغییرات بلندمدت بارش، دبی و کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تجن، شمال ایران)

قاسم علیزاده^۱، سید موسی حسینی^{۲*}

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی جغرافیای دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: smhosseini@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۲

چکیده

رواناب تولیدشده حوضه آبریز تجن در استان مازندران، به دلیل فعالیت‌های شدید انسان‌ساخت (تغییرات کاربری و ساخت سد) در سطح حوضه زهکشی آن، روند نزولی را نشان می‌دهد و این موضوع می‌تواند در بلندمدت بقای اکوسیستم دریای خزر و پایداری منابع آب حوضه را دچار مخاطره نماید. لذا بررسی روند تغییرات زمانی دبی حوضه می‌تواند کمک شایانی به مدیران در راستای برنامه‌ریزی جهت حفظ تعادل اکولوژیک و خدمات اکوسیستمی حوضه آبریز نماید. به‌عنوان هدف اصلی انجام این پژوهش، روند تغییرات ماهانه ۴ ایستگاه هیدرومتری و ۶ ایستگاه باران‌سنجی در سطح حوضه آبریز تجن طی دوره ۵۰ ساله ۱۳۵۰-۱۳۹۹ موردبررسی قرارگرفته است. به‌منظور آشکارسازی روند تغییرات متغیرها، از آزمون ناپارامتریک من-کندال، شاخص شیب سن و شاخص مقادیر تجمعی استانداردشده استفاده شد و نتایج حاکی از بروز اغتشاشات در روند دبی زیرحوضه‌ها و عدم پیروی آن از بارش است. به‌طوری‌که طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۷-۱۳۴۸ داده‌های بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه با شیب متوسط ۰/۴۶۳- میلی‌متر در سال دارای روند کاهشی بودند و در مقابل دبی خروجی با شیب متوسط ۱/۰۲ مترمکعب بر ثانیه در سال، روند افزایشی داشته است. متقابلاً طی دوره زمانی بین سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۹۹ به‌رغم وجود روند مثبت داده‌های بارش با شیب متوسط ۰/۳۴۳ میلی‌متر در سال، دبی با شیب متوسط ۲/۲۴۹- مترمکعب بر ثانیه در سال روند کاهشی را نشان می‌دهد. با بررسی وضعیت تغییرات کاربری اراضی در مقاطع زمانی ۱۳۶۳ و ۱۴۰۰، نتایج حاکی از کاهش ۱۶ و ۱۱ درصدی اراضی مرتع و جنگل و افزایش ۱۱۰ و ۶۷۰ درصدی اراضی کشت آبی و نواحی شهری در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۶۳ است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که روند تغییرات زمانی دبی زیرحوضه‌ها از بارش تبعیت نمی‌کند و عامل اصلی کاهش خدمات اکوسیستمی حوزه آبریز تجن در قالب تولید رواناب، تأثیر فعالیت‌های انسانی در قالب تغییرات کاربری و ساخت سد در حوضه آبریز مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: آزمون من کندال، حوزه آبخیز تجن، خدمات اکوسیستمی، رواناب سطحی، فعالیت‌های انسان‌ساخت

استناد: علیزاده، ق؛ و حسینی، س، م. (۱۴۰۲). تحلیل آماری روند تغییرات بلندمدت بارش، دبی و کاربری اراضی در حوزه آبخیز تجن. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۳(۲)، ۴۷-۶۶.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

تعیین روند داده‌ها وجود دارد که معمول‌ترین آن‌ها روش‌های ناپارامتریک هستند و برای بررسی روندهای معنادار در سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژی^۱ توصیه می‌شوند زیرا این روش‌ها برای داده‌هایی که توزیع نرمال ندارند عملکرد مناسب‌تری دارند (Da Silva et al., 2015). بر همین اساس متناسب با هر یک از تغییرات پله‌ای یا روند و یا حتی انواع پیچیده‌تری که در داده‌های اقلیمی صورت می‌گیرد، باید آزمون مناسبی نیز در نظر گرفته شود. برای مثال بررسی روند داده‌ها از طریق اعمال آزمون‌های من-کندال، رگرسیون و رتبه‌ای اسپیرمن صورت می‌پذیرد (Serrano et al., 1999). قابل ذکر است که پیش‌تر نیز بررسی رابطه میان مؤلفه‌های بارش و دبی مورد توجه محققین حوزه مطالعات آب بوده است زیرا تشخیص روند دبی و بارندگی می‌تواند این امکان را برای پژوهشگران فراهم می‌آورد که بتوانند واکنش یکپارچه از حوزه رودخانه را در پژوهش‌های هیدرومتئورولوژیک لحاظ کنند تا بر مبنای آن برنامه‌ریزی‌های مدیریتی نیز با دقت بیشتری صورت پذیرد (Gautam & Acharya, 2012). در ادامه به‌مرور برخی از این پژوهش‌ها خواهیم پرداخت.

Koulaian و همکاران در سال (۲۰۱۶) روند دبی رودخانه‌های مازندران را با استفاده از آزمون من کندال در دوره‌های ۳۰، ۴۰ و ۶۰ ساله بررسی کردند و درنهایت نتایج نشان داد که به دنبال تغییر در رژیم بارشی زمستانه، دبی در این فصل وضعیت افزایشی داشته اما به‌طور کلی دبی در اکثر ایستگاه‌ها دارای وضعیت کاهش یافته است و این وضعیت ناشی از اثرات افزایش گازهای

تنش‌های آبی که عمدتاً ناشی از تغییرات اقلیمی هستند از مهم‌ترین مسائلی است که امروزه جهان با آن روبروست و ایران نیز به دنبال موقعیت مکانی خود، بیش از سایرین با این مسئله مواجه است (Khatami et al., 2022). بخصوص که کشور ایران به دنبال افزایش جمعیت نیز با مسائل جدی در بحث مدیریت پایدار آب روبروست (Loni et al., 2022). همچنین با توجه به شاخص‌های اقلیمی ایران و اهمیت بارش در تأمین منابع آب ایران، مطالعه‌ی رفتار بارش به‌شدت ضروری است (Ahmadi & Dadashi, 2016)، از سویی دیگر دبی رودخانه نیز از متغیرهای حیاتی هیدرولوژیک و منابع آب به شمار می‌رود که تابع عناصر اقلیمی است؛ بنابراین بررسی تغییرات دبی رودخانه در یک دوره می‌تواند وضعیت تغییر یا عدم تغییر شرایط آب و هوایی یک منطقه را آشکار سازد (Ansari et al., 2017).

در همین راستا لزوم دستیابی به مدیریت پایدار منابع آبی حوزه جهت حفظ خدمات اکوسیستمی حوزه آبریز به دنبال دبی و رسوب حاصل از آن امری ضروری است که در بقای اکوسیستم منطقه به‌ویژه نوار ساحلی دریا مؤثر است و با تحلیل دقیق بیلان آب و مدیریت صحیح منابع موجود، می‌توان بدان دست‌یافت.

از روش‌های معمول در تحلیل سری زمانی داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیک، بررسی وضعیت روند در داده‌هاست که می‌تواند ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی، تغییرات اقلیمی و یا تأثیرات فعالیت‌های انسانی باشد (Maroufi & Tabari, 2018). در مطالعه تغییرات میان سری‌های زمانی مختلف، روش‌های متعدد آماری برای

(۲۰۲۰) در حوزه آبریز لکشا نکارود روند دبی و عناصر اقلیمی را با استفاده از مدل HEC-HMS بررسی نمودند و دریافتند که تغییرات کاربری اراضی و تخریب اراضی جنگلی منجر به افزایش دبی طی دوره زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ شده است. Adib Taleghani و Khoshmanesh در سال (۲۰۲۰) برای بررسی روند تغییرات بارش، تبخیر و تعرق و دبی حوزه آبخیز کن از داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۴ استفاده کردند و درنهایت در این تحقیق روند پارامترهای مذکور با استفاده از آزمون من-کندال و رگرسیون خطی موردبررسی قرار گرفت که نتیجه حاکی از کاهش دبی به دنبال کاهش اندک بارش و افزایش تبخیر و تعرق بوده است. همچنین نگارندگان پیشروی کند تغییرات اقلیمی در دوره آماری را برای منطقه مورد مطالعه گزارش می‌کنند. Dastourani و Yazdanpanah در سال (۲۰۲۰) در یک مطالعه به بررسی روند بارندگی و دبی در حوزه آبریز ارس پرداختند. آن‌ها با استفاده از آزمون من-کندال و همچنین شیب سن، ۹ ایستگاه هیدرومتری و ۵ ایستگاه باران‌سنجی را واکاوی کردند و درنهایت دریافتند که به‌رغم افزایشی بودن روند بارش در منطقه مورد مطالعه، اکثر ایستگاه‌ها دارای روند نزولی برای دبی هستند که گزارش شده است این شرایط ممکن است ناشی از بهره‌برداری بیشتر انسان از منابع آب به دنبال افزایش جمعیت و همچنین تغییرات اقلیمی باشد. Jha و Sahoo در سال (۲۰۲۰) طی پژوهشی با استفاده از آزمون من-کندال به بررسی روند دبی‌های کم در حوزه رودخانه ماهاندی هندوستان پرداختند و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه، یک روند افزایشی از دبی‌های حداقل وجود دارد که این حالت ممکن است با فعالیت‌های انسانی در حوزه مرتبط باشد. Mohammadi و همکاران در سال

گلخانه‌ای و همچنین تغییرات اقلیمی بوده است. Abera و همکاران در سال (۲۰۱۷) طی پژوهشی، یک حوزه فرامرزی در قسمت شمال غرب اتیوپی بنام تکزه را موردبررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از آزمون من-کندال روند بارش و جریان رودخانه را به دست آوردند و دریافتند که روند بارش حوزه شامل فازهای کاهشی و افزایشی متعددی است اما در مقابل به دنبال ساخت سد، مقدار رژیم آبدهی رودخانه دائماً کاهشی بوده است. Jain و همکاران در سال (۲۰۱۷) روند بارش و رواناب هفت حوزه رودخانه اصلی در هندوستان را موردبررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از آزمون من-کندال و شیب سن برای ۳۰ سال داده‌ی رواناب و ۶۱ سال داده‌ی بارش، دریافتند که فعالیت‌های انسانی اعم از ساخت مخازن ذخیره‌سازی آب، شهرنشینی، تغییرات کاربری می‌تواند بر تولید دبی‌های اوج در رودخانه‌های هند تأثیرگذار باشد. Mojerloo و همکاران در سال (۲۰۱۸) طی پژوهشی با استفاده از مدل IHACRES رابطه میان دبی و عناصر اقلیمی نظیر دما و بارش را در سطح حوزه آبریز تجن بررسی کردند و نتایج نشان داد که طبق سناریوهای تعریف‌شده، دبی آبراهه حوزه آبریز رودخانه تجن تا ۲۱/۷ درصد به دنبال بروز آثار تغییرات اقلیمی و افت بارش، نسبت به سال پایه کاهش می‌یابد. Majidi و همکاران در سال (۲۰۱۹) آبدهی رودخانه‌های استان همدان در ایران را با استفاده از آزمون من کندال و برآوردگر شیب سن در ۱۷ ایستگاه هیدرومتری با سری زمانی یکسان موردبررسی قرار دادند و نتایج تحقیق نشان داد که در داده‌ها روند منفی وجود دارد و این وضعیت ناشی از کاهش بارش نیست بلکه افزایش برداشت از جریان‌های رودخانه‌ای و تغییر حالت بارش زمستانه از برف به باران سبب بروز آن شده است. Reiahi و همکاران در سال

موردنیاز با استفاده از نقشه‌ی مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر که از درگاه earthexplorer.usgs.gov استخراج شد، مورد تحلیل قرار گرفت و با سیستم تصویر UTM بر مبنای WGS1984 رقومی گردید. سپس با به‌کارگیری داده‌های ذکرشده، زیرحوزه‌های حوزه آبریز تجن بر اساس موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری (جدول ۱) که اطلاعات آن از طریق شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران به دست آمد، تعیین شدند. در این رابطه، داده‌های دبی، به‌جز دو ایستگاه ریگ چشمه و کردخیل که دارای طول دوره آماری ثبت‌شده ۵۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۵۰) بوده‌اند، در باقی ایستگاه‌ها داده‌های ۲۱ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۹) موجود بوده است. به همین جهت این تحقیق در دو مقیاس پنجاه‌ساله و بیست‌و یک‌ساله دنبال شد. داده‌های مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی نیز از طریق دفتر مطالعات پایه شرکت مطالعات آب ایران به دست آمد همچنین اطلاعات دو ایستگاه سینوپتیک چاشم و کیاسر از سازمان هواشناسی کشور دریافت گردید.

محدوده مورد مطالعه حدفاصل دریای مازندران و ارتفاعات البرز بین طول شرقی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و ۵۷ ثانیه الی ۵۳ درجه و ۱۸ دقیقه و ۲۰ ثانیه و عرض شمالی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۱۷ ثانیه الی ۳۹ درجه و ۲۹ دقیقه و ۸۰ ثانیه واقع شده است که با مساحت ۳۹۷۰ کیلومتر مربع بر اساس تقسیمات وزارت نیرو به‌عنوان حوزه درجه سوم در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱).

سرچشمه رودخانه تجن از دامنه کوه‌های علی‌خانی و سرکوه در فاصله تقریباً ۸۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر ساری و تقریباً ۳۰ کیلومتری شرق کیاسر نشات می‌گیرد و جریان آب پس از عبور از کانالی در جوار شهر ساری،

(۲۰۲۲) روند دبی جریان حوزه گرگان رود را در ۸ ایستگاه موردبررسی قراردادند و با استفاده از آزمون من کندال دریافتند که در تمام ایستگاه‌ها وضعیت کاهش بر روند حاکم است و نتیجه گرفتند این وضعیت می‌تواند ناشی از تغییرات اقلیمی و یا تغییر در کاربری اراضی باشد.

بنابراین از پیشینه پژوهش چنین به نظر می‌رسد که برای بررسی رابطه میان دبی و عناصر اثرگذار بر آن پژوهشی مؤثر در سطح کل حوزه آبریز مورد مطالعه به‌طور یکپارچه صورت نگرفته است تا با استفاده از آن وضعیت روند دبی در سطح منطقه مورد مطالعه بررسی گردد و این در حالی است که حوزه آبریز تجن به حوضه رسوبی دریای مازندران ختم می‌گردد و رواناب حاصل از محدوده تجن می‌تواند در بقای اکوسیستم این حوضه مؤثر باشد. به همین جهت این تحقیق با توجه به اهمیت تغییرات مشهود دبی بر منابع آب در دسترس و همچنین سلامت اکوسیستم دریای مازندران، به بررسی مؤلفه مذکور در سطح کل حوزه آبریز تجن می‌پردازد تا با انتشار یافته‌ها بتوان اغتشاشات موجود در روند را به تغییرات اقلیمی یا فعالیت‌های انسانی نسبت داد و همچنین با توجه به تأثیر خصوصیات فیزیوگرافی و تغییرات کاربری اراضی بر جریان رودخانه، دو مؤلفه مذکور نیز در سطح حوزه مطالعه شد تا بدین ترتیب امکان برنامه‌ریزی در خصوص مواجهه صحیح و به‌هنگام با مخاطرات احتمالی مرتبط با جریان رودخانه را فراهم نمود.

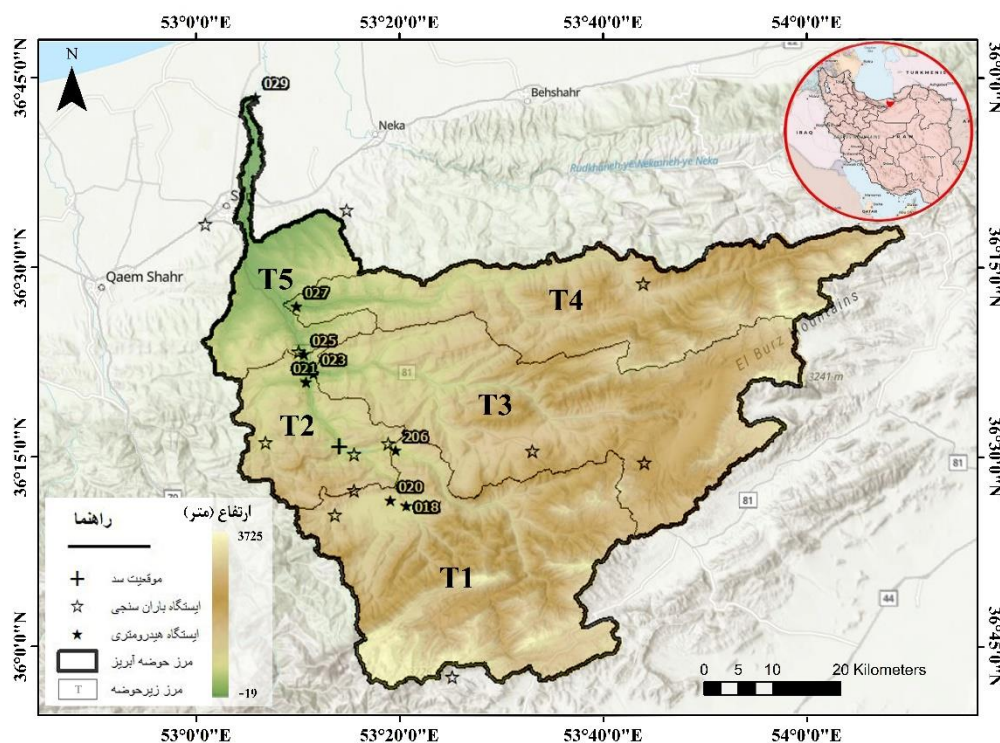
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های اولیه

به‌منظور تعیین محدوده حوزه آبریز مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.5 لایه‌های اطلاعاتی

می‌بارد که بیشترین بارش منطقه مورد مطالعه در فصل پائیز رخ می‌دهد و ماه آبان به‌طور متوسط با ۷۴ میلی‌متر بارش، مرطوب‌ترین ماه در سطح حوزه آبریز تجن است. خشک‌ترین فصل سال نیز تابستان است. از سوی دیگر دبی آبراهه اصلی حوزه آبریز تجن، در اسفندماه به اوج خود با ۲۵ مترمکعب بر ثانیه می‌رسد و این در حالی است که به‌طور متوسط سالانه ۱۰ مترمکعب بر ثانیه دبی جریان رودخانه اصلی است. بیشترین شیب تغییرات بلندمدت (۱۳۷۹-۱۳۹۹) بارش ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده‌شده در نمودار شکل ۲ برابر ۰/۱۳ میلی‌متر افزایش (ایستگاه P2) در ماه است درحالی‌که بیشترین شیب تغییرات دبی بلندمدت ماهانه برابر ۰/۱۱ مترمکعب (ایستگاه Q-020) کاهش در ماه است.

نهایتاً به دریای مازندران می‌پیوندد. دمای متوسط سالانه منطقه ۱۵/۹ درجه سانتی‌گراد است و بر اساس تقسیمات اقلیمی دومارتن، شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای بر منطقه مستولی است (Sheidaeian *et al.*, 2015). همچنین به‌منظور بررسی رژیم بارشی حاکم بر منطقه مورد مطالعه، ابتدا بر اساس میانگین بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی و ارتفاع هرکدام، رگرسیون خطی محاسبه شد و نهایتاً طبق محاسبات، نقشه شکل ۳ ترسیم شد که نتایج حاکی از استیلای شرایط خاص در خصوص بارش منطقه مورد مطالعه است به‌طوری‌که برخلاف انتظار، با افزایش ارتفاع از میزان بارش کاسته می‌شود و به عبارتی دشت‌ها در حوزه آبریز تجن، سهم بیشتری از بارش دارند. بر اساس اطلاعات مستخرج از نمودارهای شکل ۲ به‌طور میانگین ۶۳۶ میلی‌متر بارش در سطح حوزه آبریز تجن



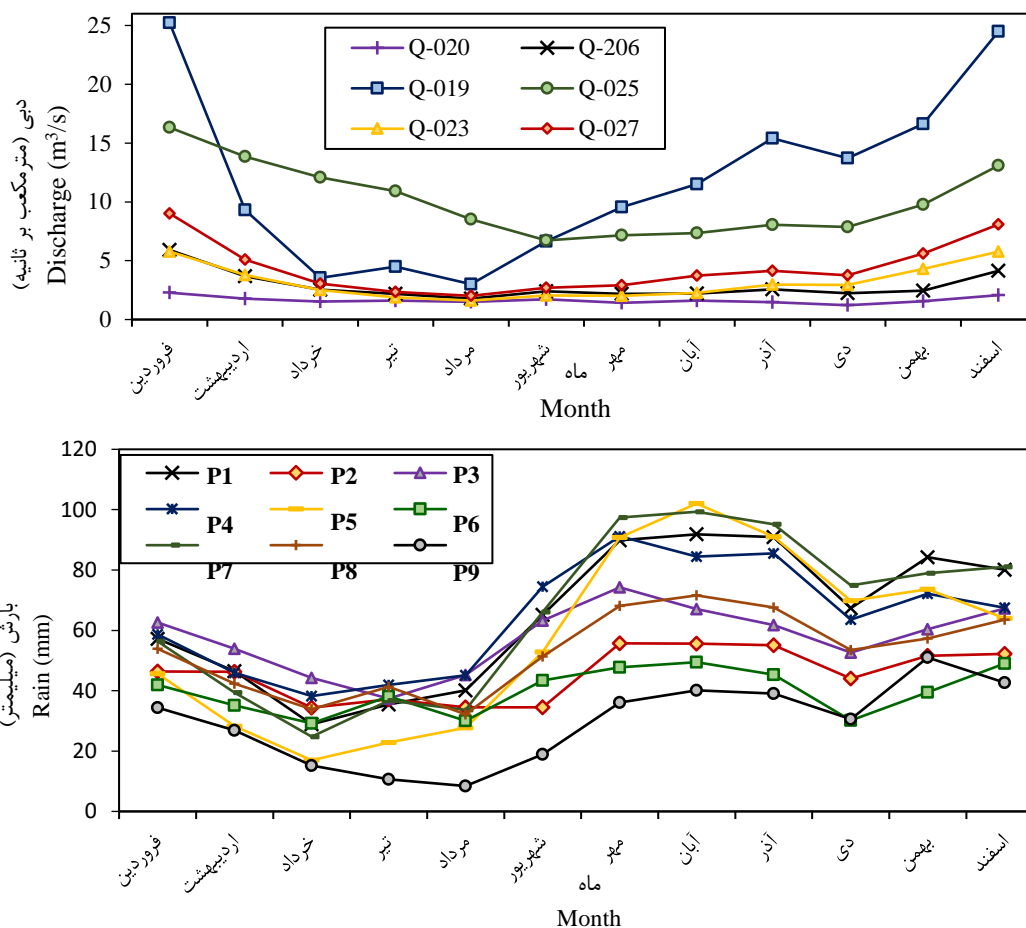
شکل ۱ - موقعیت حوزه آبریز تجن بر اساس داده‌های ارتفاعی دیجیتالی با دقت ۳۰ متر.

Figure 1 - The location of Tajan watershed based on Digital Elevation Model with 30-meter accuracy.

جدول ۱ - مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

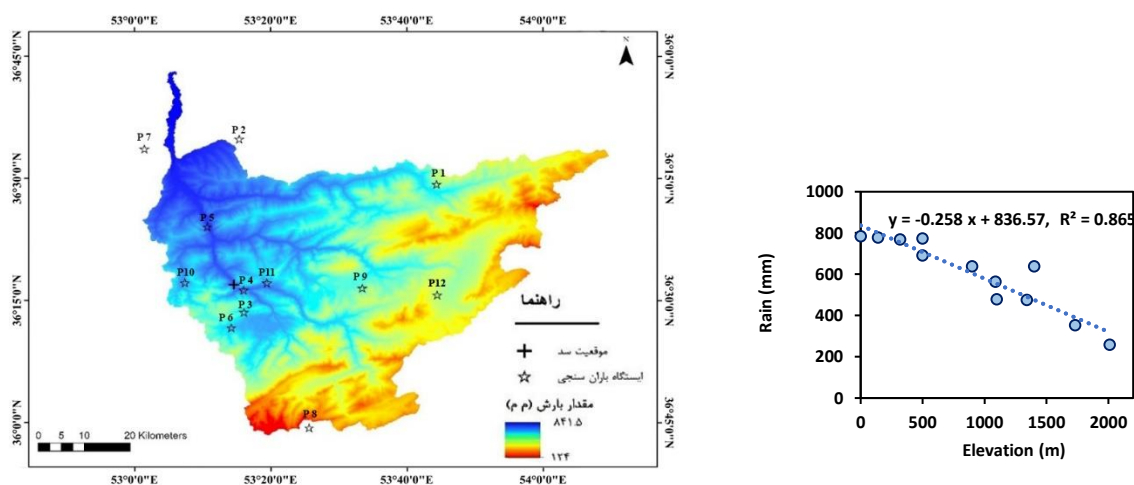
Table 1 - Characteristics of the studied stations

نوع ایستگاه Type	ارتفاع (متر) Height (meter)	عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی Longitude	نام ایستگاه Name	کد Code	نام اختصاری Short name	دوره زمانی داده‌ها Period
هیدرومتری Hydrometric	669	36-10-21	53-20-05	علی‌آباد - دودانگه Aliabad - Dodangeh	13-018	Q-018	1379-1399
هیدرومتری Hydrometric	648	36-10-47	53-18-35	کرچا - دودانگه Karcha - Dodangeh	13-020	Q-020	1379-1399
هیدرومتری Hydrometric	248	36-20-18	53-10-36	واستان Vastan	13-021	Q-021	1379-1399
هیدرومتری Hydrometric	252	36-20-57	53-11-21	ورند Varan	13-023	Q-023	1379-1399
هیدرومتری Hydrometric	223	36-22-31	53-10-31	ریگ چشمه Rig Chashmeh	13-025	Q-025	1350-1399
هیدرومتری Hydrometric	170	36-26-17	53-09-54	گرمروود Garmrood	13-027	Q-027	1379-1399
هیدرومتری Hydrometric	-18	36-42-36	53-06-17	کردخیل Kordekheil	13-029	Q-029	1350-1399
هیدرومتری Hydrometric	506	36-14-45	53-19-09	پروریج آباد Parvarij Abad	13-206	Q-206	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	1402	36-27-19	53-43-20	برما Berma	311029	P1	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	140	36-33-41	53-15-06	دارابکلا Darabkola	313023	P2	1350-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	1090	36-12-02	53-14-54	تلارم Telarm	313012	P3	1350-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	500	36-14-30	53-15-09	سلیمان تنگه Soleyman tangeh	311010	P4	1350-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	223	36-22-31	53-10-31	ریگ چشمه Rig Cheshmeh	313007	P5	1350-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	1100	36-11-59	53-16-35	فریم صحرا Farim Sahra	311002	P6	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	0	36-35-04	53-14-55	اداره ساری Sari Office	313002	P7	1379-1399
سینوپتیک Synoptic	2010	35-54-33	53-14-55	چاشم Chashem	-	P8	1379-1399
سینوپتیک Synoptic	1341	36-14-30	53-32-22	کیاسر Kiasar	-	P9	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	750	36-15-48	53-06-29	لاجیم Lajim	313009	P10	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	650	36-14-45	53-19-09	پروریج آباد Parvarijaba d	313016	P11	1379-1399
باران‌سنجی Rain Gauge	1737	36-13-01	53-43-00	تلمادره Telmadareh	311021	P12	1379-1399



شکل ۲ - نمودارهای میانگین بلندمدت ماهیانه (۱۳۷۹-۱۳۹۹) دبی و بارش ایستگاه‌های حوزه آبریز تاجن

Figure 2- Long-term average monthly variations of discharge and precipitation in the stations located in Tajan watershed



شکل ۳ - نقشه هم‌باران حوزه آبریز مورد مطالعه که بر اساس معادله گرادیان بارش نشان داده شده در نمودار به دست آمده است.
Figure 3- Distribution of average annual precipitation over the studied watershed (based on the precipitation gradient equation shown on the figure).

شاخص RAPS

شاخص مقادیر تجمعی استاندارد شده (RAPS) به منظور نشان دادن روند تغییرات یک متغیر در درازمدت مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این شاخص، می‌توان از طریق ارزش‌گذاری مجدد متغیرهایی با واحدهای مختلف آن‌ها را با یکدیگر مقایسه و مطالعه نمود (Geravand et al., 2022). در این مطالعه دو سری از داده‌های بارش و دبی با سری زمانی یکسان مورد مطالعه قرار می‌گیرند و به همین جهت نیاز است تا تغییرات نسبت به میانگین در هر کدام، با شاخصی که بتوان آن‌ها را با یکدیگر نیز مقایسه کرد امکان‌پذیر باشد. در این راستا گابرش و هرناندز در سال ۱۹۹۴ رابطه‌ای را تحت عنوان شاخص RAPS توسعه دادند که از طریق فرمول‌های (۱) و (۲) برای دبی (Q) و بارش (P) محاسبه می‌گردد (Gabrecht & Fernandez, 1994).

$$RAPS_P(k) = \sum_{i=1}^{k \leq n} \frac{P_i - \bar{P}}{S_P} \quad (1)$$

$$RAPS_Q(k) = \sum_{i=1}^{k \leq n} \frac{Q_i - \bar{Q}}{S_Q} \quad (2)$$

در روابط فوق n تعداد داده‌ها در سری‌های مورد بررسی است و k شمارنده حدود جمع را نشان می‌دهد. همچنین P_i و Q_i نیز به ترتیب مقادیر بارش و دبی می‌باشند، \bar{P} و \bar{Q} نیز به ترتیب میانگین بارش و میانگین دبی در طول دوره آماری است. مقادیر به ازای S_P و S_Q نیز به ترتیب عدد مربوط به انحراف از معیار بارش و انحراف از معیار دبی می‌باشند.

آزمون ناپارامتری من-کندال

یکی از روش‌هایی که برای بررسی تغییرات متغیر در سری‌های زمانی یکسان وجود دارد، به‌کارگیری روش‌های ناپارامتریک است که در این بین آزمون من-کندال به‌عنوان یکی از روش‌های ناپارامتریک مورد توجه است (Tabari et al., 2015). این آزمون ابتدا توسط Mann در سال ۱۹۴۵ و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵ بر اساس ارزش داده‌هایی با سری زمانی یکسان گسترش داده شده است. همچنین این روش در همان سال‌ها مورد توجه سازمان هواشناسی جهانی قرار گرفت و همانند سایر آزمون‌های آماری، بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده به طوری که فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها است و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها است که مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است (Hirsch et al., 1993):

ابتدا باید اختلاف میان تمامی مشاهدات با یکدیگر محاسبه گردد، سپس تابع علامت sgn اعمال گردد و از طریق رابطه (۳) پارامتر S محاسبه شود.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3)$$

که در این رابطه n تعداد مشاهدات و x_i و x_k به ترتیب داده‌های k ام و j ام سری‌اند. تابع sgn نیز توسط رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (4)$$

در مرحله بعدی نیاز است تا واریانس داده‌ها از طریق اعمال رابطه (۵) محاسبه شود:

$$\text{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (5)$$

در معادله فوق شیب خط روند محاسبه گردید به طوری که $j > k$ و X_i برابر با داده‌های مشاهداتی در واحد زمانی i است و X_k برابر با داده‌های مشاهداتی در واحد زمانی k است و به همین ترتیب پس از اعمال رابطه، برای هر جفت داده یک شیب حاصل می‌گردد. در مرحله بعد نیازمند مقدار میانه سری زمانی مورد مطالعه است که ابتدا باید n تعداد از مقادیر Q_i را از کوچک به بزرگ مرتب کنیم و سپس با استفاده از یکی از روش‌های زیر مقدار میانه سری به دست می‌آید.

$$Q_{med} = \begin{cases} Q_{[(n+1)/2]} & \text{اگر داده‌ها فرد باشند} \\ \frac{Q_{[n/2]} + Q_{[(n+2)/2]}}{2} & \text{اگر داده‌ها زوج باشند} \end{cases} \quad (۸)$$

بدین ترتیب شیب خط روند (Q_{med}) حاصل می‌گردد که مثبت بودن آن حاکی از وجود روند صعودی و منفی بودن آن نیز ناشی از نزولی بودن روند داده‌هاست. در این مرحله باید فاصله اطمینان در مورد شیب زمانی در سطوح اعتماد آماری محاسبه گردد که به روش رابطه (۹) اقدام می‌شود (Gilbert, 1987):

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(S)} \quad (۹)$$

در رابطه‌ی فوق Z_1 آماره نرمال استاندارد و $\frac{\alpha}{2}$ سطح معناداری برای سطوح مختلف است. در گام بعدی نیاز است تا حدود اعتماد بالایی و پایینی استنتاج گردد که مقدار آن از رابطه (۱۰) حاصل می‌گردد:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{(n - C_\alpha)}{2} \\ M_2 = \frac{(n + C_\alpha)}{2} \end{cases} \quad (۱۰)$$

در رابطه فوق n به تعداد شیب‌های محاسبه شده تعلق دارد و همچنین M_1 و M_2 به حد پایین و بالای محدوده مورد اطمینان هستند که در مرحله آخر باید M_1 و M_2 1 آمین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج کرد و چنانچه عدد صفر در دامنه دو شیب استخراج شده قرار گیرد، فرض H_0 مورد پذیرش قرار می‌گیرد و وجود روند

که در نهایت p معرف تعداد سری‌هایی که در آن حداقل یک داده تکراری وجود داشته باشد و t نیز معرف داده‌های با ارزش یکسان است.

برای مرحله آخر نیز باید مقدار آماره Z به واسطه یکی از حالات رابطه (۶) معین گردد.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (۶)$$

در چنین حالتی اگر مقدار Z عددی مثبت بود، حاکی از وجود روند مثبت است و اگر هم به ازای Z عددی منفی حاصل شد، نشان‌دهنده وجود روند منفی در داده‌هاست؛ بنابراین تا این مرحله آزمایش روند در سطح معنی‌دار α صورت پذیرفت و در صورتی که $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ برقرار باشد، H_0 رد می‌شود و وجود روند محرز می‌گردد که در این معادله مقدار $Z_{1-\alpha/2}$ از جدول توزیع نرمال استاندارد به دست می‌آید. در این تحقیق $\alpha = 0.05$ در نظر گرفته شد و فرضیه عدم وجود روند در صورتی که رابطه $|Z| > 1.96$ برقرار باشد رد می‌شود (Kendall, 1975).

برآوردگر شیب سن

سن در سال ۱۹۶۸ روشی ناپارامتریک را به جهت تخمین شیب روند در n تعداد داده را گسترش داد که اولین بار این روش را تیل در سال ۱۹۵۰ ارائه کرده بود. این روش از یک مدل خطی برای تخمین شیب روند بهره می‌برد و مانند باقی آزمون‌های ناپارامتریک مشاهدات را در یک سری زمانی واحد مقایسه می‌کند تا تفاوت‌های آن‌ها را آشکار سازد. بدین منظور برای محاسبه شیب خط روند، ابتدا شیب هر جفت داده با رابطه (۷) محاسبه می‌شود (Sen, 1968):

$$Q_i = \frac{X_i - X_k}{j - k} \quad \text{for } i = 1, \dots, n \quad (۷)$$

پس انجام فرآیندهای مذکور به جهت بررسی صحت داده‌ها از ضریب کاپا استفاده شد چراکه لزوم استفاده از اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای آگاهی از میزان دقت و درستی آن است (Zubiri & Majd, 2013; Alavi Panah, 2012). شاخص کاپا بیانگر اختلاف میان توافق واقعی در داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی خودکار و توافق احتمالی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی تصادفی است که بر اساس تغییرات بین صحت واقعی در ماتریس خطا و تغییرهای صحت که به‌وسیله مجموع سطر و ستون نشان داده شده است (Hasan zadeh *et al.*, 2022) که این ضریب برای نقشه‌های ۱۴۰۰ و ۱۳۶۳ (شکل ۵) به ترتیب عدد ۹۱ درصد و ۸۶ درصد بوده است. در پایان، بررسی نقشه‌های کاربری اراضی از طریق تفاضل مساحت هر کلاس بین دوره‌ها در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های ژئومورفیک محدوده مطالعاتی

به‌منظور مطالعه دقیق‌تر و اشراف بر عوامل مؤثر بر دبی حوزه آبریز تجن، ویژگی‌های فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی شده ارتفاع با دقت سی متر در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 محاسبه و بر اساس موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری، منطقه مورد مطالعه جهت ارائه اطلاعات بیشتر در خصوص تغییرات مکانی متغیرها به ۵ واحد هیدرولوژیکی مهم (شکل ۱) تقسیم شد. نتایج نشان داد مساحت حوضه بالغ بر ۳۹۷۰ کیلومتر مربع و محیط آن نیز ۴۳۲ کیلومتر است (جدول ۲). در بررسی شکل حوزه آبخیز، ضریب گراولیوس برابر با ۱/۹۲ و شاخص هورتون و شیوم به ترتیب، ۰/۴۴ و ۰/۷۵ محاسبه شد که با توجه به اینکه در تمامی زیرحوضه‌ها

در داده‌ها انکار می‌گردد و در غیر این صورت، فرض پیش‌فرض رد می‌شود و H_1 مورد پذیرش قرار می‌گیرد که بر همین اساس وجود روند در سطح مورد اطمینان آزمون، تأیید می‌شود (Gocic & Tajovic, 2013).

تغییرات کاربری اراضی

جهت ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد که از درگاه Earthexplore.usgs.gov برای دو تاریخ مرداد ۱۳۶۳ (کالکشن ۲ از لول ۲ لندست ۵ با سنجنده TM) و مرداد ۱۴۰۰ (کالکشن ۲ از لول ۲ لندست ۸ با سنجنده OLI) دریافت شدند و با نرم‌افزار ENVI 5.3 تصحیحات اتمسفری برای تصاویر اعمال شد (Khavarian *et al.*, 2020) تا بدین ترتیب ارزش موجود به ازای هر باند برابر با بازتاب خالص از سطح زمین باشد و جهت افزایش قدرت طبقه‌بندی در تصویر لندست ۸، تلفیق با باند پانکروماتیک صورت گرفت تا دقت تصویر از ۳۰ متر به ۱۵ متر به ازای هر پیکسل افزایش یابد. در این مرحله به‌منظور تهیه نقاط Training samples نقشه با ترکیب رنگی RGB با استفاده از باندهای قرمز، سبز و آبی ایجاد شد. نهایتاً به‌منظور طبقه‌بندی با توجه به تصاویر رنگ طبیعی و بازدید میدانی منطقه مورد مطالعه، کلاس‌های مورد نیاز در ۷ رده انتخاب شدند و برای هر رده تعداد ۵۰ نمونه Training samples با رعایت پراکندگی مناسب برای هر کاربری مورد استفاده قرار گرفتند و بر اساس الگوریتم Maximum Likelihood Classification، طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر صورت پذیرفت زیرا میانگین و ماتریس کوواریانس Training samples در این روش، نتایج دقیق‌تری را نسبت به روش‌های کمترین فاصله و طبقه‌بندی متوازی‌السطوح نشان دادند.

ضریب گراولییوس بزرگ‌تر از ۱/۱۲ است، می‌توان از روش مستطیل معادل نیز در بررسی شکل حوزه‌ها استفاده کرد. همچنین زمان تمرکز حوزه‌های کوچک و پرشیب، کوتاه‌تر از زمان تمرکز حوزه‌های بزرگ و کم شیب محاسبه شدند و حوزه‌های دایره‌ای شکل زمان تمرکز کوتاه‌تری نسبت به حوزه‌های کشیده داشتند.

جدول ۲ - ویژگی‌های ژئومورفیک زیرحوضه‌های حوزه آبریز تجن.

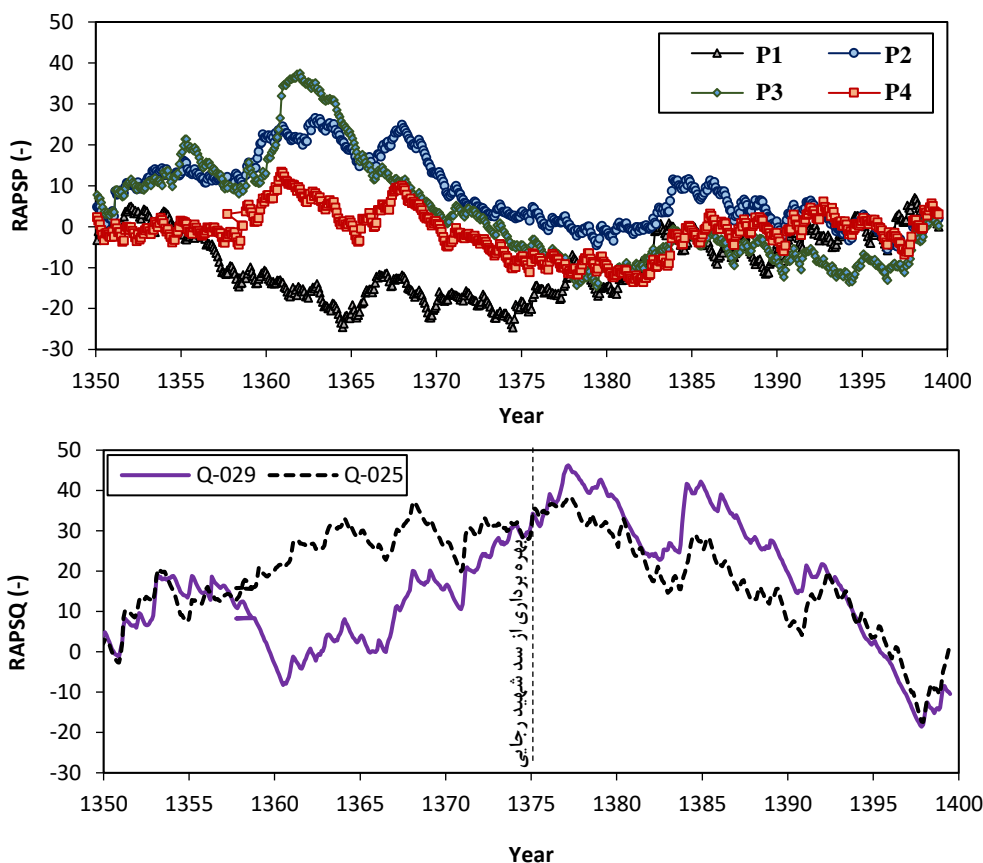
Table 2- Geomorphic characteristics of the sub-watersheds in the Tajan watershed.

کل حوضه All (T)	زیرحوضه ۵ Sub-basin 5 (T5)	زیرحوضه ۴ Sub-basin 4 (T4)	زیرحوضه ۳ Sub-basin 3 (T3)	زیرحوضه ۲ Sub-basin 2 (T2)	زیرحوضه ۱ Sub-basin 1 (T1)	پارامترها (واحد) Parameters (unit)	ردیف No.
0.44	0.17	0.11	0.24	0.38	0.52	ضریب هورتون Horton's Coefficient	1
0.74	0.46	0.37	0.55	0.69	0.81	ضریب شیوم Schumm's Coefficient	2
1.92	2.16	2.32	2.01	1.86	1.67	ضریب گراولییوس Gravelious Coefficient	3
0.27	0.21	0.18	0.24	0.28	0.35	ضریب میلر Miller's Coefficient	4
20.26	4.51	7.74	10.6	6.38	13.54	عرض مستطیل معادل Equivalent Rectangle Width	5
195.98	57.9	116.54	114.14	56.86	91.2	طول مستطیل معادل Equivalent Rectangle Length	6
128.75	35.17	97.72	82.98	25.28	68.31	طول آبراهه اصلی (km) Length of Main Stream	7
2787.91	192.5	2287.21	2178.32	420.61	2787.91	ارتفاع حداکثر آبراهه (m) Maximum Altitude of Stream	8
-13.52	-13.52	192.5	274.69	192.5	420.61	ارتفاع حداقل آبراهه (m) Minimum Altitude of Stream	9
2801.43	206.02	2094.71	1903.63	228.11	2367.31	اختلاف ارتفاع آبراهه (m) Difference of Stream Altitude	10
3970.18	261.35	901.51	1209.49	362.81	1235.02	مساحت (km ²) Area	11
432.48	124.83	248.55	249.47	126.49	209.48	محیط (km) Perimeter	12
95.5	39.4	91	71.6	31	48.7	طول حوضه (km) Length of Watershed	13
1337	209	1364	1481	692	1730	ارتفاع میانه (m) Median Altitude	14
12.21	7.45	9.93	8.53	4.89	6.27	زمان تمرکز، روش کرپیچ (h) Time of Concentration, Kirpich Method	15
11.33	6.96	9.23	7.93	4.57	5.83	زمان تمرکز، روش چاو (h) Time of Concentration, Chow Method	16
2.18	0.59	2.14	2.29	0.9	3.47	شیب متوسط آبراهه (%) Average Slope of River	17
24.3	7.57	24.82	22.14	20.62	30.66	شیب متوسط وزنی حوضه (%) Average Watershed Slope	18
0.09	0.09	0.14	0.075	0.19	0.21	دبی ویژه (MCM/km ² .year) Specific Discharge	19

تغییرات متوسط بلندمدت ماهانه بارش و دبی

در این تحقیق داده‌های دبی مجموعاً ۸ ایستگاه هیدرومتری و داده‌های بارش ۱۲ ایستگاه باران‌سنجی مورد بررسی گرفتند که با توجه به ماهیت مطالعه، سری‌های زمانی داده‌های بارش و دبی با طول یکسان در نظر گرفته شدند. همچنین لازم به ذکر است که برای برخی ایستگاه‌های موجود محدودیت داده‌برداری وجود داشت، به طوری که به جز برای ایستگاه‌های هیدرومتری Q-025 و Q-029 و ایستگاه‌های باران‌سنجی P4، P3، P2 و P5، در مابقی ایستگاه‌ها صرفاً داده‌های ۲۱ سال اخیر

ثبت شده‌اند. به همین جهت مطالعات در دو بازه ۵۰ ساله و ۲۱ ساله انجام شد. در ادامه به منظور مطالعه‌ی روند بارش و دبی، ابتدا سری زمانی ۵۰ ساله برای داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری Q-029 و Q-025 و ایستگاه‌های باران‌سنجی P4، P3، P2 و P5 در نظر گرفته شدند و سپس مورد بررسی قرار گرفتند و مطالعات بر روی آن‌ها با استفاده از شاخص RAPS انجام شد. شکل ۴ مقادیر ایستگاه‌های در نظر گرفته شده را به ازای مقدار شاخص RAPS نشان می‌دهد.



شکل ۴ - نمودار تغییرات شاخص RAPS بارش ($RAPS_P$) و دبی ($RAPS_Q$) در ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی حوزه آبریز تاجن که دارای دوره آماری ۵۰ ساله هستند.

Figure 4 - Variations of RAPS index of precipitation ($RAPS_P$) and discharge ($RAPS_Q$) in the hydrometric and rain gauge stations in the Tajan watershed based on a statistical period of 50 years.

همان‌طور که در نمودار شکل ۴ مشخص است، با وجود تغییرات متعدد شیب در سری داده‌های بارش و دبی، هم در داده‌های بارش و هم در داده‌های دبی می‌توان یک نقطه شکست واحد در روند کلی موجود میان داده‌ها تعیین نمود به طوری که هر دو گروه به دو سری قبل از جدول ۳ - نتایج آزمون من-کندال برای ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری منتخب در حوزه آبریز تجن که دارای دوره آماری ۵۰ ساله هستند.

Table 3 - Results of the Mann-Kendall test for trend analysis of rain and discharge in the selected stations including 50-year recorded data over the Tajan watershed.

		دوره ۵۰ ساله (۱۳۵۰-۱۴۰۰) 50 Years Period (1984 – 2021)			قبل از سال ۱۳۷۷ Before 1999			پس از سال ۱۳۷۷ After 1999		
متغیر Variable	نام ایستگاه Name	کندال تاو Kendall 's tau	ضریب اچ H-value (MK)	شیب سن Sen's slope	کندال تاو Kendall's tau	ضریب اچ H-value (MK)	شیب سن Sen's slope	کندال تاو Kendall's tau	ضریب اچ H-value (MK)	شیب سن Sen's slope
دبی Discharge	Q-025	-0.096	1	-0.153	0.723	1	1.101	-0.771	1	-1.780
	Q-029	0.139	1	0.287	0.406	1	0.941	-0.763	1	-2.719
بارش Rain	P2	0.153	1	0.173	-0.639	1	-0.868	0.581	1	0.725
	P3	-0.428	1	-0.318	-0.086	1	-0.147	-0.093	1	-0.094
	P4	-0.510	1	-0.534	-0.306	1	-0.582	0.164	1	0.167
	P5	-0.110	1	-0.060	-0.242	1	-0.256	0.498	1	0.573

وجود دارند که بررسی‌ها نشان می‌دهد در تمام ایستگاه‌ها روند معناداری را می‌توان گزارش نمود. بر این اساس ایستگاه‌های بارشی P3، P4 و P5 روند منفی در طول آمار ۵۰ ساله دارند که در این بین ایستگاه‌های P3 و P4 با شیب بیشتری مواجه هستند و تنها ایستگاه P2 با شیب ملایمی در وضعیت صعودی قرار دارد. همچنین بر اساس نقطه شکست در تاریخ نیمه سال ۱۳۷۷ نیز تا قبل از این تاریخ تمامی ایستگاه‌های بارشی با شیب تندی روند معنادار نزولی را داشته‌اند اما پس از این تاریخ تقریباً در وضعیت عکس قرار گرفته‌اند به طوری که به جز ایستگاه P3 که تقریباً در وضعیت تعادل است، باقی ایستگاه‌ها با شیب تقریباً تندی حالت صعودی دارند؛ بنابراین آنچه از بررسی داده‌ها در مقیاس ۵۰ ساله استنباط می‌گردد، حاکی از

بر اساس نتایج به دست آمده، به طور کلی روند تغییرات دبی در هر دو ایستگاه در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد رد نمی‌شوند و روند معناداری را نشان می‌دهند که ایستگاه پایانی Q-029 دارای روند مثبت است و ایستگاه Q-025 نیز با شیب بسیار ملایم روند نزولی دارد و این در حالی است که روند دبی در ایستگاه Q-029، قبل از تاریخ نیمه ۱۳۷۷ با شیب تقریباً تندی مثبت بوده و پس از تاریخ مذکور روند آن به شدت نزولی شده است و در ایستگاه هیدرومتری Q-025 نیز همین وضعیت حاکم است به طوری که روند دبی قبل از نیمه سال ۱۳۷۷ با شیب تندی مثبت بوده و پس از این تاریخ نیز با شیب تندی نزولی بوده و داده‌ها نشان می‌دهند که در تمام این حالات روند معناداری وجود دارد. در سویی دیگر داده‌های بارش

نیز روند مثبت وجود دارد. البته ایستگاه‌های P1، P3، P4، P6، P9، P10 و P12 دارای روند معنادار نزولی هستند اما شیب آن‌ها به شدت شیب داده‌های دبی نمی‌باشد و بدین ترتیب بارش منطقه نمی‌تواند وضعیت نزولی روند داده‌های دبی را توجیه نماید.

همچنین بر اساس نتایج به دست آمده، به وضوح می‌توان از روند کاهشی دبی در بیشتر ایستگاه‌ها خبر داد که در این میان الگوی ایستگاه‌های Q-018، Q-020 و Q-021 با یکدیگر مشابهت دارند و منطبق با ایستگاه خروجی حوزه یعنی ایستگاه Q-029 می‌باشند. گفتنی است که دبی در ایستگاه Q-023 نیز بدون روند در ۲۱ سال اخیر است که نهایتاً نتایج تفصیلی آزمون‌های آماری اعمال شده در جدول ۴ ارائه شد.

حاکمیت وضعیت خاصی در منطقه است و شرایط نشان‌دهنده‌ی عدم تطابق رژیم بارش با دبی منطقه مورد مطالعه است. لذا برای اظهار نظر دقیق‌تر می‌بایست تعداد ایستگاه‌های بیشتری مورد بررسی قرار گیرند، به همین جهت به عنوان مکمل نتایج فوق، ایستگاه‌های بیشتری (۸ ایستگاه هیدرومتری و ۱۲ ایستگاه باران‌سنجی) در دوره زمانی ۲۱ ساله (۱۳۷۷-۱۳۹۹) مورد بررسی قرار گرفتند.

در بررسی داده‌های ۲۱ ساله (جدول ۴)، نتایج بیانگر وجود روند منفی با شیب تند در دبی ۷ ایستگاه هیدرومتری است و ۱ ایستگاه هیدرومتری (Q-023) نیز بدون روند است و این در حالی است که بررسی داده‌های بارش نشان‌دهنده‌ی عدم وجود روند در ۴ ایستگاه باران‌سنجی (P5، P7، P8 و P11) است و در ایستگاه P10

جدول ۴ - نتایج آزمون من-کندال برای ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه حوزه آبریز تاجن در دوره ۲۱ ساله (۱۳۷۷ تا ۱۳۹۹).

Table 4- Results of the Mann-Kendall test for trend analysis of rain and discharge in the selected stations including 21-year recorded data over the Tajan watershed.

متغیر Variable	نام ایستگاه Name	کندال تاو Kendall's tau	ضریب اچ H-value (MK)	شیب سن Sen's slope	متغیر Variable	نام ایستگاه Name	کندال تاو Kendall's tau	ضریب اچ H-value (MK)	شیب سن Sen's slope
بارش Rain	P1	-0.205	1	-0.183	بارش Rain	P7	0.082	0	0.161
	P2	0.215	1	0.198		P8	0.078	0	0.019
	P3	-0.391	1	-0.433		P10	-0.149	1	-0.229
	P4	-0.460	1	-0.624		P12	-0.157	1	-0.136
	P5	0.035	0	0.035		P9	-0.227	1	-0.315
	P6	-0.273	1	-0.400		P11	0.024	0	0.044
دبی Discharge	Q-018	-0.383	1	-1.218	دبی Discharge	Q-025	-0.152	1	-0.228
	Q-020	-0.421	1	-3.487		Q-027	-0.425	1	-0.738
	Q-021	-0.669	1	-2.135		Q-029	-0.299	1	-0.981
	Q-023	-0.059	0	-0.140		Q-206	-0.382	1	-0.535

این موضوع را عدم تطابق الگوی بارشی منطقه با الگوی دبی اثبات می‌کند. به همین جهت بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان بیان نمود که در واقع تغییرات کاربری نیز

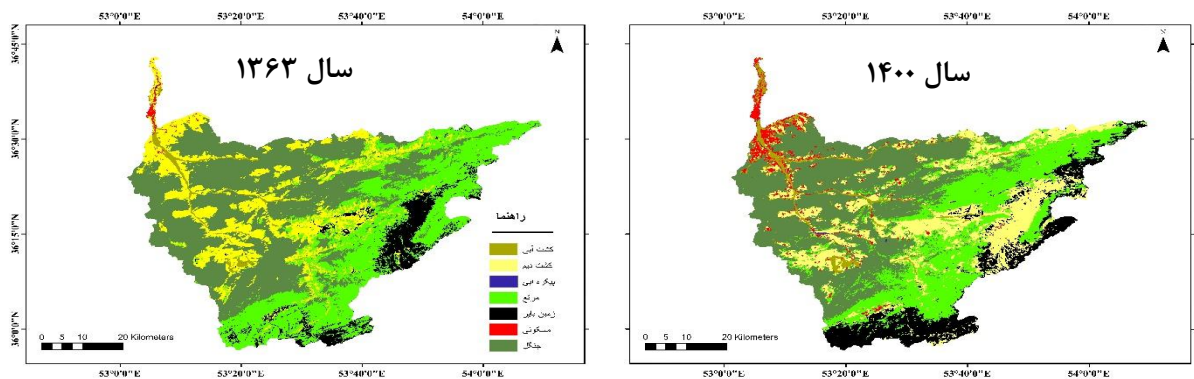
بنابراین آنچه از بررسی‌های صورت گرفته استنباط می‌شود این است که رژیم حاکم بر دبی آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه صرفاً از متغیرهای اقلیمی تبعیت نمی‌کنند و

شهری تبدیل شدند، لذا نتایج، تغییرات قابل توجهی را در سطح اراضی کشت دیم نشان نمی‌دهد. همچنین در خصوص حوزه T4 نکته حائز اهمیت این است که بیشترین تغییرات در این ناحیه مربوط به تبدیل مراتع به زمین‌های بایر بوده است که این مسئله می‌تواند ناشی از تأثیر تغییرات اقلیمی در منطقه باشد. در همین راستا یافته‌های این تحقیق، نتایج حاصل از پژوهش Rajaei و همکاران در سال (۲۰۲۰) را تأیید می‌کند. بدین ترتیب که آن‌ها اذعان داشتند در یک دوره ۳۴ ساله، کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات شدیدی شده و به دنبال آن نیز کاربری جنگلی حوزه آبریز تجن کاهش پیدا کرده و این در حالی بوده که سطح زیر کشت محصولات کشاورزی رشد داشته است. Qodsi نیز طی پژوهشی در سال (۲۰۱۶) به این نتیجه رسید که پوشش مراتع و جنگل‌ها به نفع پدیده‌های انسان‌ساخت تخریب شده است که نتایج پژوهش نگارندگان نیز این موضوع را تأیید می‌کند. همچنین Farajzadeh و Fallah نیز طی پژوهشی در سال (۲۰۰۸) تغییرات کاربری شدیدی را در منطقه مورد مطالعه مشاهده کردند به طوری که طی دوره زمانی مطالعه، پوشش گیاهی کاهش پیدا می‌کند و این در حالی است که عوارض انسان‌ساخت گسترش می‌یابند و از این جهت یافته‌های این تحقیق نیز بیانگر همین موضوع است.

باید از عواملی باشد که بر دبی منطقه مورد مطالعه اثرگذار است.

کاربری اراضی: تغییرات کاربری اراضی حوزه‌های آبریز به دنبال تغییرات اقلیمی و سیاست‌های محلی پیوسته در حال تغییر است و این در حالی است که وضعیت کاربری اراضی در سطح حوزه مستقیماً در پاسخ هیدرولوژیک حوزه دخالت دارد و می‌تواند وضعیت منابع آب موجود را متأثر سازد (Chen *et al.*, 2020; Ahmadi Sani *et al.*, 2018) لذا با توجه به تأثیر کاربری اراضی بر متغیر مورد بحث در این پژوهش، تغییرات کاربری اراضی در سطح حوزه آبریز تجن بررسی شد.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که کاربری شهری بیشترین درصد افزایش را در منطقه مورد مطالعه داشته است و بیشترین سطح گسترش آن نیز در پائین‌دست حوزه بوده است و همچنین سطح اراضی کشت آبی نیز دارای افزایش چشم‌گیری بوده است که این مسئله بیانگر تغییر الگوی کشت از دیم به آبی پس از احداث سد شهید رجایی است. در مقابل این تغییرات، اراضی جنگلی و مرتعی منطقه هرکدام به ترتیب ۱۱ و ۱۶ درصد کاهش داشته‌اند به طوری که در بالادست حوزه عمده اراضی جنگلی به نفع اراضی کشت دیم کاهش یافت اما از آنجایی که در پایین‌دست حوزه بسیاری از اراضی کشت دیم به مناطق



شکل ۵ - نقشه کاربری اراضی در سطح حوزه آبریز تجن.

Figure 5- Land use map of the Tajan watershed

جدول ۵- کاربری اراضی حوزه تاجن در سال ۱۹۸۶ و ۲۰۲۲ (برحسب هکتار) و درصد تغییرات کاربری در طول دوره ۱۹۸۶-۲۰۲۲.

Table 5- Land use map of Tajan watershed in 1986 and 2022 (areas are in hectares) and the percentage of land use changes during the period of 1986-2022.

زیرحوضه‌ها Basins	T1	T2	T3	T4	T5	کل حوضه All
سال ۱۳۶۳ Year 1986						
کشت آبی Irrigated cultivation	1508.8	1254	917.1	1092.2	1668.6	6440.7
کشت دیم Rainfed cultivation	21870	9954.7	22083	13025.6	11952.2	78885.5
پیکر آبی Water Body	5.5	6.2	13.8	0	0.5	26.0
مرتع Range Land	52083.3	338.6	38203.9	30160.7	301.5	121088.0
زمین بایر Bair Land	8375.2	13.7	19240.5	772.4	348.1	28749.9
جنگل Forest	39358.2	24639.3	40729.7	43794.8	10406	158928.0
مسکونی Urban	11.7	24.1	20.9	1090	536.1	1682.8
سال ۱۴۰۰ Year 2021						
کشت آبی Irrigated cultivation	2389.6	2125.8	2069.7	2512.8	4417.1	13515.0
کشت دیم Rainfed cultivation	18336.5	5194.6	39025	15164.2	1982.5	79702.8
پیکر آبی Water Body	147.9	0	47.9	0	0.7	196.5
مرتع Range Land	43442.5	420.5	27408.8	30505.6	11.6	101789.0
زمین بایر Bair Land	25601.3	0.5	15368	4415.8	565.5	45951.1
جنگل Forest	31663.7	26617.5	35647.5	35090.8	12621.6	141641.0
مسکونی Urban	1631.6	1871.9	1641.7	1167.6	6692.7	13005.5
تغییرات کاربری ۱۴۰۰ نسبت به ۱۳۶۳ (درصد) Land Use Changes During 1986 – 2021 (%)						
کشت آبی Irrigated cultivation	58.4	69.5	125.7	130.1	164.7	109.8
کشت دیم Rainfed cultivation	-16.2	-47.8	76.7	16.4	-83.4	1.0
پیکر آبی Water Body	2589.1	-100	247.1	0	33.8	655.0
مرتع Range Land	-16.6	24.2	-28.3	1.1	-96.2	-15.9
زمین بایر Bair Land	205.7	-96.4	-20.1	471.7	62.5	59.8
جنگل Forest	-19.6	8	-12.5	-19.9	21.3	-10.9
مسکونی Urban	13845.3	7667.2	7755	7.1	1148.4	672.9

نتیجه‌گیری

موقعیت بالادست سد قرار دارند و همچنین ایستگاه‌های Q-027 و Q-023 که در وضعیت موازی با زهکشی سد دارند نیز مشابه با دو ایستگاه پائین‌دستی است که بر همین اساس نگارندگان به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌کنند که ارتباط میان وضعیت آب‌های زیرزمینی در سطح منطقه مورد مطالعه با آبرگیری سد شهید رجایی بررسی کنند تا بتوان در خصوص تأثیر سد بر آب‌های زیرزمینی و کاهش دبی در تمامی آبراهه‌های حوزه آبریز تجن نظر علمی ارائه داد.

همچنین شاخص‌های آماری ارائه‌شده در این پژوهش علاوه بر اینکه قابلیت تکرارپذیری و پیاده‌سازی در سایر حوزه‌های آبریز را دارد، می‌تواند در راستای آشکارسازی روند تغییرات متغیرهای بارش و دبی حوزه آبریز به مدیران جهت دستیابی به مدیریت پایدار حوزه و بهره‌مندی حداکثری از خدمات اکوسیستم حوزه آبریز کمک کند. به همین جهت به کارگیری نتایج این تحقیق می‌تواند برای سیاست‌گذاران در جهت اصلاح الگوهای زراعی و محدودیت توسعه در مناطقی که بیشترین تغییرات نامطلوب را داشته‌اند مفید باشد.

همچنین با توجه به اینکه در این تحقیق به دنبال عدم پیوستگی در داده‌های کیفیت آب و رسوب، از بررسی آن صرف‌نظر شد لذا نگارندگان به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌کنند تا بررسی جامع متغیرهای هیدرولوژیکی در سایر حوزه‌های آبریز توسط شاخص‌های پیشنهادی این پژوهش مورد توجه قرار گیرد.

References

- Abera, F.F., Asfaw, D.H. & Nigussie, A. (2017). Trend and Variability of Rainfall & Stream Flow Series at Tekze River. *J. Scientific and Engineering Research*, 8(11), 665-680
- Adib Taleghani, D. & Khoshmanesh, B. (2020). Assessment of Precipitation, Evapotranspiration and Discharge Changes of Kan River Basin, with Regard to Climate Change. *J Environment & Interdisciplinary Development*. 66, 1-18. (In Persian).

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، به دنبال تغییرات شدید کاربری و تخریب اراضی جنگلی به نفع پدیده‌های انسان‌ساخت نظیر اراضی زراعی و مناطق مسکونی در منطقه مورد مطالعه، رواناب حاصل از باران افزایش یافته و در نتیجه روند دبی آبراهه‌ها به‌رغم فاز کاهش روند بارش طی دوره ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۷ در وضعیت افزایشی بوده اما این وضعیت صرفاً محدود به همین دوره است و پس‌از این تاریخ روند دبی به‌یک‌باره در تمامی ایستگاه‌های هیدرومتری با شیب تندی در وضعیت نزولی قرار گرفته است و این در حالی است که از بین ۱۲ ایستگاه باران‌سنجی که مورد بررسی قرار گرفت، ۴ ایستگاه (P5، P7، P8 و P11) بدون روند بوده‌اند و ایستگاه P2 نیز روند صعودی دارد. البته در باقی ایستگاه‌ها که روند نزولی حاکم است، بر اساس نتایج آزمون شیب سن، شدت آن‌ها بسیار کمتر از شدت نزولی دبی آبراهه‌هاست از این‌رو وضعیت بارش منطقه مورد مطالعه نمی‌تواند به‌تنهایی فاز کاهش دبی آبراهه‌ها را توجیه کند. به همین جهت بر اساس نتایج این تحقیق با توجه به نزدیک بودن بروز اغتشاشات در روند دبی آبراهه‌ها به تاریخ آبرگیری سد شهید رجایی، این وضعیت را می‌توان به احداث سد شهید رجایی نسبت داد که باعث کنترل دبی شده است اما نکته حائز اهمیت این است که صرفاً ایستگاه‌های هیدرومتری Q-025 و Q-029 قسمت پائین‌دست سد قرار دارند اما الگوی ایستگاه‌های Q-018، Q-020 و Q-206 که در

- Ahmadi, M. & Dadashi, A.A. (2016). Assessment of the tracks of spatio-temporal precipitation, Iran. *J Natural Geographic Research*. 48(3), 265-284. (In Persian).
- AhmadiSani, N., Solaimani, K., Razaghnia, L., Mostafazadeh, R. & Zandi, J. (2018). Assessing the efficiency of Arc-CN Runoff tool in runoff estimation and its comparison in 1996 and 2011 years in Haraz Watershed, Mazandaran Province. *J Hydrogeomorphology*. 16, 139-158. (In Persian).

- Alavi-Panah, S.K. (2012). Application of remote sensing in earth sciences (soil sciences). *Tehran University Publications*. Tehran. The fourth splash. 478 pages. (In Persian)
- Ansari, M., Noori, Gh. & Fotohi, S. (2017). Investigation of Temperature Precipitation and Flow Trend Using Nonparametric Mankendall (Case Study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). *Journal of Watershed Management Research*. 14, 152-158 (In Persian)
- Chen, Y., Niu, J. & Sun, Y. (2020). Study on streamflow response to land use change over the upper reaches of Zhanghe Reservoir in the Yangtze River basin. *J Geoscience Letters*. 7, 2-12.
- Da Silva, R.M., Santos, C.A.G., Moreira, M., Corte-Real, J., Silva, V.C.L. & Medeiros, I.C. (2015). Rainfall and river flow trends using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. *Natural Hazards*. 77, pages 1205-1221.
- Dastourani, M. & Yazdanpanah gharaei, F. (2020). Investigation of precipitation and discharge trends in Aras basin. *J Rainwater Catchment System*. 8(3), 25-34 (In Persian).
- Farajzadeh, M. & Fallah, M. (2008). Assessing the Effects of Land use and Land Cover Change on the Flood Regime of Tajan Basin Using Remote Sensing Technique. *J Physical Geography Research Quarterly*. 64, 89-104 (In Persian)
- Gabrecht, J. & Fernandez, G.P. (1994). Visualization of trends and fluctuations in climatic records. *J. Water Resour Bull*, 30(2), pp 297-306
- Gautam, M. & Acharya, K. (2012). Streamflow Trends in Nepal: Impact of Potential Climate Change in Nepalese Rivers. *Hydrological Sciences*, 57: 344-357
- Geravand, F., Hosseini, S.M., Maghsoudi, M. & Yamani, M. (2022). Characterization of Karst Springs from Zagros Mountain in southwestern Iran. *Environ Earth Sci*, 81, 529. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10645-w>
- Gilbert, R.O. (1987) *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*. Wiley, New York
- Gocic, M. & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *J. Global and Planetary Change*, 100, 172-182
- <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.10.014>.
- Hasan zadeh, R., Esfandyari, F., Asghari Saraskanrood, S. & Miri, Z. (2022). Evaluation of the results of land use changes on the discharge of Darre Rood river in a period of 30 years using the SWAT model. *J Hydrogeomorphology*. 9(3), 51-69 (In Persian).
- Hirsch, R.M., Helsel, D.R., Cohn, T.A. & Gilroy, E.J. (1993) *Statistical Analysis of Hydrologic Data*. In: D. R. Maidment, Ed., *Handbook of hydrology*, McGraw-Hill Book Co., New York. <https://doi.org/10.1007/s40899-020-00441-4>
- Jain, S.K., Nayak, P.C. & Chandniha, D.K. (2017). Trends in Rainfall and Peak Flows for some River in India, *J. Current Science*, 12(5), 1712-1726
- Kendall, M.G. (1975) *Rank correlation methods*. Griffin Publications, London.
- Khatami, S.S., Bouzarjomehri, Kh., Zarrin, A. & Falsolayman. M. (2022). Analysis of Water Resources Management Studies in Iran and the World. *J Geography and Environmental Hazards*. 11(2), 251-271 (In Persian)
- Khavarian, H., Aghaie, M. & Mostafazadeh, R. (2020). Predicting the effects of land use changes on the monthly flow using hydrological model and Remote Sensing in the Kouzetopraghi watershed, Ardabil. *J Hydrogeomorphology*, 6(24), 19-39. (In Persian).
- Koulaian, A., Khoshravesh, M., Mohammadi golafshani, N. & Mirzaee, M. (2016). Analysis of streamflow trend in Mazandaran Rivers using nonparametric Mann-Kendal test. *J Watershed Engineering and Management*. 9(3), 232-245 (In Persian)
- Loni, R., and Sharifzadeh, M. (2022). A review of Water, Energy, and Food Nexus in Iran: Necessity, Challenges and Suggested Solutions. *J Sustainability, Development & Environment*. 3(3), 29-49 (In Persian)
- Majidi, A.A., Radfar, M., Mirabbasi Najafabadi, R., and Marofi, S. (2019). Trend Analysis of Streamflow across the Hamadan Province. *J Iranian Water Research*. 12(3), 27-38 (In Persian).
- Mann, H.B. (1945). Non-Parametric Test against Trend. *Econometrica*, 13, 245-259. <http://dx.doi.org/10.2307/1907187>
- Maroufi. S. & Tabari, H. (2018). Revealing the trend of Maroon river flow changes using

- parametric and non-parametric methods. *J Geographical Research Quarterly*. 26(2), 125-146 (In Persian)
- Mohammadi, T., Sheikh, V. & Zare Garizi, A. (2022). Trend Analysis and Change Points in Stream Flow of Gorganrood Watershed. *J Water and Soil Science*. 26(4), 177-201
- Mojerloo F., Fazloulou R. & Emadi A.R. (2018). Application of the IHACRES Model to Assess the Effects of Climate Change on the Discharge of Tajan Watershed. *Journal of Irrigation and Drainage*. 13(1), 129-141 (In Persian)
- Qodsi, M. (2016). Ecogeomorphological changes of Nekarod and its comparison with Tajan River. *Doctoral thesis in the Physical Geography- geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran*. 104 p (In Persian)
- Rainfall and river flow trends using Mann–Kendall and Sen’s slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. *Nat Hazards*. 77, 1205–1221.
- Rajaei, F., Esmaili Sari, A., Salmanmahiny, A., Delavar, M. & Massah Bavani, A. R. (2020). Assessment of Land Changes in Tajan River Watershed with Emphasis on Landscape Metrics. *J. Env. Sci. Tech*. 22(1), 354-365 (In Persian).
- Reiahi, M., Solimani, K., Mosavi, S.R., & Banihashemi, M. (2017). Investigation Effect of Land Use Change on the River Discharge Using HEC-HMS Model (Case study: watershed Neka Leaksha). *J Iranian Water Research*. 11(1), 33-43 (In Persian).
- Sahoo, B.B. & Jha, R. (2020). Assessment of low flow trends and change point detection in Mahanadi River basin, India. *Sustain. Water Resour. Manag.* 6, 81.
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *J. American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389
- Serrano, A., Mateos V.L. & Garcia, J.A. (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *J. Physics and Chemistry of the Earth (B)*, 24(1-2), 85-90
- Sheidaei, M., Ziatabar Ahmadi, M. & Fazloulou, R. (2015). Study on Climate Change Effect on Net Irrigation Requirement and Yield for Rice Crop (Case Study: Tajan Plain). *J Water and Soil*. 28(6), 1284-1297 (In Persian)
- Tabari, H., Taye M.T. & Willems, P. (2015). Statistical assessment of precipitation trends in the upper Blue Nile River basin. *Stochastic Environ Res Risk Assess*, 29, 1751–1761
- Zubiri, M. & Majd, A.R. (2013). Familiarity with remote sensing technology and its application in natural resources, satellite information, aerial photographs, space. *Tehran University Publications*. 317 pages. (In Persian)

Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam)

Mohsen Tavakoli^{*1}, Mahsa Kohzadi¹, Haidar Ebrahimi²

1. Department of range and watershed management, Ilam University, Ilam, Iran

2. Department of range and watershed management, Kashan University, Kashan, Iran

*Corresponding Author: m.tavakoli@ilam.ac.ir

(Received: 16 May 2023

Revised: 23 June 2023

Accepted: 20 July 2023)

Extended Abstract

Introduction: According to global data, flood is one of the most important natural disasters, which has the highest number of occurrences and a high volume of coverage. Therefore, it has extensive damage and consequences that cause destruction all over the world every year. Watershed management can be very important and effective in preventing floods and their damage. The analysis of watershed projects is one of the most fundamental measures that is carried out for the long-term planning in relation to executive plans and natural resources management. The loss of water and soil resources in watershed has been increasing in recent decades due to irrational exploitation of resources. This problem leads to a decrease in the useful life of dam reservoirs, a decrease in the production, and loss of the country's capital, while intensifying the occurrence of floods and increasing sediment generation and depreciation of equipment and structures. The construction of watershed structures played an obvious and significant role in reducing erosion and consequently preventing these sediments from entering the reservoir, which is the supplier of the major part of the drinking water in Ilam city. In the current study, an assessment of the impacts of watershed management implementations of Gol-Gol, Ilam province watershed has been done using HEC-HMS.

Materials and method: Gol-Gol watershed is located in Ilam province, in Ilam and Malekshahi county as one of the sub-basins of Ilam dam. Gol-Gol watershed has geographic coordinates of 46°16'44" to 46°18'24" east longitude and 33°19'4" to 46°32'12" north latitude. Its area was estimated to be 24950 hectares. The maximum and minimum height of the Gol-Gol watershed is 2605 and 1076m above sea level, respectively. The average rainfall is 570.6 mm and the average temperature is 16.8°C. In this study, first, all the data and related maps were collected and the HEC-HMS hydrological model was calibrated and validated using the observed rainfall and runoff data. In this stage, the data of 2004-2005 period were used for calibration and the data of 2006 were used for the validation. Also, the effectiveness of the hydrological model in simulating the flood hydrograph in the calibration and validation stages were evaluated using peak flows, average flows, Nash-Sutcliffe efficiency and correlation coefficient. Then, a daily event with a return period of 25 years and time steps of 10 minutes was selected to investigate the effects of watershed implementation, and their results were analyzed in this stage as two main scenarios (the presence of a watershed structure and the absence of a watershed structure).

Results and discussion: The calibration results showed that the maximum observed flow rate is 90 m³/s, while the simulated flow rate is 89.7 m³/s. The correlation coefficient and dispersion of the data used in the calibration stage were 80% and the NSE was 79%, which show the acceptable results of the simulation. Then, the results were validated using the optimized parameter of the model during the one-year period of 2006. The maximum observed flow rate was 67.7 m³/s and the simulated value was 67.1 m³/s. The efficiency index of the model was obtained with a correlation coefficient of 77% and a cliff settlement factor of 76%. Based on the results of the calibration and validation of the model and the low percentage of difference between the observed and simulated flow rate in the used events, it was determined that HEC-HMS model has the necessary efficiency to simulate the Gol-Gol watershed basin. In addition, the evaluation of the effect of watershed structures on the flow rate results showed that in the first scenario (the presence of a watershed structure), the simulated peak flow was calculated as 137 m³/s, but the calculations showed the value of 114.2 m³/s for the second scenario (the absence of a watershed structure).

Conclusion: This study was performed with the aim of evaluating the effect of watershed management measures on runoff in the Gol-Gol watershed, using the HEC-HMS hydrological model. In order to check the effect of the proposed devices, the flood behavior was simulated for the existing events. The criteria of peak discharge and flood volumes were determined for evaluation and their values were calculated for two situations before and after watershed measures. The results of the statistical comparison showed that these measures have a significant effect on reducing runoff and discharge in the study area. The calibration results also showed that the curve number parameter is one of the most sensitive and effective parameters on runoff. Since the numerical value of this parameter depends on the hydrological group of the soil of the region, land use, hydrological status of the region and previous soil moisture status, these factors can be controlled by management measures. The evaluation phase of watershed structures and their efficacy on the flow resulting from a storm with a return period of 25 years showed a decrease of 22.8 m³/s of the maximum flow, which can finally be concluded that the creation and construction of watershed structures is the best solution to prevent floods in this area, which confirms the effect of structures on reducing floods.

Keywords: Watershed Management, Gol-Gol Watershed, HEC-HMS, Water Resources

Citation: Tavakoli, M., Kohzadi, M., & Ebrahimi, H. (2023). Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam). *Integrated Watershed Management*, 3(2), 67-79. doi: 10.22034/iwm.2023.2002536.1078

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل‌گل، ایلام)

محسن توکلی^{۱*}، مهسا کهزادی^۱، حیدر ابراهیمی^۲

۱- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

*نویسنده مسئول: m.tavakoli@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶

چکیده

در چند دهه اخیر، افزایش رو به رشد تلفات منابع آب‌و‌خاک موجود در حوزه‌های آبخیز در اثر بهره‌برداری غیراصولی از منابع، شدت فزاینده‌ای یافته است. این اقدامات باعث تخریب اراضی و کاهش عمر مفید سدها و در نتیجه کاهش تولیدات شده است. بر این اساس، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز گل‌گل با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام شده است. برای این منظور ابتدا تمامی داده‌ها و نقشه‌های مربوط به داده‌ها، جمع‌آوری و مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS با استفاده از داده‌های بارندگی و رواناب مشاهده‌شده، واسنجی و اعتبارسنجی گردید. مرحله واسنجی نتایج نشان داد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۹۰ مترمکعب بر ثانیه و در مقابل دبی شبیه‌سازی شده ۸۹/۷ مترمکعب بر ثانیه است، ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورد استفاده نیز در مرحله واسنجی ۸۰٪ و ضریب نش-ساتکلیف ۷۹٪ به دست آمد که نشان‌دهنده نتایج قابل قبول شبیه‌سازی است. در ادامه با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده مدل طی دوره زمانی یک‌ساله اعتبارسنجی شد که دبی حداکثر مشاهده‌شده ۶۷/۷ مترمکعب بر ثانیه و مقدار شبیه‌سازی شده ۶۷/۱ مترمکعب بر ثانیه بوده و شاخص‌های کارایی مدل با ضریب همبستگی ۷۷٪ و ضریب نش ساتکلیف ۷۶٪ به دست آمده است. سپس یک رویداد روزانه با دوره بازگشت ۲۵ سال و مراحل زمانی ۱۰ دقیقه برای بررسی اثرات اجرای آبخیزداری انتخاب شد که نتایج آن‌ها در این مرحله به صورت دو سناریوی اصلی (وجود سازه آبخیزداری و عدم وجود سازه آبخیزداری) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که در سناریوی اول و دوم پیک دبی شبیه‌سازی شده به ترتیب ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه و ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده که تأثیر سازه‌ها بر دبی پیک را با کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه نشان می‌دهد. نتیجه‌گیری کلی اینکه با انجام اقدامات مناسب و مدیریت شده می‌توان دبی حداکثر سیلاب‌ها را به مقدار مناسبی کاهش داد، همان‌گونه که در گذشته نیز تأثیرگذار بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: آبخیزداری، حوزه آبخیز گل‌گل، مدل HEC-HMS، منابع آب

استناد: توکلی، م.، کهزادی، م. و ابراهیمی، ح. (۱۴۰۲). ارزیابی و پیش‌بینی اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی‌های حداکثر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز گل‌گل، ایلام). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، (۲) ۳، ۶۷-۷۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

هرچند کشور ایران به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک در دنیا محسوب می‌شود، اما با این حال مقدار قابل توجهی از آب در کشور از نقاط مرتفع حوزه‌های آبخیز خارج شده و به مناطق پایین دست حرکت و از دسترس خارج می‌شود. این هز روی آب در کشور عمدتاً از عدم استفاده و یا بهره‌برداری نادرست از منابع آب در کل حوزه آبخیز ناشی می‌گردد که به نظر می‌رسد با مدیریت مناسب و کنترل این منبع می‌توان بسیاری از مشکلات مرتبط با آب‌و‌خاک در کشور را حل کرد (Dehghani, 2009). ایران به‌عنوان کشوری که در فلات قاره قرار دارد و از دو رشته‌کوه البرز و زاگرس تشکیل می‌شود، دارای رودهای زیادی بوده و شهرها و روستاها در امتداد این رودها قرار دارند و این امر سبب شده که در معرض سیلاب و خسارت ناشی از آن قرار بگیرند. علاوه بر سیلاب و خسارات آن در سطح وسیعی از ایران، اثرات جانبی و ثانویه آن نیز باعث خسارت است و علل زیادی برای آن قابل تصور است که از آن جمله به از بین بردن پوشش گیاهی و جنگل‌ها، خشک‌سالی و بیابان‌زایی، تغییر کاربری و توسعه نامتناسب شهری می‌توان اشاره کرد (Dehghani, 2009). بر اساس آمارهای جهانی، سیلاب جزو مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بیش‌ترین تعداد وقوع و حجم دربرگیری را دارد به همین علت خسارات و عوارض وسیعی نیز دارد که در سراسر جهان هرساله موجب نابودی می‌شود (Khosrowshahi و Thaghafian 2005). در این راستا مطالعات خارجی و داخلی زیادی نشان داده‌اند که آبخیزداری در پیشگیری از بروز سیلاب و خسارات آن می‌تواند بسیار مهم و کارساز باشد که سه سناریوی اصلی عملیات مکانیکی، بیولوژیکی و بیومکانیکی انجام می‌شود و نیاز به طراحی و مدیریت اجرا دارد (Moghadasi et al, 2014). در ایران نیز روند افزایشی در بروز سیلاب وجود دارد که هرساله نقاطی را درگیر می‌نماید و علت اصلی آن نیز از بین رفتن پوشش گیاهی و تغییر کاربری‌هاست و این احتمال برای تمام نقاط

ایران وجود دارد. ارزیابی تدابیر سازه‌ای از زوایای مختلفی صورت می‌گیرد که تحلیل و بررسی پروژه‌های مربوط به آبخیزداری امروزه از مهم‌ترین و لازم‌ترین مواردی است که در همه کشورها به‌منظور برنامه‌ریزی‌های کلان و خرد در زمان حال و آینده در زمینه طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد (Sadeghi et al., 2013). تحلیل پروژه‌های آبخیزداری از بنیادی‌ترین اقداماتی است که به‌منظور برنامه‌ریزی‌های بلندمدت در رابطه با طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد. از دست رفتن منابع آب‌و‌خاک حوزه‌های آبخیز در چند دهه اخیر در اثر بهره‌برداری غیرمنطقی و غیراصولی از منابع، شدت فزاینده‌ای یافته است. این مسئله ضمن تشدید وقوع سیلاب‌ها و افزایش تولید رسوب و استهلاک تجهیزات و سازه‌ها؛ منجر به کاهش عمر مفید مخازن سدها گشته و موجبات کاهش تولید و تلفات سرمایه‌های کشور را فراهم نموده است (Hosseini et al., 2008). مطالعات مختلفی در زمینه مدل‌سازی هیدرولوژیکی با تمرکز بر روی مدل HEC-HMS و ارزیابی اقدامات گوناگون بر روی خصوصیات هیدرولوژیک یک حوزه در ایران و سایر نقاط جهان ارائه شده است. Fasahat و همکاران در سال ۲۰۱۱، تأثیر احداث سد مخزنی در کاهش دبی اوج سیلاب پایین دست با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS در حوزه آبخیز جونقان - فارس استان چهارمحال و بختیاری را بررسی کردند و نشان دادند که احداث سدها باعث شده که به‌طور متوسط دبی اوج سیل خروجی ۳۴ درصد کاهش یابد، این کاهش برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های کمتر بزرگ‌تر بود. در پژوهشی دیگر، Eskandari و همکاران در سال ۲۰۱۲، رژیم و سیستم جریان را با طرح آبخیزداری بررسی کردند که نشان داد ۴۲ درصد در اجرا و ۷۰ درصد پس از اجرا منجر به کاهش دبی پیک می‌شود. Hashemi در سال ۲۰۱۳، با مدل HEC-HMS به بررسی اثر سازه‌های خشکه چین بر دبی در سمنان پرداخت که تا ۱۶/۷ درصد کاهش دبی پیک را به همراه داشت. Dehghani-Firouz

خطر سیلاب برای اراضی پایین‌دست موردبررسی قرار گرفت. Damadi و همکاران در سال ۲۰۱۹، با استفاده از نقشه مدل ارتفاعی رقومی (DEM) و با کمک برنامه‌های الحاقی Arc-Hydro و Geo HEC-HMS مدل حوزه و زیرحوزه‌ها را در حوزه آبخیز سرباز سیستان و بلوچستان تهیه کردند و نتایج حاکی بر این بود که این حوزه دارای نفوذپذیری کم و از طرفی حجم رواناب بالایی است. Aliye و همکاران در سال ۲۰۲۰، با استفاده از دو مدل هیدرولوژیکی SWAT و HEC-HMS برای پیش‌بینی جریان در حوزه رودخانه Katar، اتیوپی استفاده کردند و عملکردهای این دو مدل به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای حوزه مطالعه مقایسه شد. هر دو مدل به ترتیب با داده‌های جریان ۱۱ سال (۱۹۹۰-۲۰۰۰) و ۷ سال (۲۰۰۱-۲۰۰۷) واسنجی و اعتبارسنجی شدند.

Guduru و همکاران در سال ۲۰۲۲، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS برای پیش‌بینی جریان در حوزه رودخانه Meki، اتیوپی استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد که مدل می‌تواند در طول واسنجی بسیار خوب ($R^2 = 0.91$, $NSE = 0.83$) و ($R^2 = 0.89$, $NSE = 0.84$) در دوره اعتبارسنجی عمل کند. همچنین سیلاب‌های پیش‌بینی‌شده در ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به ترتیب ۱۳۳/۲، ۱۷۸/۱، ۲۳۹/۷، ۳۱۳/۲ و ۳۴۶/۱۹ مترمکعب بر ثانیه در حوزه آبخیز بود.

احداث سازه‌های آبخیزداری در حوزه آبخیز سد ایلام با هدف کاهش فرسایش و به‌تبع آن جلوگیری از ورود این رسوبات به مخزن سد که تأمین‌کننده بخش عمده آب مصرفی شهر ایلام است، نقش مهمی داشته است. در این پژوهش، اثرات احداث سازه‌های آبخیزداری بر دبی حداکثر لحظه‌ای در حوزه آبخیز گل‌گل شبیه‌سازی و بررسی شده است و از مدل HEC-HMS برای مقایسه دبی قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری استفاده شد. طبق بررسی صورت گرفته، تاکنون پژوهشی در این مورد در این حوزه انجام نشده است. آبخیزداری و مدیریت کاربری اراضی در واقع نقش پیشگیری در بروز سیلاب را در محل نزول بارش بر عهده دارد و تا قبل از تشکیل

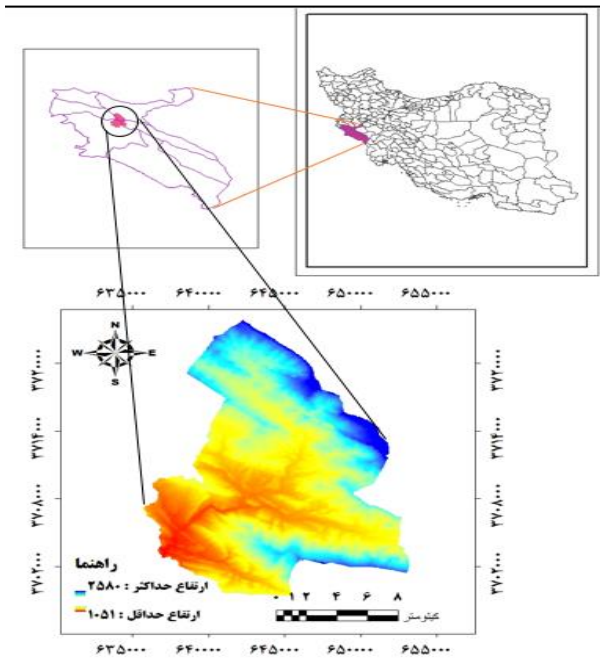
Abadi و همکاران در سال ۲۰۱۳ و در تحقیقی در ناحیه طرزجان با مدل HEC-HMS اثر آبخیزداری و سیلاب را سنجیده و نشان دادند که تلفیق و ترکیب و هم‌زمانی اقدام مکانیکی با بیولوژیکی باعث کاهش دبی تا ۱۹/۷ درصد خواهد شد. Noorali Ghazi و Chahreman در سال ۲۰۱۵، به‌منظور ارزیابی اثربخشی اقدامات آبخیزداری از شاخص‌های دبی اوج سیلاب و حجم جریان استفاده کردند. برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با HEC-HMS مدل استفاده شد. نتایج نشان داد که انجام عملیات بیولوژیکی و مکانیکی باعث کاهش مقدار دبی اوج سیلاب تا ۳۶/۲۱ درصد و کاهش حجم سیلاب تا ۳۴/۷۸ درصد در دوره بازگشت‌های مختلف می‌شوند و همچنین با افزایش دوره بازگشت، تأثیر درصد اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب کاهش می‌یابد. با انجام این تحقیق تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی اوج و حجم سیلاب حوزه آبخیز مثبت ارزیابی شد. سپس برای کمی کردن تأثیر این اقدامات از شبیه‌سازی جریان با مدل HEC-HMS استفاده کرده‌اند. همچنین Bani Asadi و Haj Sir Alikhani در سال ۲۰۱۶، طی تحقیقی در حوزه آبخیز دره مرید در استان کرمان به ارزیابی تأثیر عملیات آبخیزداری بر روی تغییر رفتار حوزه در کاهش سیلاب و سیل‌خیزی حوزه آبخیز پرداختند. روش کار بر اساس بررسی گزارش مطالعات انجام شده و مقایسه آن با پیشنهادهای اجرایی و همچنین حجم عملیات اجرا شده انجام گرفت. در تحقیقی دیگر، Chamanpira و Roghani در سال ۲۰۱۷، با بررسی حجم عملیات سازه‌های اجرا شده و آگاهی از تعداد وضعیت و مشخصات آن‌ها با استفاده از مدل HEC-HMS نسبت به برآورد سیلاب اقدام کردند. نتایج حاصل از شبیه‌سازی و مقایسه هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده نشان داد که مدل از کارایی لازم برای شبیه‌سازی حوزه دادآباد در استان لرستان برخوردار بوده و به پارامترهای شماره منحنی و تلفات اولیه حساسیت زیادی دارد. سپس با محاسبه حجم مخازن، قابلیت آن‌ها در ذخیره‌سازی رواناب و سیلاب و کاهش

آبراهه‌های بزرگ و تولید رواناب و رسوب قابل‌ملاحظه، سیلاب با مشکلات و هزینه‌های کمتری قابل‌کنترل است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و در شهرستان‌های ایلام و ملکشاهی به‌عنوان یکی از زیرحوزه‌های سد ایلام قرار گرفته است. حوزه آبخیز گل‌گل دارای مختصات جغرافیایی طول شرقی $46^{\circ}16'44''$ تا $46^{\circ}18'24''$ و عرض جغرافیایی شمالی $33^{\circ}19'4''$ تا $33^{\circ}32'12''$ و مساحت آن ۲۴۹۵۰ هکتار است. موقعیت حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و ایران در شکل ۱ نمایش داده شده است. حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه آبخیز گل‌گل به ترتیب ۲۶۰۵ و ۱۰۷۶ متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی $57.0/6$ میلی‌متر و میانگین دما $16/8$ درجه سانتی‌گراد است. بارندگی‌ها عمدتاً در فصل زمستان و بعدازآن در فصل پاییز و سپس بهار تداوم دارند. تابستان فصل خشک منطقه است و از خرداد تا اواسط آبان ماه، ماه‌های خشک سال است. به علت ورود سامانه‌های بارش‌زا و ویژگی‌های فصل بهار، عمدتاً بارش‌ها در این فصل رگباری بوده و به دلیل عدم پوشش گیاهی مناسب، اکثراً سیلابی هستند. حوزه مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده قرار گرفته و این زون یکی از زون‌های ساختاری ایران است که در بخش غربی کشور قرار گرفته و از سمت شرق به سنجندج- سیرجان و زاگرس مرتفع، از سمت شمال به زون سنجندج- سیرجان و از جنوب به زون مکران محدود می‌گردد. سازندهای زمین‌شناسی منطقه از قدیم به جدید عبارت‌اند از سروک، سورگاه، ایلام، گورپی، پابده، آسماری، گچساران و رسوبات آبرفتی دوران کواترنری بوده و واحدهای سنگی و آبرفتی موجود در حوزه مربوط به ادوار مختلف زمین‌شناسی می‌باشند. پوشش درختی غالب منطقه مورد مطالعه شامل بلوط، بنه، زالزالک است. گیاهان غالب عموماً مشتمل بر گندمیان، پهن برگان علفی و یا بوته‌ها است (Statistical Yearbook of Ilam Province, 2014).



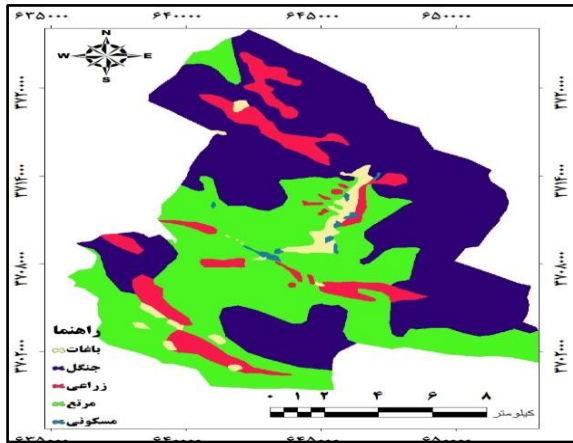
شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گل‌گل در استان ایلام و ایران

Figure 1- Location of Gol-Gol watershed in Ilam province and Iran

روش تحقیق

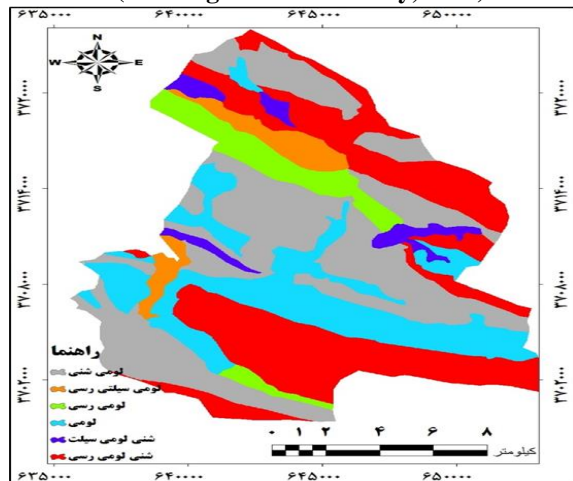
در این تحقیق از مدل HEC-HMS برای مدل‌سازی حوزه آبخیز گل‌گل استفاده شده است. از قابلیت‌های مدل HEC-HMS این است که می‌توان برای آن نیز مخازن ذخیره آب بر سر راه جریان تعریف نمود و با این قابلیت، در این تحقیق حجم مخزن سازه‌های آبخیزداری به‌عنوان مخازن ذخیره آب در هر یک از زیرحوزه‌ها تعریف شد. این مدل بر اساس روش بارش-رواناب بنا شده است. روش بارش-رواناب یکی از روش‌های مفهومی برای استخراج هیدروگراف و دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب‌ها است (USCA, 2000). در این تحقیق برای محاسبه زمان تمرکز حوزه، روش‌های کریپیچ، کالیفرنیا و برانسبی ویلیامز مورد بررسی قرار گرفت.

در این بررسی با توجه به اهداف پژوهش، در مرحله اول، به‌منظور شناخت حوزه آبخیز، نقشه‌ها و اطلاعات مربوط به شیب (شکل ۲)، نقشه شبکه آبراهه حوزه آبخیز گل‌گل



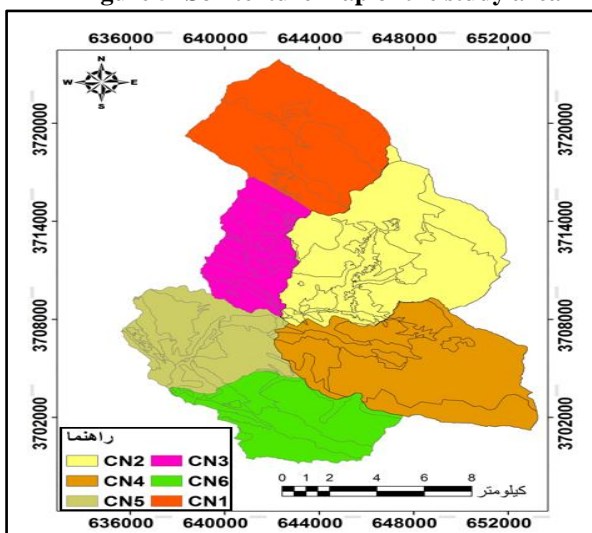
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز گل‌گل (مطالعه آب منطقه‌ای ایلام، ۲۰۰۵)

Figure 4- Land use map of Gol-Gol watershed (Ilam regional water study, 2005)



شکل ۵- نقشه بافت خاک حوزه مطالعاتی

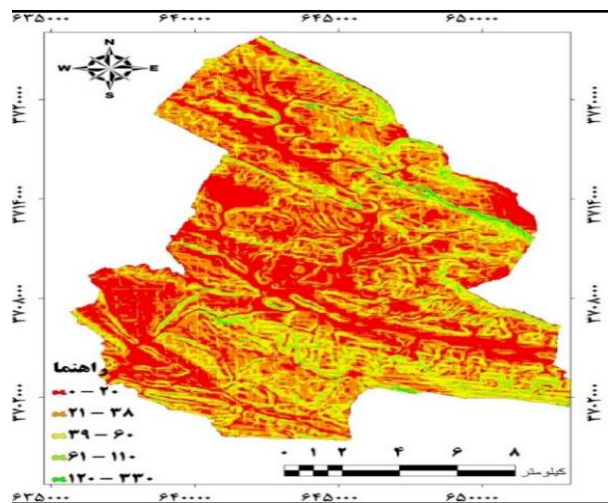
Figure 5- Soil texture map of the study area



شکل ۶ - نقشه شماره منحنی حوزه آبخیز گل‌گل

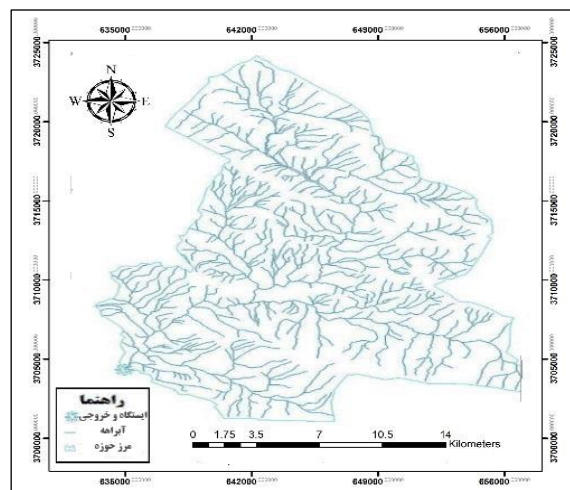
Figure 6- Curve number map of Gol-Gol watershed

در ایستگاه هیدرومتری سرجوی گل‌گل (شکل ۳)، نقشه کاربری اراضی (شکل ۴، مطالعه آب منطقه‌ای ایلام در سال ۲۰۰۵) و نقشه بافت خاک حوزه مطالعاتی (شکل ۵) جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفت. سپس به منظور تعیین اثر اقدامات آبخیزداری بر سیل‌خیزی، اقدام به تعیین شماره منحنی در هر زیر حوزه، با توجه به نوع کاربری اراضی، گروه هیدرولوژیک خاک و تلفیق آن‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی گردید (شکل ۶).



شکل ۲ - نقشه شیب حوزه آبخیز گل‌گل

Figure 2- Slope map of Gol-Gol watershed



شکل ۳- نقشه آبراهه‌های حوزه آبخیز گل‌گل

Figure 3- Streams map of Gol-Gol watershed

اقدامات آبخیزداری پیشنهادی در منطقه موردمطالعه

در حوزه موردمطالعه، به منظور کنترل رسوب و جلوگیری از ورود آن به سد مخزنی ایلام که یکی از اهداف آن فراهم کردن آب شرب شهر ایلام است (در پایین دست ایستگاه هیدرومتری گل گل و در فاصله ۸ کیلومتری آن واقع شده است)، طی مطالعه‌ای که از طرف شرکت آب منطقه‌ای ایلام با مشارکت دانشگاه ایلام انجام شده است تعدادی سازه آبخیزداری پیشنهاد شده است که هدف این مطالعه ارزیابی اثر سازه‌های پیشنهادی (بند سنگی ملاتی، بند گابیونی، سازه‌های خشکه چین) بر روی دبی حداکثر لحظه‌ای در سیلاب با دوره بازگشت یکسان است (شکل ۷ و جدول ۱).

جدول ۱- حجم مخزن سازه‌های اصلاحی پیشنهادی در زیرحوزه‌های حوزه آبخیز گل گل

Table 1- Reservoir volume of the proposed checkdams in subcatchments of Gol-Gol watershed

ردیف	زیرحوزه‌ها	حجم مخزن سازه‌های پیشنهادی (مترمکعب)	تعداد سازه‌های پیشنهادی
Row	Subcatchments	Tank volume of proposed structures (cubic meters)	The number of proposed structures
1	IDB_01	6194.9	22
2	IDB _{int} _02	66136.4	56
3	IDB_03	63554.5	18
4	IDB_04	231577.4	81
5	IDB _{int} _05	89320.5	19
6	IDB_06	27073.2	21

در ادامه جمع‌آوری داده‌های بارش و هیدرومتری خروجی

حوزه صورت گرفته و پس از بررسی و تعیین پارامترهای مربوط به بارندگی حوزه، اجرا و بهینه‌سازی مدل مورداستفاده بر اساس داده‌های موجود (۷۵٪ داده‌های واسنجی و ۲۵٪ داده‌های اعتبارسنجی) و داده‌های پیش‌فرض HEC-HMS واسنجی و اعتبارسنجی مدل انجام گرفته و کارایی مدل هیدرولوژی در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی برای دو پارامتر دبی اوج و میانگین دبی با استفاده از شاخص‌های زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش نش ساتکلیف (NS)

در این مطالعه شاخص نش ساتکلیف با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد. (Nash et al., 1970)

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Oi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Oi} - \bar{Q})^2} \quad (1) \text{ رابطه}$$

که در این رابطه، Q_{Si} دبی شبیه‌سازی شده، Q_{Oi} دبی مشاهداتی و \bar{Q} مقدار میانگین دبی مشاهداتی است. میزان NS بین منفی بی‌نهایت و یک متغیر است که هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، تطابق بین داده‌های مشاهداتی و محاسباتی بالاتر خواهد بود.

ضریب همبستگی (R^2)

ضریب همبستگی (R^2) که به وسیله ارزش ریشه ضریب همبستگی Bravais-Pearson تعریف می‌شود، از رابطه (۲) به دست می‌آید (Akhavan et al., 2010).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})(p - \bar{p})_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (o_i - \bar{o})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (p - \bar{p})^2}} \right)^2 \quad (2) \text{ رابطه}$$

در این تحقیق بر اساس اهداف تعیین شده، دو سناریو برای شرایط قبل و بعد از احداث سازه‌ها، با استفاده از شبیه‌سازی هیدروگراف سیل و بر اساس اطلاعات فوق برای یک رویداد روزانه با دوره بازگشت ۲۵ سال و مراحل زمانی ۱۰ دقیقه برای بررسی اثرات اجرای آبخیزداری انتخاب شد.

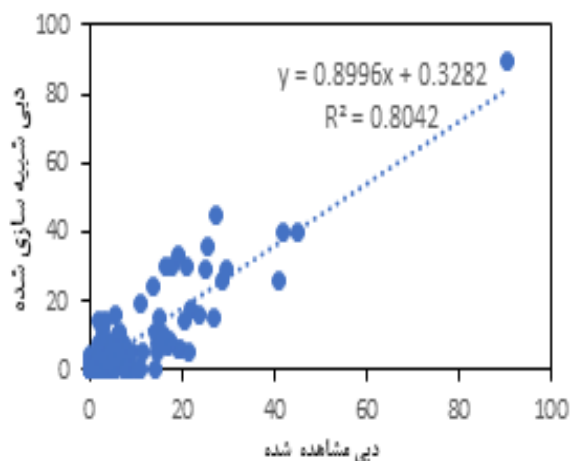
جدول ۲- مقایسه حجم و دبی مشاهده‌ای و

شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی

Table 2- Comparison of observed and simulated volume and flow in the calibration step

شبیه‌سازی شده Simulated	مشاهده شده Observed	پارامتر Parameter
89.7 (m ³ /s)	90 (m ³ /s)	دبی حداکثر Peak flow
392.97 (m ³)	388.39 (m ³)	حجم Volume

در شکل ۹ و جدول ۳ ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌ها و مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله واسنجی مشاهده می‌شود.



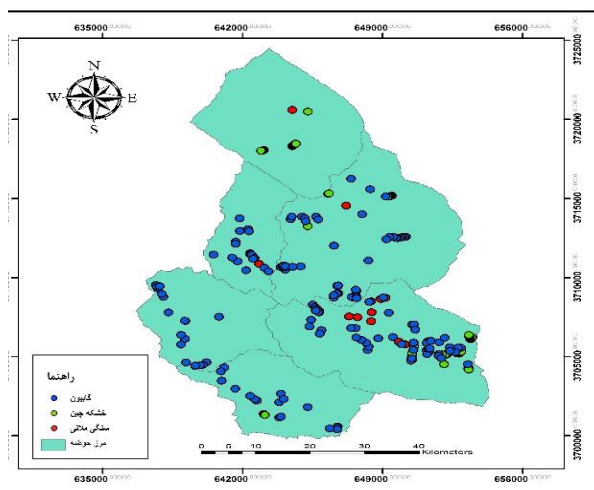
شکل ۹ - ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورد استفاده در مرحله واسنجی

Figure 9- Correlation coefficient and dispersion of the data used in the calibration step

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله واسنجی

Table 3- Values of model efficiency indicators in the calibration step

مقدار کارایی The amount of efficiency	شاخص Indicator
0.79	ضریب نش - ساتکلیف Nash-Sutcliffe coefficient
0.80	ضریب همبستگی Correlation coefficient

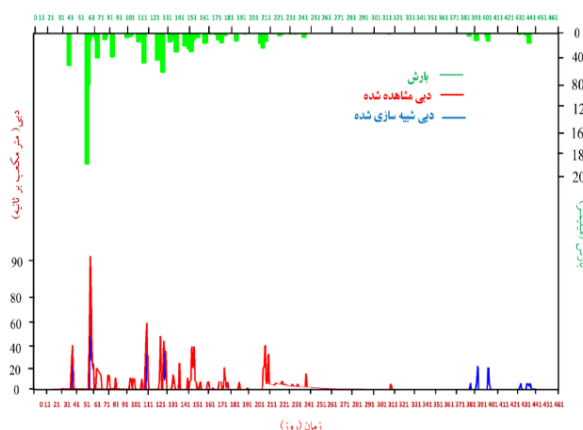


شکل ۷- موقعیت سازه‌های پیشنهادی منطقه مورد مطالعه

Figure 7- Location of proposed chek dams in the study area

نتایج

در این مطالعه، دوره زمانی ۲۲ سپتامبر ۲۰۰۴ تا ۲۱ سپتامبر ۲۰۰۵، برای مرحله واسنجی در نظر گرفته شد که در اولین اجرای مدل نتایج رضایت‌بخشی حاصل نگردید. بر این اساس پارامتر شماره منحنی برای به دست آوردن نتیجه بهینه در محدوده مجاز بارها تغییر داده شد و هر بار نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌ای مقایسه شد تا در نهایت بهترین نتیجه به دست آمد. نتایج این مرحله در جدول ۲ و شکل ۸ ارائه شده است.



شکل ۸- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و

شبیه‌سازی شده در مرحله واسنجی مدل

Figure 8- Observed and simulated flow hydrograph in the model calibration step

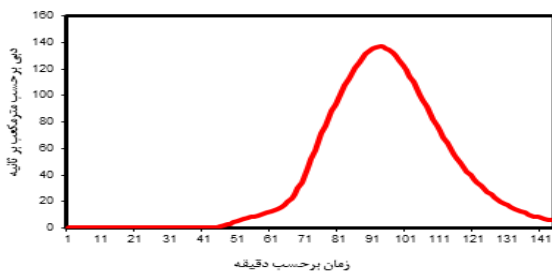
جدول ۵- مقادیر شاخص‌های کارایی مدل در مرحله اعتبار سنجی

Table 5- Values of model performance indicators in the validation step

مقدار کارایی The amount of efficiency	شاخص Indicator
76%	ضریب نش - ساتکلیف Nash-Sutcliffe coefficient
77%	ضریب همبستگی Correlation coefficient

مرحله پیش‌بینی مدل (ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری)

در مرحله پیش‌بینی اثرات هیدرولوژیک اقدامات مکانیکی دو سناریوی اصلی مورد بررسی قرار گرفت: در سناریوی اول جریان خروجی حوزه بدون وجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد. در سناریوی دوم جریان خروجی حوزه با وجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد که نتایج آن در جداول ۶ و ۷ و شکل‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، وجود احداث سازه‌های آبخیزداری تأثیر مثبت و مؤثری بر کاهش دبی حداکثر و دبی میانگین حوزه مورد مطالعه داشته است که نتایج این تحقیق با مطالعه Mostafazadeh و همکاران در سال ۲۰۰۸ که به بررسی حوزه آبخیز در استان گلستان با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخته‌اند، مطابقت دارد.

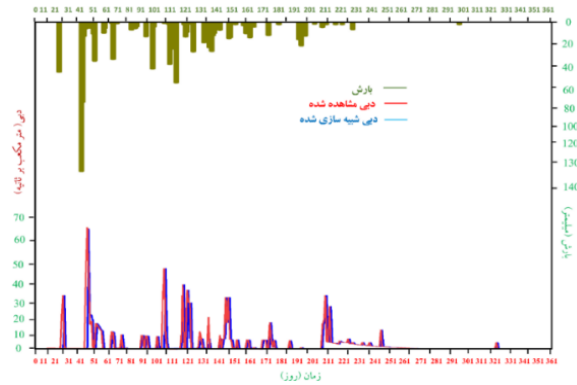


شکل ۱۲ - هیدروگراف پیش‌بینی شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت عدم وجود سازه آبخیزداری

Figure 12- Predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the absence of a watershed structure

نتایج مرحله اعتبارسنجی مدل

با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده، مدل اعتبارسنجی شد که نتایج آن در جداول ۴ و ۵ و شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ارائه شده است.



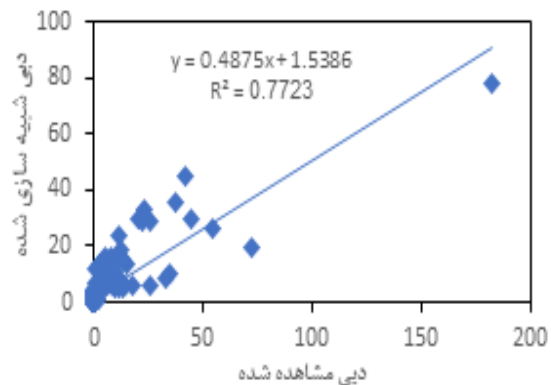
شکل ۱۰- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله اعتبار سنجی

Figure 10- Observed and simulated flow hydrograph in the validation step

جدول ۴- مقایسه حجم و دبی مشاهده شده و شبیه‌سازی شده در مرحله اعتبار سنجی

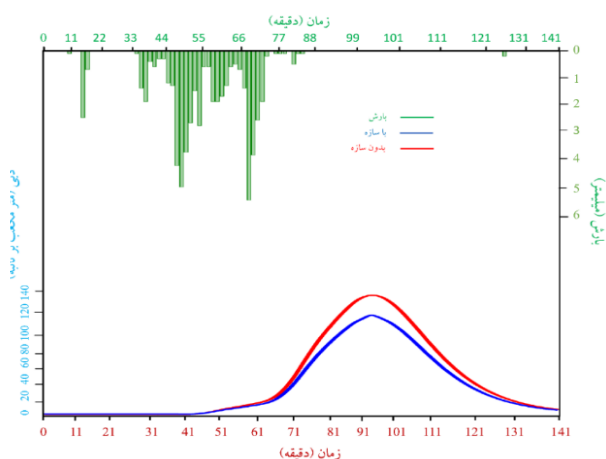
Table 4- Comparison of the observed and simulated water volume in the validation step

پارامتر Parameter	مشاهده شده observed	شبیه‌سازی شده Simulated
دبی حداکثر Peak flow	67.7	67.1
حجم Volume	392.77	397.75



شکل ۱۱ - همبستگی بین دبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در مرحله اعتبارسنجی

Figure 11- Correlation between observed and simulated discharge in the validation phase



شکل ۱۴- مقایسه هیدروگراف پیش‌بینی شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت وجود و عدم وجود سازه آبخیزداری

Figure 14- Comparison of the predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the presence and absence of a watershed structure

بحث

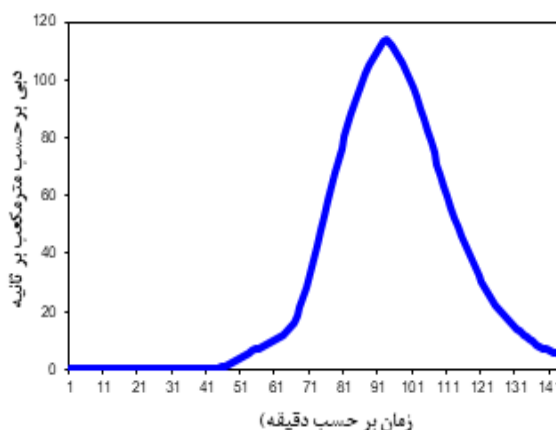
پس از جمع‌آوری داده‌های بارش و هیدرومتری خروجی حوزه، پارامترهای مربوط به بارندگی حوزه بررسی شد. سپس مدل بر اساس داده‌های موجود در سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ اجرا و بهینه‌سازی شد که نتایج نشان داد که دبی حداکثر مشاهده شده ۹۰ مترمکعب بر ثانیه و در مقابل دبی شبیه‌سازی شده ۸۹/۷ مترمکعب بر ثانیه است. ضریب همبستگی و پراکندگی داده‌های مورد استفاده نیز در مرحله واسنجی ۸۰٪ و ضریب نش-ساتکلیف ۷۹٪ به دست آمد که نشان‌دهنده نتایج قابل قبول شبیه‌سازی است در ادامه با استفاده از پارامترهای بهینه‌شده مدل طی دوره زمانی یک‌ساله ۲۰۰۶ اعتبارسنجی شد که دبی حداکثر مشاهده شده ۶۷/۷ مترمکعب بر ثانیه و مقدار شبیه‌سازی شده ۶۷/۱ مترمکعب بر ثانیه به دست آمد. همچنین شاخص‌های کارایی مدل با ضریب همبستگی ۷۷٪ و ضریب نش ساتکلیف ۷۶٪ به دست آمده است. بر اساس نتایج حاصل از واسنجی و اعتبارسنجی مدل و با توجه به درصد کم اختلاف بین دبی‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در وقایع مورد استفاده مشخص شد مدل HEC-HMS از کارایی لازم برای شبیه‌سازی حوزه آبخیز

جدول ۶. مقادیر دبی اوج و ارتفاع رواناب پیش‌بینی شده

قبل از اجرای سازه‌های آبخیزداری

Table 6- The values of the peak discharge and the height of the predicted runoff before the implementation of watershed structures

137 (m ³ /s)	دبی اوج Peak flow
12.9 (mm)	ارتفاع رواناب Runoff



شکل ۱۳ - هیدروگراف پیش‌بینی شده جریان با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای برای یک رگبار ۲۴ ساعته در حالت وجود سازه آبخیزداری

Figure 13- Predicted flow hydrograph with 10-minute time steps for a 24-hour rainstorm in the presence of a watershed structure.

جدول ۷- نتایج مقادیر دبی اوج و ارتفاع رواناب پیش‌بینی شده بعد از اجرای سازه‌های آبخیزداری

Table 7- The results of peak discharge values and predicted runoff height after the implementation of watershed structures

114.2(m ³ /s)	دبی اوج Peak flow
10.77(mm)	ارتفاع رواناب Runoff

مقایسه هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ سال در شرایط قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری در شکل ۱۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دبی حداکثر در هیدروگراف بدون سازه ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه و هیدروگراف جریان در حالت با سازه ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه است.

نتیجه‌گیری کلی

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری بر دبی حداکثر و میانگین رواناب در حوزه آبخیز گل‌گل، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HEC-HMS انجام گرفت. برای ارزیابی تأثیر سازه‌های پیشنهادی اقدام به شبیه‌سازی رفتار سیلاب برای رخدادهای موجود گردید. معیارهای دبی اوج و حجم سیلاب برای ارزیابی تعیین و مقادیر آن‌ها برای دو وضعیت قبل و بعد از اقدامات آبخیزداری محاسبه گردید. نتایج مقایسه آماری نشان داد این اقدامات تأثیر بسزایی در کاهش رواناب و دبی منطقه مورد مطالعه دارد. نتایج واسنجی نیز نشان داد که پارامتر شماره منحنی یکی از حساس‌ترین و مؤثرترین پارامترها بر روی رواناب است. مرحله ارزیابی سازه‌های آبخیزداری و تأثیر آن‌ها بر روی دبی حاصل از یک رگبار با دوره بازگشت ۲۵ سال بیانگر کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه دبی حداکثر بود که در نهایت می‌توان نتیجه گرفت ایجاد و ساخت سازه‌های آبخیزداری بهترین راه‌حل در جلوگیری از سیل در این منطقه است که تأییدکننده تأثیر سازه‌ها بر کاهش سیلاب است. بر اساس اصول آبخیزداری، شرایط توپوگرافی، اقلیمی و اداپتیکی یک حوزه تعیین‌کننده روش مورد استفاده برای کنترل فرسایش و رسوب و همچنین مدیریت منابع آب است. با توجه به اهمیت حوزه آبخیز مورد مطالعه در تأمین آب شرب شهر ایلام، روش‌های مختلف و متعددی شامل روش‌های بیولوژیکی، اجتماعی و مکانیکی برای کنترل و کاهش رسوب و دبی‌های حداکثر در دستور کار بوده که بدون شک تلفیق این روش‌ها بهترین نتایج را خواهد داشت. لذا پیشنهاد می‌شود اثر سایر روش‌ها نیز در محاسبات مدنظر قرار گرفته و با بررسی اثر اقدامات انجام شده بر رسوب‌دهی آبخیز و مشخص نمودن نقاط قوت و ضعف طرح، قضاوت بهتری از تأثیر عملیات ارائه شود.

گل‌گل برخوردار است. در ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری بر روی دبی به‌منظور ارزیابی عملکرد سازه‌های آبخیزداری پیشنهاد شده و تأثیر آن‌ها بر روی دبی حداکثر حاصل از یک رگبار با دوره بازگشت ۲۵ ساله بر اساس یک سناریو با گام‌های زمانی ۱۰ دقیقه‌ای به مدل HEC-HMS وارد شد که نتایج آن‌ها در این مرحله به‌صورت دو سناریوی اصلی مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اول جریان خروجی حوزه بدون وجود سازه‌های آبخیزداری شبیه‌سازی و پیش‌بینی شد که دبی حداکثر لحظه‌ای پیش‌بینی شده ۱۳۷ مترمکعب بر ثانیه مشاهده شد و در سناریوی دوم دبی حداکثر لحظه‌ای پیش‌بینی شده با پیش‌بینی احداث سازه‌های آبخیزداری، ۱۱۴/۲ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد که بیانگر کاهش ۲۲/۸ مترمکعب بر ثانیه دبی (معادل ۱۷٪) کاهش دبی است.

نتایج این تحقیق با مطالعه Nasiri Moghadam در سال ۲۰۱۳ که به بررسی حوزه آبخیز در ناحیه گلابدره و دربند تهران با استفاده از مدل HEC-HMS پرداخته‌اند مطابقت دارد و تأییدکننده تأثیر اقدامات آبخیزداری در کاهش کنترل سیلاب است. در مطالعه‌ای دیگر Misbah و همکاران در سال ۲۰۰۷، ارزیابی اثر اجرای طرح‌های آبخیزداری بر کاهش سیلاب را انجام دادند. نتایج نشان داد طرح‌های اجرا شده اثر چشمگیری بر کاهش سیلاب خروجی حوزه دارند. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر نیز سازه‌های آبخیزداری در ناحیه مورد مطالعه موجب کاهش سیلاب شده است، با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین در تحقیقی دیگر، Mazloumi و همکاران در سال ۲۰۰۹، تأثیر اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز قاضی‌آباد در استان آذربایجان غربی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نیز نشان داد که اجرای پروژه‌های آبخیزداری در کاهش سیلاب مؤثر است که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق اشاره شده مطابقت دارد.

References

- Aliye, M.A., Aga- A. O., Tadesse, T. & Yohannes, P. (2020). Evaluating the Performance of HEC-HMS and SWAT Hydrological Models in Simulating the Rainfall-Runoff Process for Data Scarce Region of Ethiopian Rift Valley Lake Basin. *Open Journal of Modern Hydrology*, 10, 105-111.
- Bani Asadi, M. & Haj Seyyed Alikhani, N. (2016). Investigation of the effect of water management operations in reducing floods in the Merid Baft Valley watershed, *Irrigation and Water Scientific Research Quarterly*, 30, 211-226. (In Persian)
- Chamanpira, R. & Roghani, M. (2017). Investigating the effect of mechanical water management measures on the reduction of peak flood discharge using the HEC-HMS model, a case study (Nahand watershed of East Azerbaijan), *Scientific Research Journal of Engineering and Management*, 10, 350. (In Persian)
- Damadi, S., Zahwari, A., Dehmarde Qala-no, M. & Ebrahimian, M. (2019). Technical report of flood hydrograph simulation using HEC-HMS model in Sarbaz watershed, Sistan and Baluchistan, *watershed management research journal*, 287-295.
- Dehghani, M. (2009). A research plan for drought assessment and forecasting in South Khorasan Province with emphasis on fuzzy logic in data reconstruction, *South Khorasan Province Agriculture and Natural Resources Research Center*, 105. (In Persian)
- Dehghani-Firouz Abadi, N., Jamali, A.A. & Hassanzadeh Nafuti, M. (2013). Investigation of the effect of water management measures on the reduction of flood in the watershed with the help of HEC-HMS mathematical model (case study: Yazd watershed). *Space Geography Scientific-Research Quarterly*, 47, 163-182. (In Persian)
- Eskandari, M., Dosturani, M., Fatahi, A. & Nasri, M. (2012). Evaluation of the effects of water management measures on the flow regime of the Zayinde Rood watershed (case study: Manderjan sub-basin), *the third National Water Management Conference, Dama Manshaba Agriculture and natural resources*. 21-29. (In Persian)
- Fasahat, V., Hanarbakhsh, A., Samadi Borujni, H. & Zamani, A. (2011). the effect of reservoir dam construction in reducing the peak discharge of the downstream flood using HEC-HMS software (case study: Junghan-Farsan watershed, Chehar Mahal province and Bakhtiari), *7th National Conference on Water Management Science and Engineering, Isfahan Industrial University*, 3-5 (In Persian).
- Guduru, J.U., Jilo, N.B., Rabba, Z.A. & Namara, W.G. (2023). Rainfall-runoff modeling using HEC-HMS model for Meki River watershed, rift valley basin, Ethiopia. *Journal of African Earth Sciences*. 197, 104743.
- Hashemi, A. (2013). The effect of dry rock dams on the reduction of peak flood discharge in arid and semi-arid areas (case study: watershed in Jezin Semnan), *Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, 66, 171 - 159. (In Persian)
- Hosseini, S., Mohseni Sarvi, Ahmadi, H. & Najafinejad, A. (2008). Evaluation of watershed management projects (case study of Viro Ramian watershed), *Journal of Faculty of Natural Resources*, 2, 348-335. (In Persian)
- Khosrowshahi, M. & Thaghafian, B. (2005). Spatial prioritization of flood dam areas as a solution for implementing flood containment and control operations in watersheds using the HEC-HMS model, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 12, 128- 138, (In Persian)
- Mazloumi, P., Khanmohammadi, N., Scottiaskowi, R. & Rezaei, H. (2009). Evaluation of the impact of water management activities in reducing the occurrence of floods, a case study of Qaziabad watershed in West Azerbaijan. *The second international conference on comprehensive water resources management. Shaheed Bahoner University of Kerman*. 7-1. (In Persian) 1.
- Mostafazadeh, R., Sadoddin, A., Bahremand, A., Sheikh, V. & Nazarnejad, H (2008).

- Assessing Hydrological Effects of Jafar-Abad Watershed Management Project in Golestan Province Using HEC-HMS Model, *The fifth national conference Watershed Science and Engineering of Iran*, 1-12.
- Moghadasi, N., Sheikh, V.B. & Karimirad, A. (2014). Evaluation of the hydrological effect of mechanical water management measures (case study: Bostan Dam watershed). *The second national conference on engineering and agricultural management, environment and sustainable natural resources*. 1-15.
- Misbah, S.H. & Fakharizadeh, A. (2007). Evaluation of the effect of implementing watershed management plans on flood control in Firozabad Preziton area, Fars. *The first national conference on comprehensive management of water exploitation*, Shahid Bahonar University, Kerman. 3-5. (In Persian)
- Noorali Ghazi Mahalle, M. & Chahreman B. (2015). Evaluation of the impact of watershed management operations on the flood pattern using the HEC-HMS model (case study of Gosh and Behra watershed), *Watershed Management Research Journal*, 7th year, 13, 60. (In Persian)
- Nasiri Moghadam, F. (2013). evaluation of the effect of irrigation operations on the flood of deposits using hydrological models, *the first regional water conference, publication year 1385*, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 138. (In Persian)
- Nash, J.E. & Sutcliffe, J.V. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3): 282-290.
- Sadeghi, S. H. R., Sharifi, F., Fortun, A. & Rezaei, M. (2013). Quantitative evaluation of the performance of watershed management measures (case study: Keshar watershed). *Journal of Research and Construction in Natural Resources*, 65, 102-96. (In Persian)
- Statistical Yearbook of Ilam Province, (2014). USACE (US Army Corps of Engineers), (2000). *HEC-HMS Technical Refrence Manual*. Hydrologic Engineering Center, Davis, C.A, 157, 234-238.



Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species using MaxEnt model in Isfahan province

Nassim Shabani^{1*}, Mehdi Khoshbakht¹, Azadeh Hasani²

1. Department of Range management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

2. Department of desertification, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*Corresponding Author: shabani.nassim@yahoo.com

(Received: 16 July 2023

Revised: 02 August 2023

Accepted: 09 August 2023)

Extended Abstract

Introduction: Climate change is one of the most important issues in the world, which has great effects on ecosystems and their diversity. One of the most important factors of climate change is the increase in temperature and change in the precipitation pattern, which affects the distribution of plant species. The use of species distribution models is one of the most reliable techniques for investigating the impact of climate change on the distribution of plant species. One of the methods of plant distribution modeling is using the maximum entropy model. This model uses environmental conditions such as temperature, precipitation, and geographic altitude as inputs, and based on that, plant distribution is predicted. This model predicts the probability of species distribution in the new environment based on the theory of maximum entropy and based on the available data. In this model, based on the information we have about species distribution in different environments, a probability distribution is obtained for species distribution, which has the highest entropy. However, for the best prediction of the distribution of the species, we need to have detailed information about the biophysical, ecological and environmental characteristics of the species in question. In this method, instead of trying to model all aspects of the species and the environment, only the available information about the distribution of the species is used. In this study, the effect of climate change on the distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species is predicted using the maximum entropy model in Isfahan province.

Materials and methods: In this study, the effect of climate change on the prediction of the distribution of *Valeriana sisymbriifolia* species in Isfahan province was investigated using MaxEnt model. For this purpose, 50 points of presence of example in May 2022 in different regions were first registered by GPS device by random sample method and after collecting environmental data including 10 climate changes and 3 physiographic changes, the effect of climate change on the distribution of the plant species *Valeriana sisymbriifolia* in Isfahan province was investigated using the entropy machine model and in the time periods of 2020, 2050 and 2100, under two scenarios: SSP2 and RCP4.5. To study the effect of climate change on the distribution of *Valeriana sisymbriifolia* plant species in Isfahan province, new climate scenarios including SSP (Shared Socioeconomic Pathways) and RCP (Representative Concentration Pathways) scenarios were used. The SSP scenarios in the GFDL-ESM4 general circulation model correspond to a combination of paths in which the economy, population, and politics will change in the future. The RCP scenarios in HadGEM2-CC general circulation models also correspond to different levels of future greenhouse emissions.

Results and Discussion: The results showed that the distribution of *Valeriana sisymbriifolia* species in Isfahan province will decrease from 3.07% to 0.047% under RCP4.5 scenario in 2020 to 2100. Also, the distribution of this species under the SSP2 scenario showed that from 2020 to 2100, the distribution of the species and its favorable habitat will decrease from 3.74% to 1.554%. In fact, under both studied climate scenarios, the ideal habitat of valerian has decreased and will be completely lost in some areas. The entropy machine model showed that there are several factors affecting the distribution of valerian



including slope, rainfall in the coldest season of the year, annual rainfall and altitude. Also, this model obtained Auc=0.95 in the evaluation, which shows the excellent prediction of the entropy model in predicting species distribution.

Conclusion: According to the output maps from the MaxEnt model and also according to the influence of important variables in this process, it can be concluded that the distribution of the species in question is decreasing under the influence of climate change in successive years. In addition, according to the response curves of the species in terms of physiography, as the slope and height increase in the area in question, the amount of distribution of the Hyacinth species also increases. Also, according to the field observations, it can be said that the species in question is observed in the slope and at very high altitudes, such that during sample collection the species in question was present at an altitude of 3000 meters, and the reason for this can be attributed to the strong roots of the plant, which creates the ability to reproduce in rocky conditions. On the other hand, because other species do not tolerate the same conditions, their presence decreases and the competition it decreases for the Hyacinth species. The response curves of the species to changes in rainfall also show that the more the annual rainfall and the rainfall in the cold months, the more likely the presence of the species will be, such that the more the annual rainfall exceeds 250 mm, the more likely it will occur.

Keywords: Climate change, *Valeriana sisymbriifolia*, MaxEnt model, species distribution model.

Citation: Shabani, N., khosbakht, M., & hasani, A. (2023). Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species using MaxEnt model in Isfahan province. *Integrated Watershed Management*, 3(2), 80-98. doi: 10.22034/iwm.2023.2007169.1093.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان

نسیم شعبانی*^۱، مهدی خوشبخت^۱، آزاده حسنی^۲

۱- گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

*نویسنده مسئول: shabani.nassim@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵

چکیده

وضعیت پوشش گیاهی ایران، متأثر از وضعیت طبیعی آب و هوایی منطقه است. به طوری که از نظر کمی و کیفی باعث سرعت رشد و یا عدم رشد و مساعد شدن و نشدن محیط گیاهان می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان است. لذا با استفاده از ۵۰ نقطه از حضور گونه و متغیرهای اقلیمی ناشی از سناریوهای اقلیمی RCP4.5 و SSP2 و همچنین ۳ متغیر فیزیوگرافی، پراکنش سنبل‌الطیب برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ پیش‌بینی گردید. نتایج مطالعه نشان داد که پراکنش یا رویشگاه مطلوب گونه سنبل‌الطیب در استان اصفهان تحت سناریوی RCP4.5 از سال ۲۰۲۰ تا ۲۱۰۰ از ۳/۰۷ درصد به ۰/۴۷ درصد و تحت سناریوی SSP2 از ۳/۷۴ درصد به ۱/۵۵۴ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. در واقع تحت هر دو سناریوی اقلیمی مورد مطالعه، رویشگاه مطلوب گونه سنبل‌الطیب کاهش داشته و در برخی از مناطق به طور کامل از بین خواهد رفت. به علاوه با توجه به منحنی‌های عکس‌العمل گونه از نظر فیزیوگرافی هر چه شیب و ارتفاع در منطقه مورد نظر افزایش یابد، مقدار پراکنش گونه سنبل‌الطیب نیز افزایش می‌یابد و با توجه به مشاهدات میدانی می‌توان گفت که گونه مورد نظر در شیب و ارتفاعات بسیار بالا مشاهده می‌شود به طوری که در هنگام برداشت نمونه گونه مورد نظر تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری حضور داشت که این امر به دلیل داشتن ریشه‌های قوی گیاه است که توان زادآوری در شرایط سنگلاخی را ایجاد می‌کند و از طرف دیگر به دلیل اینکه گونه‌های دیگر تحمل شرایط مشابه را ندارند حضور آن‌ها کم می‌شود و رقابت برای گونه سنبل‌الطیب کاهش می‌یابد. منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به تغییرات بارندگی نیز نشان می‌دهد که هرچه بارش سالیانه از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر گردد احتمال حضور گونه افزایش می‌یابد. لذا تحت تأثیر تغییرات اقلیمی اعم از کاهش بارش و افزایش دما از رویشگاه مطلوب گونه مورد مطالعه کاسته خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، گونه سنبل‌الطیب، مدل حداکثر آنتروپی، مدل توزیع گونه‌ها

استناد: شعبانی، ن.، خوشبخت، م. و حسنی، آ. (۱۴۰۲). پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۲)، ۸۰-۹۸.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این نشریه به صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

تغییرات اقلیمی به یکی از موضوعات بحث‌برانگیز در دنیای امروز تبدیل شده است. این تغییرات شامل افزایش دما، کاهش بارش، افزایش فراوانی و شدت برخی پدیده‌های طبیعی مانند سیل و خشک‌سالی است (Liu et al., 2021). می‌توان گفت که تغییر اقلیم و نقش متناظر آن در تأثیر بر الگوهای بارش و دما، نقش بسزایی در کنترل توزیع فضایی گیاهان و جانوران مختلف دارد (Mirhashem et al., 2023). در واقع بررسی اثرات تغییر اقلیم بر پراکنش گونه‌های گیاهی برای مدیریت و حفاظت پایدار مراتع امری ضروری است (Fakhimi et al., 2022). همچنین تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از مسائل اساسی و رو به رشد در سطح جهان، باعث تأثیرات گسترده‌ای روی زیست‌بوم و تنوع آن‌ها می‌شود. به همین دلیل پیش‌بینی می‌شود که با وقوع تغییرات اقلیمی از قبیل افزایش دما و تغییر الگوی بارش، توزیع و پراکنش گونه‌های گیاهی نیز تحت تأثیر قرار گیرد؛ بنابراین، پیش‌بینی پراکنندگی جغرافیایی گونه‌ها نوعی راهبرد برای پایدار ماندن در برابر تغییرات اقلیمی است (Babaei Dehkordi et al., 2022).

به‌طور کلی، سناریوهای اقلیمی مختلفی در زمینه بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی مختلف وجود دارد که در مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تغییرات اقلیم بر پراکنش گونه گیاهی سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) در استان اصفهان، از سناریوهای اقلیمی جدید شامل سناریوهای SSP^۱ و RCP^۲ استفاده شد. سناریوی SSP در مدل گردش عمومی GFDL-ESM4 مربوط به ترکیبی از مسیرهایی هستند که در آن اقتصاد، جمعیت و سیاست در آینده تغییر خواهند کرد. سناریوهای RCP در مدل گردش عمومی HadGEM2-CC نیز مربوط به ترکیبی از

سطوح مختلف انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده هستند (NaghipourBorj et al., 2019). استفاده از سناریوهای اقلیمی مانند RCP4.5 برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی در آینده بر مبنای این فرض است که تغییرات اقلیمی بر روی توزیع و فراوانی گونه‌های گیاهی تأثیر چشمگیری دارد. تغییرات دما و بارش، می‌تواند بر روی محیط‌زیست گونه‌های گیاهی تأثیرگذار باشد و منجر به تغییر در الگوهای پراکنش گونه‌های گیاهی شود. با استفاده از سناریوهای اقلیمی، محققان می‌توانند پیش‌بینی‌هایی در مورد چگونگی تغییر پراکنش گونه‌های گیاهی در آینده ارائه دهند، با فرض اینکه شرایط محیطی فعلی گونه‌ها به همان نحو در آینده ادامه پیدا کند (IPCC, 2013).

استفاده از سناریوی RCP4.5 در مطالعات مرتبط با پراکنش گونه‌های گیاهی به دلیل میانگین‌گیری بین حالت‌های مختلف تغییرات اقلیمی است. RCP4.5 یک سناریوی میانه است که نه انتظار بسیار بهبود یافته و کاهش شدید انتشار گازهای گلخانه‌ای (RCP2.6) را در نظر می‌گیرد و نه حالت کاملاً بد و بدترین حالت ممکن (RCP8.5) را پیش‌بینی می‌کند. همچنین، استفاده از RCP4.5 به‌عنوان یک سناریوی میانه ممکن است به دلیل تلاش‌های جاری برای کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای و هدف‌گذاری‌های اقلیمی مانند توافقنامه پاریس باشد. این توافقنامه بر در دسترس بودن تکنولوژی‌های کاهش انتشار و تصمیمات سیاست‌گذاری برای کاهش گازهای گلخانه‌ای تأکید دارد، هر دو عاملی که در سناریوی RCP4.5 در نظر گرفته شده‌اند (IPCC, 2014). سناریوهای SSP که SSP2 یکی از آن‌هاست، سناریوهایی هستند که برای تحلیل تأثیر تغییرات اجتماعی-اقتصادی بر تغییرات اقلیمی استفاده می‌شوند. این سناریوها می‌توانند کمک کنند تا فهم بهتری از چگونگی تأثیر این تغییرات بر

محیط‌زیست، بهداشت عمومی و بسیاری از جنبه‌های دیگر جامعه داشته باشیم (O'Neill BC *et al.*, 2017). SSP2 یکی از پنج سناریوی SSP است و به آن "مسیر میانه" یا "جهان قدرتمند" نیز می‌گویند. در این سناریو، تغییرات اجتماعی-اقتصادی به یک سرعت متوسط پیش می‌روند و نه بسیار بهتر و نه بسیار بدتر از وضعیت فعلی جهان است. برای مثال، فرض می‌کند که تقسیم نابرابر دارایی و فرصت‌ها ادامه پیدا می‌کند، تکنولوژی به سرعت معقولی پیشرفت می‌کند و جمعیت جهانی به طور مداوم رشد می‌کند. با استفاده از این سناریو، محققان می‌توانند پیش‌بینی‌هایی در مورد چگونگی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن‌ها بر جوامع مختلف در آینده ارائه دهند. برخی از این تأثیرات ممکن است شامل تغییرات در پراکنش گونه‌های گیاهی، تأثیرات بر بهداشت عمومی و تغییرات در منابع طبیعی باشد (Riahi *et al.*, 2017).

برای بررسی دقیق‌تر تأثیر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی، می‌توان از روش‌های مدل‌سازی استفاده کرد. در حال حاضر پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی و تغییرات رخ داده آن با استفاده از روش‌های مدل‌سازی با پیشرفت علم آمار و همچنین سیستم اطلاعات جغرافیایی میسر شده است (Momeni Damaneh *et al.*, Heydari *et al.*, 2021). مدل‌های توزیع گونه‌ها (SDMs)^۱ در حال حاضر قابل اعتمادترین تکنیک‌هایی هستند که توسط متخصصین برای بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی بر توزیع جغرافیایی و گسترش دامنه گونه‌های مهاجم استفاده می‌شوند (Adhikari *et al.*, 2023). یکی از جنبه‌های مهم مدل آماری، انتخاب روش مدل‌سازی درست و بهینه است، زیرا انتخاب نادرست مدل ممکن است باعث عملکرد پیش‌بینی ضعیف شود. در واقع جامعه مدل‌سازی بوم‌شناختی علاقه قابل توجهی به تأثیر روش مدل‌سازی بر توانایی پیش‌بینی مدل‌های توزیع گونه‌ها نشان داده است (Gaston & Garcia,

2011). یکی از روش‌های مدل‌سازی پراکنش گیاهان، استفاده از مدل حداکثر آنتروپی است. این مدل از شرایط محیطی مثل دما، بارش و ارتفاع جغرافیایی به عنوان ورودی استفاده می‌کند و بر اساس آن، پراکنش گیاهی پیش‌بینی می‌شود (Wu *et al.*, 2022) و (Fang *et al.*, 2020)؛ لذا مدل‌سازی حداکثر آنتروپی (MaxEnt)^۲ برای پیش‌بینی مناسب بودن زیستگاه گونه‌های بومی مهم از نظر بوم‌شناختی استفاده شده است (Patasaraiya *et al.*, 2023). در واقع مدل MaxEnt به رایج‌ترین مدل توزیع گونه تبدیل شده است. مدل مذکور در تحقیقاتی در مورد طراحی ذخیره‌گاه طبیعی، بررسی گونه‌های در معرض خطر، ارزیابی خطر گونه‌های بیگانه و تأثیر تغییرات آب و هوایی استفاده شده است. (Tang *et al.*, 2021). این مدل بر اساس تئوری حداکثر آنتروپی و بر اساس داده‌های موجود، احتمال پراکنش گونه را در محیط جدید پیش‌بینی می‌کند. در این مدل، بر اساس اطلاعاتی که از پراکنش گونه در محیط‌های مختلف در دسترس است، یک توزیع احتمال برای پراکنش گونه به دست می‌آید که بیشترین آنتروپی را دارد. باین‌حال، برای بهترین پیش‌بینی پراکنش گونه، باید اطلاعات دقیقی در مورد ویژگی‌های بیوفیزیکی، بوم‌شناختی و محیط زیستی گونه موردنظر داشته باشیم. در این روش، به جای تلاش برای مدل‌سازی تمام جنبه‌های گونه و محیط زیستی، تنها از اطلاعات موجود در مورد پراکنش گونه استفاده می‌شود. در این مطالعه اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*Valeriana sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرد. گونه سنبل‌الطیب یکی از گونه‌های مهم جنس *Valeriana* است که بومی اروپا و آسیا بوده و به‌طور سنتی و گسترده در صنایع داروسازی ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pashmforosh & Ahmadabadi, 2020).

اقلیم بر توزیع *Bombax costatum* Pellegr & Vuillet در مالی، غرب آفریقا پرداختند. HamadAmin و Khwarahm (۲۰۲۳) گزارش کردند که برای مطالعه از مدل MaxEnt و فن‌های مکانی می‌توان برای موارد زیر استفاده کرد: (۱) پیش‌بینی سطح فعلی توزیع‌ها و ارزیابی تأثیر تغییرات آب‌وهوا بر توزیع‌های احتمالی آینده این گونه‌ها. (۲) برآورد مناطق همپوشانی گونه‌ها و (۳) یافتن مهم‌ترین متغیرهای محیطی که توزیع آن‌ها را شکل می‌دهند.

به‌طور کلی، گیاهان از عناصر اصلی منابع طبیعی بوده و به‌واسطه نقش حفاظتی، تغذیه‌ای، دارویی و غیره بیشتر مورد توجه مردم می‌باشند که باید در حفظ آن‌ها کوشا بود. از علل روبه انقراض بودن گونه‌های بارز در مراتع می‌توان به عدم مدیریت صحیح مراتع، چرای بیش‌ازحد و زودرس، افزایش جمعیت و همچنین اثرات تغییر اقلیم اشاره کرد. به همین دلیل در این مطالعه اثر تغییر اقلیم بر روی یکی از گونه‌های مهم دارویی استان اصفهان بررسی شده است. هدف از این مطالعه بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب (*V. sisymbriifolia*) با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی در استان اصفهان است.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

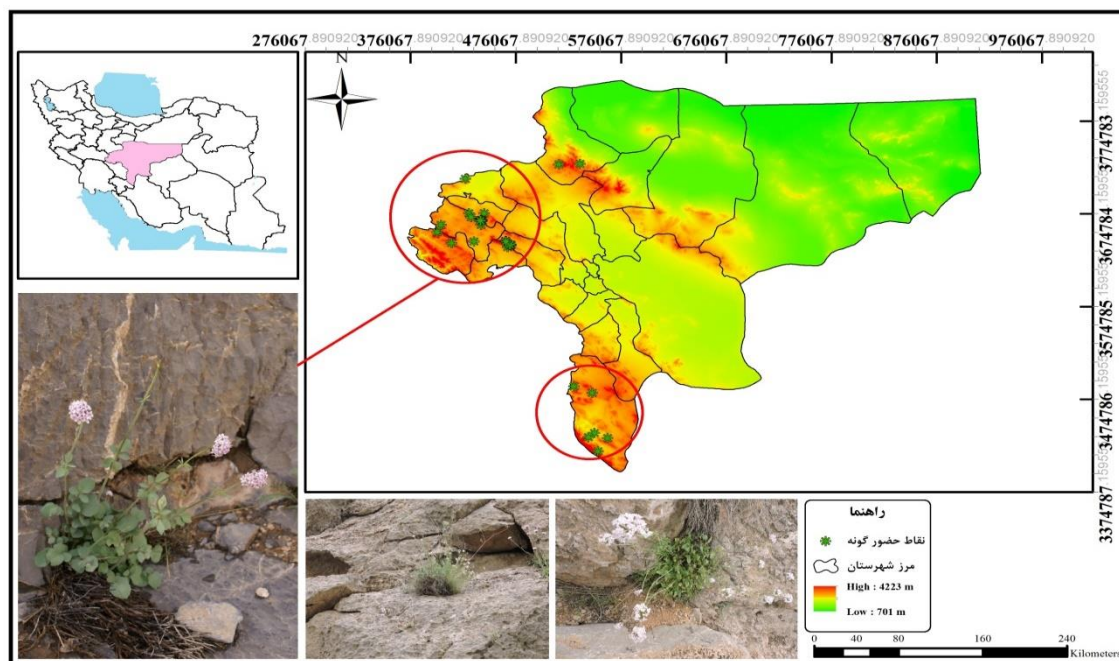
منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان اصفهان است (شکل ۱). این استان با مساحت ۱۰۷۲۹ کیلومتر مربع و داشتن ۶/۶ درصد از مساحت کل کشور در بخش مرکزی ایران قرار دارد و این استان بین عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی واقع شده است. استان اصفهان در مرکز فلات ایران قرار دارد که ارتفاع متوسط آن از نقشه‌های رقومی ارتفاعی بیانگر حدود ۱۶۰۵ متر است و اغلب ارتفاعات دارای جهت شمال غربی، جنوب

گونه سنبل‌الطیب یک گیاه علفی است که در مناطق کوهستانی و کم‌آبی استان اصفهان در ایران یافت می‌شود. این گونه دارای اهمیت فراوان بوم‌شناختی است و برای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و ضد تشنجی شناخته شده است. تاکنون تحقیقات بسیار کمی روی گونه مذکور، انجام شده است و همچنین استفاده از سناریوهای اقلیمی اعم از SSP2 و RCP4.5 به‌عنوان نوآوری در این مطالعه می‌باشند. مطالعات بسیاری در حیطه کلی این مطالعه انجام شده است. Soliman و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر پراکنندگی بالقوه *Spogostylum ocyale* (Diptera: Bombyliidae) در خاورمیانه به روش MaxEnt پرداختند که عملکرد مدل رضایت‌بخش بود و توزیع پتانسیل خوبی را برای *S. ocyale* نشان داد. Gao و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی و پیش‌بینی پراکنندگی جغرافیایی بالقوه *Sirex nitobei* در چین تحت تغییر اقلیم با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی پرداختند و اشاره داشتند که بارش و دما بر مناطق بالقوه مناسب تأثیر می‌گذارد. Xu و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی مدل‌سازی مبتنی بر آنتروپی حداکثر برای پیش‌بینی رویشگاه‌های مناسب بالقوه یک گیاه دارویی سنتی (*Rheum nanum*) در آسیا تحت شرایط تغییر آب‌وهوا پرداختند و آن‌ها دریافتند که Bio16 (بارش مرطوب‌ترین سه‌ماهه) و Bio1 (میانگین دمای سالانه) مهم‌ترین عوامل آب و هوایی بودند که بر توزیع *R. nanum* تأثیر گذاشتند. Ngarega و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی پیش‌بینی اثرات ویژگی‌های زیست‌اقلیمی و تغییرات آب و هوایی بر توزیع بالقوه گونه مورد مطالعه در جنوب آفریقا با استفاده از حداکثر آنتروپی (MaxEnt) پرداختند. آن‌ها دریافتند که تحت سناریوهای تغییر اقلیم، مناطق زیستگاه مناسب به‌طور قابل‌توجهی در محدوده شمالی منطقه کاهش یافت. در حالی که در محدوده جنوبی گسترش یافتند. Coulibaly و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تأثیر تغییر

۴۵ روز و ۲۷ روز هم در پاییز اتفاق می‌افتد. میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا در اصفهان طبق آمار بلندمدت (۱۹۵۱-۲۰۱۵) در ایستگاه اصفهان ۳۸/۷ درصد است. میانگین حداقل رطوبت نسبی تقریباً ۲۳ درصد و میانگین حداکثر آن ۵۷/۶ درصد است. طبیعی است که در ماه‌های بارانی و سرد سال میزان نم نسبی کم‌وبیش بالا و برعکس در ماه‌های گرم و خشک میزان آن، بسیار کم است. بر طبق منحنی آمبروترمیک، طول دوره خشکی ایستگاه اصفهان از اواسط ماه مارس (اواخر اسفند) تا اوایل ماه نوامبر (اوایل آبان) است؛ یعنی تقریباً بین ۶ تا ۷ ماه از سال میزان دما بیشتر از مقدار بارش بوده که تحت عنوان دوره خشکی مطرح می‌شود (Suleimany, 2023).

شرقی است. همچنین تغییرات شدید ارتفاع از سطح دریا بین ۷۰۰ متر در شهرستان نائین تا بیش از ۴۰۰۰ متر در شهرستان فریدون‌شهر باعث ایجاد اقلیم مختلف در استان شده است. متوسط بارش سالیانه استان ۱۶۰ میلی‌متر و متوسط بارش شهر اصفهان ۱۲۰ میلی‌متر است (Mehdizadeh *et al.*, 2023).

بر اساس بررسی‌های بلندمدت آماری ۱۹۵۱-۲۰۱۵ میانگین سالانه دمای ایستگاه اصفهان ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. میانگین دما در سردترین ماه سال (ژانویه) ۳ درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال (جولای) ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. تعداد روزهای یخبندان ایستگاه اصفهان به‌طور متوسط ۷۲ روز در سال است که بیشترین آن در فصل زمستان، به میزان



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه (استان اصفهان) به همراه گونه سنبل الطیب

Figure 1- The location of the study area (Isfahan province) and *V. sisymbriifolia*

اسپاسم، ضد اضطراب، ضد تشنج و ضد باکتری برای این گزارش شده است (Pashmforosh & Ahmadabadi, 2020). این گونه از جمله گیاهان دارویی و با وسعت کم کشور است که گونه‌ای نزدیک به تهدید است و نیاز است که زیستگاه این گونه ارزیابی شود (Khoshbakht, 2013). این گیاه چندساله با ریزوم ضخیم و ساقه‌ای به ارتفاع ۷ تا ۷۸ سانتی‌متر، برگ‌های

گونه مورد مطالعه

گونه *V. sisymbriifolia* یا سنبل الطیب کوهی یکی از شش گونه جنس سنبل الطیب در ایران است که ریشه آن دارای مواد ارزشمندی است (Chegini *et al.*, 2020). عصاره این گیاه حاوی ترکیبات دارویی مختلفی شامل روغن‌های فرار، آلکالوئیدها و اسیدهای آمینه آزاد است. همچنین خواص دارویی از جمله آرام بخشی، ضد

است که بر روی تشکیلات آهکی ریزدانه سفیدرنگ (سازند ایلام) مربوط به دوران مزوزوئیک رشد و نمو می‌یابد و فصل گل‌دهی و میوه‌دهی آن از اواسط بهار تا اواسط تابستان است (شکل ۲) (Khoshbakht, 2013).

قاعده‌ای شانه‌ای فرد به طول ۴ تا ۲۹ سانتی‌متر و برگ‌های بالایی شانه‌ای فرد، کوچک با لوب‌های باریک از مشخصات این گونه است. پراکندگی این گونه در استان اصفهان را می‌توان در سمیرم، مسیر پادنا به سی‌سخت، گردنه بیژن و فریدون‌شهر مشاهده کرد. این گیاه متعلق به مناطق خزری، ایران و تورانی و زاگرسی



شکل ۲- تصویری از گونه *V. sisymbriifolia*

Figure 2- Image of *V. sisymbriifolium* species

با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی داده‌های هواشناسی Worldclim و IPCC، در سه مقطع ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ اخذ شد که شامل ۱۹ متغیر بایوکلیماتیک است که بر اساس داده‌های حداقل و حداکثر دما و میانگین بارش ماهانه به دست می‌آیند که پس از جمع‌آوری با استفاده از روش‌های دقیقی آن‌ها را برای کل جهان درون‌یابی کرده‌اند. همچنین لایه‌های فیزیوگرافی دربرگیرنده مجموعه‌ای از نقشه‌های پایه محیطی است که این نقشه‌ها را می‌توان از نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) تهیه کرد. از بین ۱۹ متغیر اقلیمی با در نظر گرفتن میزان همبستگی داده‌های محیطی و اثرات اکولوژیک آن‌ها مناسب‌ترین متغیرها برای ورود به فرآیند مدل‌سازی نهایی در منطقه موردنظر انتخاب گردیدند. در واقع بر طبق آنالیز مشارکت مهم‌ترین

گردآوری داده‌ها

داده‌های زیستی

داده‌های زیستی شامل نقاط ثبت‌شده‌ای است که به‌وسیله مختصات طول و عرض جغرافیایی مشخص می‌شود و بیانگر رخداد و یا پراکنش جغرافیایی گونه موردنظر است. بعد از پردازش‌های اولیه تعداد ۵۰ نقطه حضور گونه از مناطق مختلف اصفهان در ماه اردیبهشت ۱۴۰۱ به روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده به‌وسیله دستگاه GPS ثبت گردید و به‌صورت طول و عرض جغرافیایی وارد محیط Excel شد و به فرمت موردنیاز برای ورود به مدل‌ها تبدیل گردید.

داده‌های محیطی

داده‌های محیطی بیانگر خصوصیات محیطی و دامنه تغییرات آن‌ها در منطقه مورد مطالعه است. این متغیرها

است که در آن میزان رشد اقتصاد جهانی متوسط است و نرخ جمعیت بین‌المللی کاهش می‌یابد. در این سناریو، بیشترین توجه به پایداری و توسعه پایدار جهانی شده است و هیچ کشوری به صورت منحصر به فرد در حالی که انحصاری هدف اقتصادی را دنبال نمی‌کند، بیش از دیگر کشورها پیشرفت نمی‌کند. در این سناریو، به توسعه صنعتی، محیط‌زیست و کنترل آلودگی‌ها در کشورهای در حال توسعه نیز توجه خواهد شد (Canturk & Kulaç, 2021). همچنین سناریوی RCP4.5، سناریویی است که با فرض کاهش نرخ رشد جمعیت و کاهش نرخ تولید دی‌اکسید کربن ایجاد شده است. در این سناریو، محدودیت‌های انرژی واقعیت شده و دولت‌ها سعی می‌کنند برای مقابله با تغییرات اقلیمی، مصرف انرژی پاک را افزایش دهند و طرح‌های برق خورشیدی و بادی را توسعه دهند (Qi et al., 2022). می‌توان گفت که دلیل استفاده از این سناریوها در این مطالعه کمتر استفاده شدن آن‌ها در سایر مطالعات است. به خصوص سناریو اقلیمی RCP4.5 برای این گونه به نوعی تازگی دارد.

مدل مورد استفاده

بعد از تعریف سناریوهای SSP2 و RCP4.5، مدل حداکثر آنتروپی به عنوان ابزار پیش‌بینی پراکنش گونه سنبل‌الطیب استفاده شد.

در این مطالعه، ابتدا مقادیر متغیرهای محیطی دما و بارش مورد پیش‌بینی برای دوره زمانی ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ گردآوری شد. سپس با استفاده از این داده‌ها و مدل MaxEnt، پراکنش گونه سنبل‌الطیب در استان اصفهان با سناریوهای SSP2 و RCP4.5 پیش‌بینی شد. به طوری که به منظور مدل‌سازی پراکنش گونه سنبل‌الطیب از تعداد ۵۰ نقطه حضور به همراه عوامل محیطی شامل ۱۴ متغیر اقلیمی (مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی در آنالیز مشارکت، از بین ۱۹ متغیر اقلیمی) و ۳ متغیر فیزیوگرافی به عنوان ورودی مدل استفاده شد. میزان ۷۰ درصد از داده‌ها به عنوان داده‌های کالیبراسیون و ۳۰ درصد باقی‌مانده به عنوان داده‌های

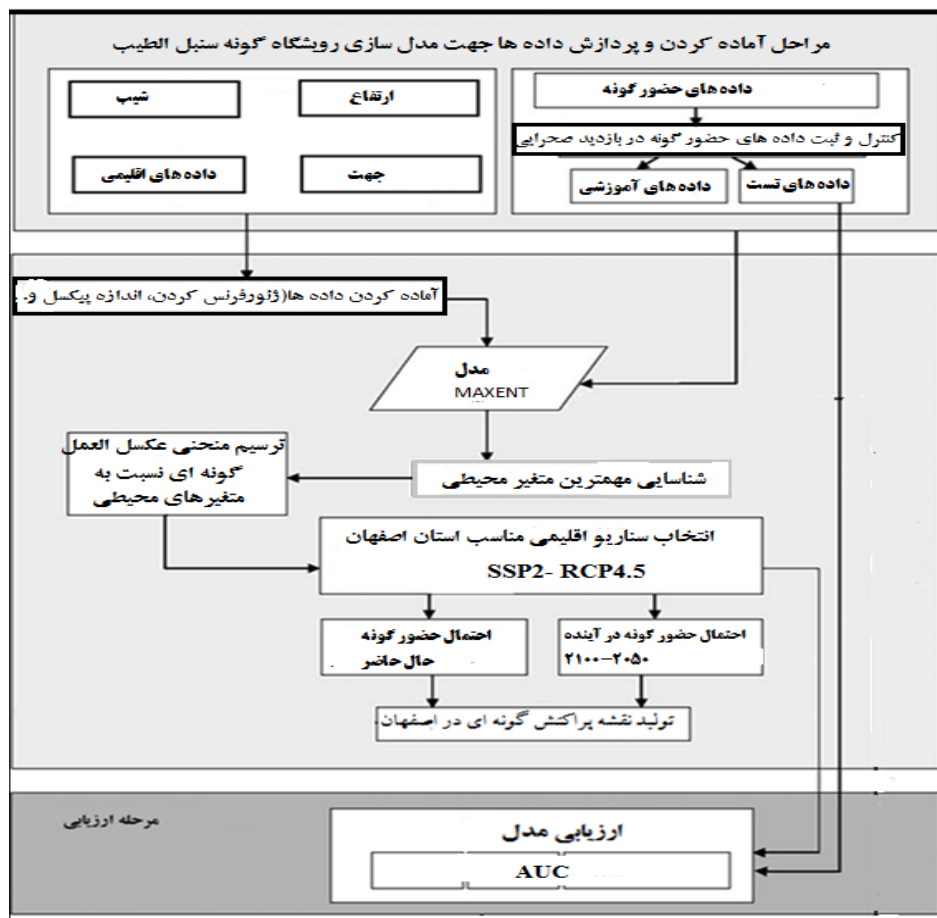
متغیرهای سهمیم در فرآیند مدل‌سازی شامل bio12 (بارندگی سردترین فصل سال)، bio10 (میانگین درجه حرارت گرم‌ترین فصل سال)، bio1 (میانگین درجه حرارت سالیانه)، bio8 (میانگین درجه حرارت مرطوب‌ترین فصل سال)، bio16 (بارندگی مرطوب‌ترین فصل سال) و سایر متغیرها با مشارکت کمتر از ۱ درصد به عنوان مهم‌ترین متغیرهای دخیل در فرآیند مدل‌سازی شناخته شدند. طبق بررسی‌های انجام شده بر روی متغیرهای اقلیمی (Bio1-19) در سه دوره زمانی مشخص گردید که در سال ۲۰۲۰ بیشترین و کمترین میزان بارش سالانه (bio12) به ترتیب برابر با ۳۷۲ و ۵۸ میلی‌متر بود. همچنین بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین درجه حرارت سالیانه (bio1) به ترتیب برابر با ۲۰/۹ و ۱/۸ درجه سانتی‌گراد بود. در واقع می‌توان گفت bio12 (بارندگی سالیانه) در مقایسه بین سه دوره زمانی بدین شکل است که برای سال ۲۰۲۰ دارای میانگین ۲۱۲/۵ میلی‌متر، سال ۲۰۵۰ برابر ۱۴۰/۵ میلی‌متر و همچنین برای سال ۲۱۰۰ برابر ۱۱۸/۵ میلی‌متر است؛ همان‌طور که مشخص است طی این دوره‌های زمانی، بارش سالیانه کاهش و دما افزایشی است. هر دو سناریوی SSP2 و RCP4.5 چنین روندی را نشان می‌دهند.

سناریوهای اقلیمی

با استفاده از سناریوهای SSP2 و RCP4.5 می‌توان بررسی کرد که در شرایط این سناریوها، اثرات تغییرات اقلیمی چگونه بر پراکنش گونه گیاهی سنبل‌الطیب در استان اصفهان تأثیر می‌گذارد. در این راستا، مدل حداکثر آنتروپی نیز به عنوان ابزاری مناسب برای پیش‌بینی اثرات تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. برای مطالعه پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه گیاهی سنبل‌الطیب در استان اصفهان با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی و در دوره‌های زمانی ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰، دو سناریو SSP2 و RCP4.5 مورد استفاده قرار گرفت. در واقع سناریوی SSP2 یک سناریوی متوسط

پیش‌بینی‌ها انتخاب و به نرم‌افزار Arc Map فراخوانده شد. جهت تولید نقشه‌های تغییر اقلیم نیز داده‌های اقلیمی سال‌های ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ اخذ شده به محیط نرم‌افزار فراخوانده شد و نقشه پیش‌بینی گونه مورد نظر برای آینده تهیه گردید (شکل ۳).

ارزیابی وارد مدل شدند. لایه‌های محیطی با استفاده از نرم‌افزار Arc Map به فرمت مورد نظر (ASCII) تبدیل شدند. در فرآیند مدل‌سازی، روش Sub Sample، حالت Auto Feature انتخاب شد و ۱۵ اجرا و ۵۰۰۰ تکرار انتخاب گردید. نوع نقشه خروجی مدل لجستیک انتخاب شد و سپس نقشه میانگین تولید شده توسط نرم‌افزار MaxEnt، به منظور تحلیل و بررسی



شکل ۳- مراحل روش کار

Figure 3- Materials and methods steps

مورد مطالعه تا سال ۲۱۰۰ کاسته خواهد شد. به گونه‌ای که طبقه عالی از ۳/۰۷ درصد به ۰/۰۴۷ درصد کاهش پیدا خواهد کرد.

نتایج حاصل از سناریوی SSP2

طی بررسی اثر تغییر اقلیم بر پراکنش گونه مورد مطالعه تحت سناریوی SSP2، شکل ۴ تصاویر d, e و f به ترتیب روند تغییرات مساحت اشغال شده توسط گونه سنبل‌الطیب را تحت سناریوی SSP2 در سال‌های

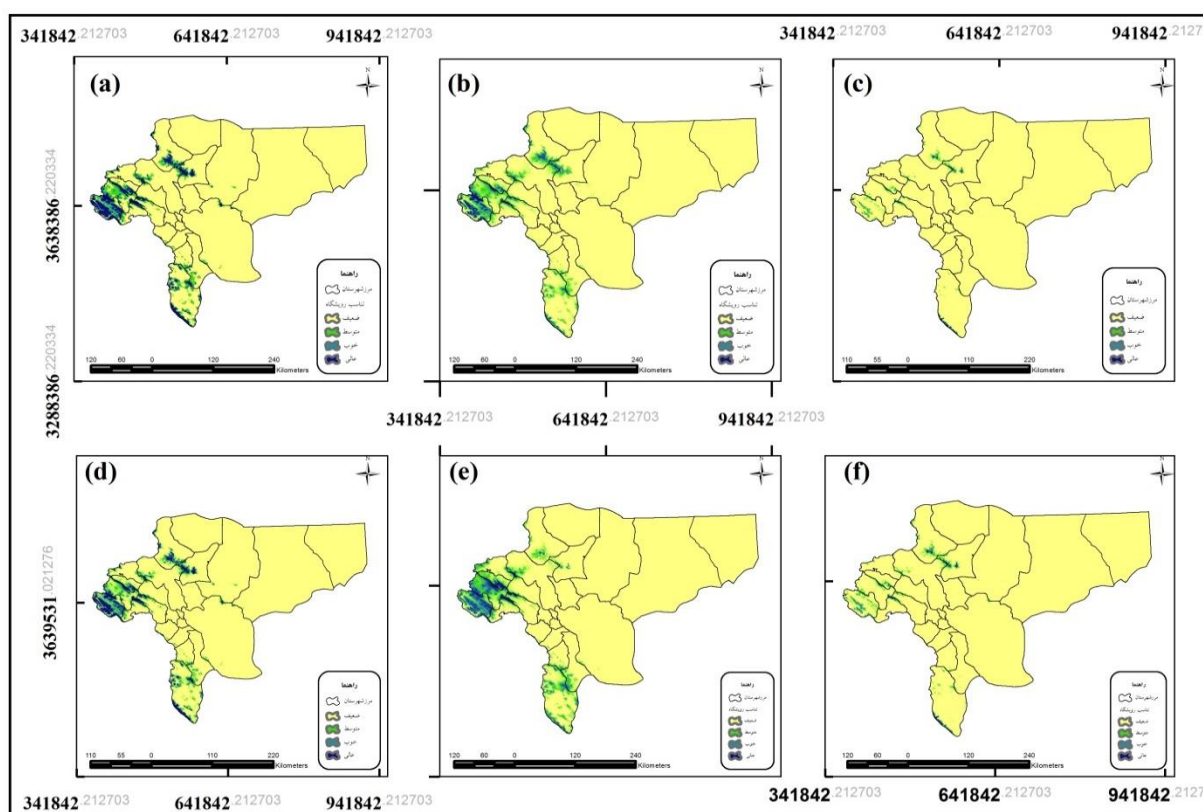
نتایج

نتایج حاصل از سناریوی RPC 4.5

در شکل ۴ تصاویر a, b و c به ترتیب روند تغییرات مساحت اشغال شده توسط گونه سنبل‌الطیب را تحت سناریوی RCP4.5 در سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۱ نیز مشخص است، مدل حداکثر آنتروپی پیش‌بینی می‌کند که حدود ۵۰ درصد از تناسب رویشگاه‌های عالی گونه

جهت درک بهتر از روند تغییر اقلیم نقشه‌های پراکنش گونه‌ای به چهار کلاس طبقه‌بندی شدند (جدول ۱ و ۲) که هر طبقه با توجه به ارزش آن دارای وسعت متفاوتی است و می‌توان روند کاهش وسعت گونه موردنظر را تحت تأثیر تغییر اقلیم بهتر درک کرد (Elith *et al.*, 2010). با توجه به جداول می‌توان به این موضوع پی برد که طبقه چهار نقشه موردنظر که جایگاه تناسب عالی است طی سال‌های متوالی از میزان ۳ درصد به میزانی کمتر از ۱ درصد در سال ۲۱۰۰ می‌رسد. سناریوی SSP2 نسبت به سناریوی RCP 4.5 تناسب رویشگاه مناسب را در سال ۲۱۰۰ بیشتر نشان داده و در واقع تحت این سناریو رویشگاه گونه مقداری کمتر از بین رفته است.

۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ نشان می‌دهد. طبق نتایج مدل MaxEnt پیش‌بینی می‌کند که وسعت گونه سنبل‌الطیب در طی سال‌های موردبررسی با توجه به فاکتورهای موردنظر رو به کاهش است به طوری که پراکنش این گونه در طبقه عالی برای زمان ۲۰۲۰، ۳/۷۴ درصد از استان اصفهان را در بر گرفته است و در سال ۲۰۵۰ این وسعت پراکنش به ۱/۵۴۴ درصد از وسعت استان می‌رسد و در سال ۲۱۰۰ نیز مقدار پراکنش گونه برابر ۰/۱۵۵ درصد است (جدول ۲). همچنین با توجه به نقشه‌های خروجی ارزش‌های ارتفاعی پراکنش گونه به سمت مناطق مرتفع‌تر پیش رفته است. در اشکال مربوطه قسمت‌های تیره بیان‌گر حضور بالای گونه است (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه‌های خروجی از مدل MaxEnt در پیش‌بینی پراکنش گونه *V. sisymbriifolia* تحت تأثیر تغییرات اقلیمی (a) پراکنش گونه در سال ۲۰۲۰، (b) پراکنش گونه در سال ۲۰۵۰، (c) پراکنش گونه در سال ۲۱۰۰ (تحت سناریوی RCP4.5)، (d) پراکنش گونه در سال ۲۰۲۰، (e) پراکنش گونه در سال ۲۰۵۰، (f) پراکنش گونه در سال ۲۱۰۰ (تحت سناریوی SSP2)

Figure 4- Output maps from the MaxEnt model in predicting the distribution of *V. sisymbriifolia* under the influence of climate change

a) Species distribution in 2020, b) Species distribution in 2050, C) Species distribution in 2100 (under RCP4.5 scenario), d) Species distribution in 2020, e) Species distribution in 2050, f) Species distribution in the year 2100 (under the SSP2 scenario)

جدول ۱- طبقه‌بندی و درصد مساحت پراکنش گونه *V. sisymbriifolia* بر اساس شایستگی حضور گونه تحت سناریو RCP4.5

Table1- Classification and distribution area percentage of *V. sisymbriifolia* species under RCP4.5 scenario

درصد مساحت تناسب رویشگاه سال 2100	درصد مساحت تناسب رویشگاه سال 2050	درصد مساحت تناسب رویشگاه 2020	تناسب رویشگاه	طبقه‌بندی رویشگاه
99.0	95.70	92.14	نامناسب	طبقه یک (0-0.25)
0.655	3.68	3.44	ضعیف	طبقه دو (0.25-0.5)
0.432	1.22	1.45	مناسب	طبقه سه (0.5-0.75)
0.047	1.16	3.07	عالی	طبقه چهار (0.75-1)

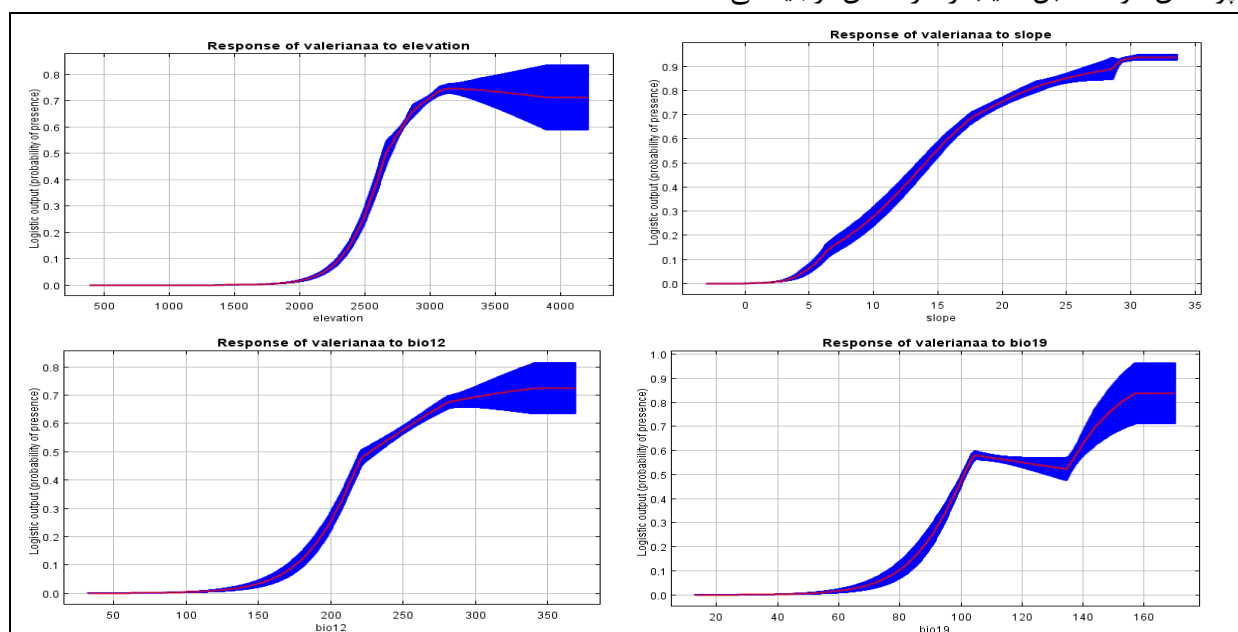
جدول ۲- طبقه‌بندی و درصد مساحت گونه *V. sisymbriifolia* رویشگاه بر اساس شایستگی حضور گونه تحت سناریو SSP2

Table2- Classification and area percentage of *V. sisymbriifolia* species under SSP2 scenario

درصد مساحت تناسب رویشگاه سال 2100	درصد مساحت تناسب رویشگاه سال 2050	درصد مساحت تناسب رویشگاه 2020	تناسب رویشگاه	طبقه‌بندی رویشگاه
99.33	96.54	91.91	نامناسب	طبقه یک (0-0.25)
0.4	1.056	1.912	ضعیف	طبقه دو (0.25-0.5)
0.308	0.747	1.624	مناسب	طبقه سه (0.5-0.75)
0.155	1.544	3.47	عالی	طبقه چهار (0.75-1)

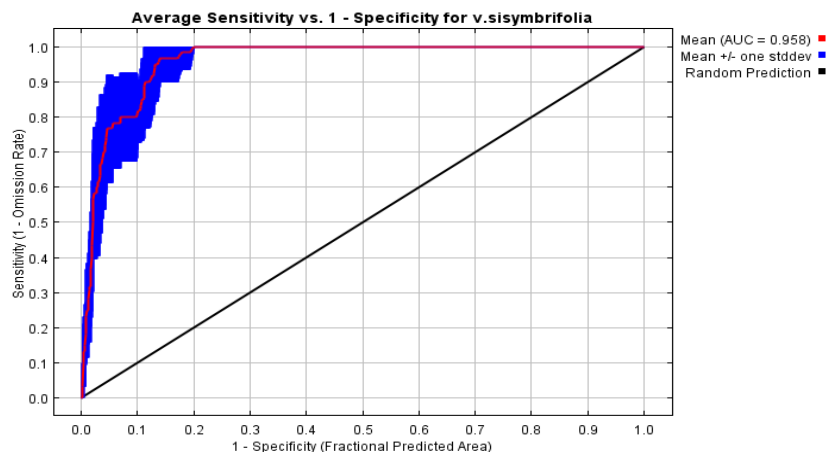
و همچنین با توجه به ارزش اهمیت جای‌گشتی بر اساس آنالیز حساسیت بیش‌ترین مقدار کاهش AUC در صورت جایگزینی با داده‌های مربوط به شیب بارزش اهمیت جای‌گشتی برابر ۳۴/۹ است (شکل ۶).

همچنین در بررسی مهم‌ترین متغیرهایی که بر پراکنش گونه سنبل‌الطیب تأثیر دارند، می‌توان گفت که چهار متغیر (شیب، بارندگی سردترین فصل سال، بارندگی سالیانه و ارتفاع) (شکل ۵)، بیش از ۸۰ درصد پراکنش گونه سنبل‌الطیب را در استان توجیه می‌کنند



شکل ۵- منحنی‌های پاسخ گونه *V. sisymbriifolia* نسبت به مهم‌ترین متغیرهای محیطی تأثیرگذار

Figure 5- Response curves of *V. sisymbriifolia* to the most important influencing environmental variables



شکل ۶- منحنی ROC و مقدار مساحت زیر منحنی (AUC)

Figure 6- ROC curve and the value of the area under the curve (AUC)

به همراه دارد. گونه‌های گیاهی به‌طور خاص به شرایط محیطی خود وابسته هستند و حتی تغییرات نسبتاً کوچک در دما یا بارش ممکن است تأثیر قابل‌توجهی بر پراکنش آن‌ها داشته باشد. به‌عنوان مثال، گونه‌هایی که به شرایط خاصی از دما یا بارش وابسته‌اند، ممکن است در محیط جدید نتوانند بقا داشته باشند. این حالت ممکن است منجر به کاهش گستردگی جغرافیایی یا تنوع ژنتیکی گونه شود؛ بنابراین، حتی اگر سناریوی RCP4.5 تلاش‌های موفقیت‌آمیزی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را نشان می‌دهد، باید توجه داشت که تغییرات اقلیمی همچنان ممکن است تأثیرات منفی بر روی برخی گونه‌های گیاهی داشته باشد. در مورد گونه مورد مطالعه نیز چنین روندی مشاهده شده است. می‌توان از این قضیه نتیجه گرفت که گونه سنبل‌الطیب گونه بسیار حساسی است. در مورد سناریوی SSP2 نیز چنین است. سناریوی SSP2، باینکه تغییرات میانه را در نظر می‌گیرد، همچنان تغییرات قابل‌توجهی در اقلیم و شرایط اجتماعی-اقتصادی را پیش‌بینی می‌کند. هرگونه گیاهی خاص به شرایط محیطی خاصی وابسته است و حتی تغییرات نسبتاً کوچک در این شرایط ممکن است تأثیر قابل‌توجهی بر پراکنش و بقای آن گونه داشته باشد (Fricko, 2017). به‌عنوان مثال، اگر یک گونه به دام‌های خنک و بازه مشخصی از بارش وابسته باشد،

بحث

نتایج مطالعه نشان داد که در سناریوی SSP2، پراکنش گونه سنبل‌الطیب در طول دوره زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۱۰۰ با افزایش دما و کاهش بارش، کاهش خواهد یافت. همچنین در سناریوی RCP4.5، با افزایش دما و کاهش بارش، پراکنش گونه سنبل‌الطیب در طول دوره زمانی ۲۰۲۰ تا ۲۱۰۰ کاهش خواهد یافت یا در برخی مناطق ممکن است این‌گونه از بین برود. در واقع سناریوی RCP 4.5 بر اساس پایین بودن سطح گازهای گلخانه‌ای میانی (دی‌اکسید کربن، متان، نیتروژن اکسید و غیره) در دهه‌های آینده توسط جوامع بین‌المللی برای تعدیل تغییرات اقلیمی انتخاب شده است. در این سناریو، درصد افزایش غلظت دی‌اکسید کربن معادل با ۵۴۰ppm در سال ۲۱۰۰ خواهد بود. بر اساس مدل‌های اقلیمی، این سناریو در دهه‌های آینده به گرم شدن جهان در مقایسه با دوره پیش از صنعت انقلاب صنعتی منجر خواهد شد (Rezayi Zaman *et al.*, 2023, 2022, Ahmadi & Mustafavi). سناریو RCP4.5، حالت میانه‌ای را نشان می‌دهد که برخلاف سناریوهای بیشتری که تغییرات اقلیمی را نادیده می‌گیرند، تلاش‌های معقولی را برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در نظر می‌گیرد؛ اما باید توجه داشت که حتی در این سناریو، تغییرات اقلیمی همچنان ادامه دارد و تغییرات قابل‌توجهی در دما و الگوهای بارش را

افزایش می‌یابد و با توجه به مشاهدات میدانی می‌توان گفت که گونه موردنظر در شیب و ارتفاعات بسیار بالا مشاهده می‌شود به طوری که در هنگام برداشت نمونه گونه موردنظر تا ارتفاع ۳۰۰۰ متری حضور داشت و علت این امر را می‌توان به دلیل داشتن ریشه‌های قوی گیاه دانست که توان زادآوری در شرایط سنگلاخی را ایجاد می‌کند و از طرف دیگر به دلیل اینکه گونه‌های دیگر تحمل شرایط مشابه را ندارند حضور آن‌ها کم می‌شود و رقابت برای گونه سنبل‌الطیب کاهش می‌یابد. منحنی‌های عکس‌العمل گونه نسبت به تغییرات بارندگی نیز نشان می‌دهد که هرچه بارش سالیانه و بارندگی در ماه‌های سرد زیاد شود احتمال حضور گونه نیز زیاد می‌شود به طوری که هرچه بارش سالیانه از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر گردد احتمال رخداد افزایش می‌یابد. در ارزیابی مدل MaxEnt با استفاده از نمودار ROC سطح زیر منحنی برابر با ۰/۹۵ است که طبق طبقه‌بندی SWEET جز مدل‌های بسیار خوب طبقه‌بندی می‌شود.

همان‌طور که متغیرهای مهم قابل‌رؤیت هستند می‌توان به این نکته پی برد که پستی‌وبلندی‌ها به‌خصوص تغییرات ارتفاع و شیب می‌توانند بسیاری از عوامل محیطی را تغییر دهند و در ایجاد رویشگاه و همچنین پراکنش گونه موردنظر نقش مهمی ایفا کنند به طوری که نقش این دو عامل در حضور یا حذف گونه‌های گیاهی بسیار بارز است. بررسی منحنی‌های پاسخ گونه در طبقات ارتفاعی مختلف روند منظمی را نشان داد؛ به طوری که به سمت ارتفاعات بالاتر روند صعودی داشته و تصور می‌شود با توجه به شرایط سخت محیطی در ارتفاعات پایینی (نزدیکی به جاده، فشار چرای دام و...) منطقه مورد مطالعه، گونه‌های گیاهی به‌منظور حفظ بقا، خود را در طول زمان به ارتفاعات بالاتر که محیطی امن محسوب می‌شود، رسانده‌اند و باعث افزایش حضور گونه‌ای شده‌اند.

افزایش دما و تغییرات در الگوهای بارش، حتی در یک سناریوی میانه مانند SSP2، ممکن است منجر به کاهش پراکنش یا بقای آن گونه شود. همچنین، تغییرات در استفاده از زمین، مانند توسعه شهری یا تغییرات در روش‌های کشاورزی می‌تواند تأثیرات مهمی بر گونه‌های گیاهی داشته باشد (Riahi *et al.*, 2017). سناریوی SSP2، خود به‌تنهایی تغییرات خاصی در دما یا بارش را مشخص نمی‌کند. به جای آن، این سناریو شامل تغییرات مختلف اجتماعی-اقتصادی می‌شود که می‌تواند بر تغییرات اقلیمی تأثیر بگذارد. تغییرات خاص در دما یا بارش، بستگی به این دارد که چه نوع مدل اقلیمی با SSP2 ترکیب شود. لذا، حتی با یک سناریوی میانه مانند SSP2، ممکن است برخی از گونه‌های گیاهی کاهش یا تغییرات قابل‌توجهی در پراکنش خود تجربه کنند. برای درک بهتر این تأثیرات، تحلیل‌های دقیق‌تر و مدل‌هایی که عوامل مختلف محیطی و بوم‌شناختی را در نظر می‌گیرند، ممکن است موردنیاز باشد. لذا اگر این دو سناریو می‌توانند باهم ترکیب شوند یک تصویر کامل‌تر از تغییرات اقلیمی محتمل و تأثیرات اجتماعی-اقتصادی آن‌ها ارائه می‌دهند.

طبق نتایج به‌دست‌آمده پیش‌بینی‌ها نشان دادند که پراکنش این گونه در نواحی کم ارتفاع و با بارندگی کمتر به دلیل افزایش دما و کاهش بارندگی کاهش می‌یابد. همچنین، تغییرات در دما و بارندگی منجر به تغییرات در نیروی محرکه زندگی (شدت رشد و بلوغ گیاه) شده و بنابراین توزیع و پراکنش گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به نقشه‌های خروجی از مدل MaxEnt و همچنین با توجه به تأثیر متغیرهای مهم در این فرایند می‌توان به این نتیجه رسید که پراکنش گونه موردنظر تحت تأثیر تغییر اقلیم طی سال‌های متوالی رو به کاهش است.

به‌علاوه با توجه به منحنی‌های عکس‌العمل گونه از نظر فیزیوگرافی هرچه شیب و ارتفاع در منطقه موردنظر افزایش یابد مقدار پراکنش گونه سنبل‌الطیب نیز

در این راستا، Santos و همکاران (2007) در تحقیق خود بیان داشت پراکنش جغرافیایی تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در محیط‌های کوهستانی مرتفع در ارتباط نزدیک با توپوگرافی است؛ بنابراین پارامترهای مربوط به فرم زمین مثل ارتفاع، از پارامترهای مهم ورودی برای آنالیز مکانی و مدل‌سازی پراکنش پوشش گیاهی در چشم‌اندازهای کوهستانی می‌باشند.

عامل ارتفاع از سطح دریا به دلیل تأثیر در اقلیم منطقه بر پراکنش گونه‌های گیاهی نقش مؤثری دارد. با افزایش ارتفاع از سطح دریا، متوسط دمای هوا کاهش یافته و با توجه به سایر عوامل اقلیمی منجر به تشکیل نواحی اقلیمی شده، در نتیجه نواحی گیاهی با تنوع گونه‌ای خاص ایجاد می‌شود (Solow & Polasky, 1994). تغییر ارتفاع در شیب‌های مختلف از نظر زاویه و جهت عواملی هستند که جوامع گیاهی را در اکوسیستم‌ها ایجاد می‌کنند. توپوگرافی با دگرگون نمودن اقلیم ناحیه‌ای از یک‌سو سبب افزایش دما و تسریع تبخیر و تعرق در شیب‌های رو به جنوب و از سوی دیگر سبب کاهش فرایندهای ذکر شده در شیب‌های رو به شمال (در نیمکره شمالی) شده، همین امر سبب می‌شود که شیب‌های رو به شمال پوشش گیاهی متراکم‌تر داشته باشد (Del Barrio *et al.*, 1997). همچنین (Abolmaali 2014) به این نتیجه رسید که احتمال رخداد گونه‌های مورد مطالعه در ارتفاعات بالاتر به دلیل افزایش بارندگی و رطوبت خاک و کاهش دما در طول گرادیان ارتفاعی افزایش می‌یابد. با توجه به حساسیت طبقه ارتفاعی پایین نسبت به طبقات ارتفاعی دیگر که بیشتر در معرض تخریب و کاهش تراکم و تنوع گونه‌ای است، باید با اصلاح راهکارهای موجود و شناسایی گونه‌های مناسب این طبقه ارتفاعی، در جهت مدیریت اصولی و بهینه آن اقدامات جدی صورت بگیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در راستای احیای توده‌های تنک و با تنوع گونه‌ای کمتر در منطقه، شرایط رویشگاهی ارتفاعات مختلف از سطح دریا مطالعه شده و گونه‌های مناسب برای هر منطقه

انتخاب شوند تا در تمام ارتفاعات، توده‌های متراکم و با تنوع گونه‌ای مناسب استقرار یابند. باید خاطر نشان کرد که روش‌های مطالعه پراکنش گونه‌ای در اکوسیستم زمانی مفید و سودمند است که در راستای اهداف شناخته شده مدیریت باشد. آنچه مسلم است به لحاظ پیچیدگی و تنوع خصوصیات اکولوژیک در هر منطقه پوشش، نمی‌توان نتایج به دست آمده در هر مطالعه را به تمامی مطالعات دیگر مرتبط دانست؛ بنابراین این پژوهش فقط مدعی این است که در منطقه مورد پژوهش تغییرات پراکنش در رابطه با تغییرات ارتفاع و شیب معنی‌دار است، به طوری که با افزایش ارتفاع از سطح دریا پراکنش گونه‌ای افزایش می‌یابد. بدیهی است ضرورت مطالعات متعدد و موردی از این دست، بهترین راهکار برای نیل به مدیریت بهینه در حفظ رویشگاه‌ها است. به طور کلی گیاهان مرتعی در مقایسه با درختان نسبت به کنش متقابل دما و بارندگی حساس‌ترند، زیرا بسیاری از گونه‌های چوبی با برخورداری از ریشه‌های عمیق از رطوبت ذخیره شده در اعماق خاک استفاده می‌کنند و مستقل از زمان وقوع باران به رشد خود ادامه می‌دهند و در فصل خاصی به گل می‌نشینند. Akbari (2011) عوامل متوسط بارش سالانه، متوسط حداقل درجه حرارت روزانه و متوسط درجه حرارت سالانه را از عوامل مؤثر بر پراکنش گونه‌ها بیان کرده است. نقشه‌های حاصل از مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌ای نیز علاوه بر تعیین عوامل مؤثر در پراکنش گونه گیاهی، دامنه پراکنش جغرافیایی آن گونه را نیز نمایش می‌دهند و می‌توانند فرضیات جدید بوم‌شناختی را جهت تحقیقات آینده فراهم کنند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که روش‌های مدل‌سازی پراکنش، قابلیت بالایی در تهیه نقشه پراکنش مکانی گونه‌های گیاهی در منطقه مورد مطالعه دارد. مدل‌سازی پراکنش مکانی گونه مورد بررسی در این تحقیق بر اساس ویژگی‌های اکولوژیک می‌تواند گامی مثبت در حفاظت و احیاء این گونه باشد که از نظر دارویی، صنعتی دارای ارزش

در واقع می‌توان گفت مراتع ایران در وضعیت خوبی به سر نمی‌برند به‌گونه‌ای که قسمت اعظم مراتع، در شرایطی است که نیاز به اصلاح دارد، بسیاری از مراتع هم از لحاظ پوشش گیاهی آن چنان فقیر شده است که دیگر قابل بهره‌برداری نیست و باید قرق و به‌کلی، احیا شود. سطح وسیعی از مراتع نیز وجود دارند که به‌منظور استفاده در دیگر زمینه‌ها، یا مجاز به استفاده از آن‌ها به‌صورت مرتع نیستیم (مراتعی که طبق قانون برای حفاظت از محیط‌زیست، اجرای برنامه آبخیزداری و غیره به سازمان‌های مربوط واگذار شده است) و یا به‌طور کلی تخریب شده است (سطح‌های که به شهرها و مراکز صنعتی و غیره تبدیل شده است). با تکیه بر نتایج مدل‌های به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان رویشگاه‌های دارای پتانسیل کشت گونه موردبررسی را شناسایی و برنامه حفاظت و انتقال این‌گونه به این مناطق را باهدف ازدیاد در محیط طبیعی سبب‌ساز شد. گونه سنبل‌الطیب نیز از نظر ارزش دارویی، غذایی و همچنین حفاظتی دارای اهمیت ویژه‌ای است و به همین دلیل اقدام به تهیه نقشه گونه موردنظر شده است تا بتوان مناطق مستعد جهت احیا را توسعه داد. برای جلوگیری از انقراض این‌گونه، ایجاد مناطق حفاظت‌شده و حفظ و نگهداری آن‌ها، اجتناب از برداشت غیرمجاز، ارتقای آگاهی مردم و مسئولین درباره اهمیت و حفاظت این‌گونه، کاهش آلودگی هوا و آب، مدیریت منابع آبی، مدیریت زمین و کشاورزی پایدار و همچنین افزایش مساحت‌های سبز و توسعه کشت گیاهان دارویی در فضای باز و گلخانه‌ها از جمله راهکارهایی هستند که می‌تواند به حفظ این‌گونه و جلوگیری از انقراض آن کمک کند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه و تهدید بالقوه تغییرات اقلیمی برای گونه سنبل‌الطیب در منطقه اصفهان، می‌توان چند پیشنهاد برای حفاظت از این‌گونه داد: ایجاد مراکز تحقیقاتی و پایش مستمر برای نظارت بر وضعیت جمعیت و پراکنش این‌گونه و

زیادی است. با تکیه بر نتایج مدل‌های به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان رویشگاه‌های دارای پتانسیل کشت گونه موردبررسی را شناسایی و برنامه حفاظت و انتقال این‌گونه به این مناطق را با هدف ازدیاد در محیط طبیعی سبب‌ساز شد. گونه سنبل‌الطیب نیز از نظر ارزش دارویی، غذایی و همچنین حفاظتی دارای اهمیت ویژه‌ای است و به همین دلیل اقدام به تهیه نقشه گونه موردنظر شده است تا بتوان مناطق مستعد جهت احیا را توسعه داد. جهت دستیابی به توسعه پایدار و همچنین حفاظت از اکوسیستم‌های طبیعی و تنوع زیستی آن‌ها لازم است نقش عوامل بوم‌شناختی و تأثیر آن‌ها بر تنوع گونه‌های گیاهی مورد ارزیابی قرار گیرد که مدل‌های پیش‌بینی پراکنش گونه‌های گیاهی می‌توانند آشیان اکولوژیک یا رویشگاه بالقوه گونه را نشان دهند ولی به دلیل عدم استفاده از سایر فاکتورهای مؤثر در پراکنش گونه‌ای در مدل همچون عوامل بیولوژیکی (رقابت، همزیستی و...)، عوامل انسانی (جاده‌سازی و...) و مدیریتی (چرای دام، آتش‌سوزی و...) امکان تعیین رویشگاه بالفعل گونه میسر نیست. رویشگاه مناسب گونه سنبل‌الطیب در استان اصفهان با توجه به منحنی‌های عکس‌العمل گونه‌ای در مناطقی با بارندگی سالانه بیش از ۲۵۰ میلی‌متر، ارتفاع بیش از ۲۷۰۰ متر، شیب‌های بیش از ۱۵ درجه و همچنین میانگین دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. با توجه به این شرایط می‌توان گفت که گذر از این حدود سبب حذف تدریجی گونه مذکور خواهد شد.

نتیجه‌گیری کلی

در پایان، به‌طور خلاصه می‌توان گفت که بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی مهم و آرایش جمعیتی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مورد گونه گیاهی سنبل‌الطیب نیز نشان داده شده که تغییرات اقلیمی می‌تواند تأثیر زیادی بر پراکنش این‌گونه داشته باشد.

جمع‌آوری داده‌های دقیق و گسترده‌تر از این‌گونه از جمله داده‌های فیزیولوژیکی، ژنتیکی و اکولوژیکی، با استفاده از فناوری‌های نوین، از جمله تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) پیشنهاد می‌گردد. توسعه مدل‌های پیش‌بینی پراکنش این‌گونه با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشین، به‌منظور تشخیص الگوهای توزیعی و پیش‌بینی تغییرات احتمالی آینده می‌تواند کمک مفیدی در این زمینه باشد. توسعه برنامه‌هایی جهت حفاظت و مدیریت بهینه این‌گونه در مناطقی که اکوسیستم‌های آن‌ها تحت تهدید قرار دارد، از جمله کاهش تحریم‌های برداشت این گیاه از محیط‌زیست، استفاده از روش‌های مدیریت توانمندسازی زیستی و جلوگیری از ورود گونه‌های بیگانه و آلودگی به مناطق زیستی گونه‌ی سنبل‌الطیب پیشنهاد می‌شود.

همچنین پیش‌بینی تغییرات آینده با توجه به سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی. ایجاد مناطق حفاظت‌شده و محدود کردن فعالیت‌های انسانی در اطراف مناطق زیستی این‌گونه. آموزش و افزایش آگاهی عمومی در خصوص اهمیت حفظ تنوع زیستی و تأثیرات تغییرات اقلیمی بر آن. ترویج کشت گیاه سنبل‌الطیب در فضای آزاد یا تحت پوشش و کشت داخل سالن‌های گلخانه‌ای برای حفظ جمعیت و تولید این گیاه. انجام تحقیقات بیشتر برای تعیین پتانسیل تأثیر تغییرات اقلیمی بر فعالیت‌های دارویی و درمانی گیاه سنبل‌الطیب و تلاش برای استفاده بهینه از این گیاه در درمان بیماری‌های مختلف. بررسی‌های بیشتری بر روی تنوع ژنتیکی گونه و ویژگی‌های زیستی آن در برابر تغییرات اقلیمی و همچنین تغییرات کاربری اراضی مطرح است. در این راستا، برنامه‌ریزی جهت

References

- Abolmaali, M. (2014). Evaluation of the effect of climate change on the distribution of khashag and mountain celery species in Isfahan province. Pasture master's thesis. Pasture Department. Faculty of Natural Resources. *Isfahan University of Technology*. Iran. 103 p.
- Adhikari, P., Lee, Y.H., Poudel, A., Lee, G., Hong, S.H. & Park, Y.S. (2023). Predicting the impact of climate change on the habitat distribution of *Parthenium hysterophorus* around the world and in South Korea. *Biology*. 12(1), 84.
- Ahmadi, P. & Mustafavi, N. (2022). Predicting the effects of climate change on the distribution of *Mesopotamichthys sharpeyi* (Günther, 1874) in different climate scenarios. *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*. (In Persian).
- Akbari, M., Jafari, W. & Saadat, F. (2011). Determining the potential habitat of the yellow species using the integration of GIS and remote sensing. *Remote sensing and geographic information system in natural resources*. 1(1), 15-30.
- Babaei Dehkordi, E., Naqipour, A. & Heydarian, A. (2022). Potential geographical distribution of *Jashir* species (*Prangos ferulacea* (L.) Lindl.) Under climate change scenarios in Chaharmahal and Bakhtiari province. *Journal of Plant Ecosystem Protection*. 10(20), 207-224.
- Canturk, U. & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. 193(12), 771.
- Chegini, S., Tafvizi, F. & Noorbazargan, H. (2020). Effect of *Valeriana Sysimberifolia* Extract on VEGF Expression in A549 Cell Line. *Journal of Babol University of Medical Sciences*. 22(1), 222-228.
- Coulibaly, A., Avakoudjo, H.G., Idohou, R., Vodounnon, E.J., Diallo, S. & Cherif, M. (2023). Impact of climate change on the distribution of *Bombax costatum* Pellegr. & Vuillet in Mali. West Africa. *Trees. Forests and People*. 11, 100359.
- Del Barrio, G., Alvera, B., Puigdefabregas, J. & Diez, C. (1997). Response of high mountain landscape to topographic variables: Central Pyrenees. *Landscape Ecology*. 12(2), 95-115.
- Elith, J., Kearney, M. & Phillips, S. (2010). The art of modelling range-shifting species. *Methods in ecology and evolution*. 1(4), 330-342.
- Fakhimi, E., Khodaqoli, M., Sabohi, R., Yousefi, Sa. & Shirmardi, Hamza Ali (2022). *The*

- effect of climate change on the geographical distribution of Bromus tomentellus species in Central Zagros (Chaharmahal and Bakhtiari Province). The third national conference on natural resources and sustainable development in Zagros, Shahrekord. (In Persian).*
- Fang, J., Wang, Z., Tang, Z. & Lin, X. (2020). Maximum entropy model-based estimation of vegetation distribution in China. *Scientific Data*, 7(1), 1-12.
- Fricko, O., Havlík, P., Rogelj, J., Klimont, Z., Gusti, M., Johnson, N. & Valin, H. (2017). The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2. A middle-of-the-road scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 251-267.
- Gao, T., Xu, Q., Liu, Y., Zhao, J. & Shi, J. (2021). Predicting the potential geographic distribution of *Sirex nitobei* in China under climate change using maximum entropy model. *Forests*, 12(2), 151.
- Gaston, A. & Garcia-Vinas, J.I. (2011). Modelling species distributions with penalised logistic regressions. A comparison with maximum entropy models. *Ecological Modelling*, 222(13), 2037-2041.
- HamadAmin, B. A. & Khwarahm, N. R. (2023). Mapping Impacts of Climate Change on the Distributions of Two Endemic Tree Species under Socioeconomic Pathway Scenarios (SSP). *Sustainability*, 15(6), 5469.
- Heydari, F., Sabohi, R., Khodaqoli, M. & Salehpour, S. (2021). *Evaluation of the effects of climate change on the habitat of Stipa arabica species in Kohgiluyeh and Boyer Ahmad provinces. The fifth national conference on climate change and its impact on agriculture and environment. Urmia. (In Persian).*
- IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPCC. (2013). Climate Change 2013. The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Khoshbakht, M. (2013). Prediction impacts of climate change on the potential habitat of *Valeriana sisymbriifolia* in the Isfahan province. Prediction impacts of climate change on the potential habitat of *Valeriana sisymbriifolia* in the Isfahan province. *Master's thesis*. Isfahan University of Technology. Isfahan Iran.
- Liu, S., Wang, S., Zhang, Y., Wu, X. & Feng, X. (2021). Impacts of climate change on the distribution of plant species in Asia: a meta-analysis based on ecological niche modeling. *Regional Environmental Change*, 21(2), 1-13.
- Mehdizadeh, S., Ahmadi, F. & Kouzehkalani Sales, A. (2023). Development of wavelet-based hybrid models to enhance daily soil temperature modeling: application of entropy and τ -Kendall pre-processing techniques. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 37(2), 507-526.
- Mirhashemi, H., Heydari, M., Ahmadi, K., Karami, O., Kavgaci, A., Matsui, T. & Heung, B. (2023). Species distribution models of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.): The impact of spatial database on predicting the impacts of climate change. *Ecological Engineering*, 194, 107038.
- Momeni Damaneh, J., Tajbakhsh, S.M., Ahmadi, J. & Safdari, A.A. (2023). Comparison of species distribution models in determining the habitat landscape of *Pistacia vera* L. specie in Razavi Khorasan province. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 77-92. (In Persian)
- Naghipour Borj, A.A., Haidarian Aghakhani, M. & Sangoony, H. (2019). Application of ensemble modelling method in predicting the effects of climate change on the distribution of *Fritillaria imperialis* L. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 32(3), 747-758.
- Ngarega, B.K., Masocha, V.F. & Schneider, H. (2021). Forecasting the effects of bioclimatic characteristics and climate change on the potential distribution of *Colophospermum mopane* in southern Africa using Maximum Entropy (MaxEnt). *Ecological Informatics*, 65, 101419.
- O'Neill, B.C., Kriegler, E., Ebi K.L., Kemp-Benedict, E., Riahi K., Rothman D.S., van Ruijven, B.J., Van Vuuren, D.P.,

- Birkmann, J., Kok, K., Levy, M. & Solecki, W. (2017). The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. *Global Environmental Change* 42, 169–180.
- Pashmforosh, N. & Ahmedabadi, M. (2020). Optimization of tissue culture and regeneration of valerian medicinal plant (*Valeriana officinalis*). *Journal of Plant Research* (Scientific). 33(1), 156-166.
- Patasaraiya, M.K., Devi, R.M., Sinha, B. & Bisaria, J. (2023). Predicting Impacts of Climate Change on Teak and Sal Forests in Central India Using Maximum Entropy Modeling: an Approach for Future Conservation and Silvicultural Strategies. *Forest Science*. fxad014.
- Qi, Y., Yu, H., Fu, Q., Chen, Q., Ran, J. & Yang, Z. (2022). Future changes in drought frequency due to changes in the mean and shape of the PDSI probability density function under RCP4.5 scenario. *Frontiers in Earth Science*. 10, 857885.
- Rezayi Zaman, M., Massah Bavani, A.R. & Javadi, S. (2023). Evaluation of the effects of SSP scenarios of Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) on water resources and agricultural crop in Hashtgerd region with the approach of applying an adaptation strategy. *Journal of Environmental Science and Technology*. 24(12), 93-107.
- Riahi, K., Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B. C., Fujimori, S. & Lutz, W. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*. 42. 153-168.
- Riahi, K., Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., Edmonds, J., O'Neill, B.C., Fujimori, S., Bauer, N., Calvin, K., Dellink, R., Fricko, O., Lutz, W., Popp, A., Cuaresma, J.C., Samir, K.C., Leimbach, M., Jiang, L., Kram, T., Rao, S., Emmerling, J., Ebi, K., Hasegawa, T., Havlik, P., Humpenöder, F., Da Silva L.A., Smith, S., Stehfest, E., Bosetti, V., Eom, J., Gernaat, D., Masui, T., Rogelj, J., Strefler, J., Droue, T.L., Krey, V., Luderer, G., Harmsen, M., Takahashi, K., Baumstark, L., Doelman, J. C., Kainuma, M., Klimont, Z., Marangoni, G., Lotze-Campen, H., Obersteiner, M., Tabeau, A. & Tavoni, M. (2017) The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153–168.
- Santos, B.A., Barbosa, D.C.A. & Tabarelli, M. (2007). Directional changes in plant assemblages along an altitudinal gradient in northeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 67(4), 777-779.
- Soliman, M.M., Al-Khalaf, A.A. & El-Hawagry, M.S. (2023). Effects of Climatic Change on Potential Distribution of *Spogostylum ocyale* (Diptera: Bombyliidae) in the Middle East Using MaxEnt Modelling. *Insects*, 14(2), 120.
- Solow, A.R. & Polasky, S. (1994). Measuring biological diversity. *Environmental and Ecological Statistics*. 1(2), 95-103.
- Suleimany, M. (2023). Urban climate justice in hot-arid regions: Vulnerability assessment and spatial analysis of socio-economic and housing inequality in Isfahan. Iran. *Urban Climate*, 51, 101-612.
- Tang, X., Yuan, Y., Li, X. & Zhang, J. (2021). Maximum entropy modeling to predict the impact of climate change on pine wilt disease in China. *Frontiers in plant science*, 12, 652500.
- Wu, X., Tang, Y., Liu, S., Zhao, H. & Li, B. (2022). Impacts of climate change on the distribution of *Artemisia sacrorum* in the southwestern US based on the maximum entropy model. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-11.
- Xu, W., Zhu, S., Yang, T., Cheng, J. & Jin, J. (2022). Maximum entropy niche-based modeling for predicting the potential suitable habitats of a traditional medicinal plant (*Rheum nanum*) in Asia under climate change conditions. *Agriculture*, 12(5), 610.

Content

Examining the barriers of participation of local communities in the implementation of watershed projects in the Sarabagh catchment of Ilam province

Mohammad Reza Jafari, Amin Salehpour Jam

1-15

Evaluation of the climate change effect on meteorological parameters using LARS-WG, Case study: Abadeh station

Homa Razmkhah, Abdollah Masoudi, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararoie

16-29

Investigating the effect of climate change on urban flooding and reducing vulnerability using low-impact development (LID) practices

Hossein Hosseinzade Kuhi

30-46

Statistical Analysis of Long-Term Changes in Precipitation, Discharge, and Land Use (Case Study: Tajan Watershed, Northern Iran)

Ghasem Alizadeh, Seiyed Mossa Hosseini

47-66

Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam)

Mohsen Tavakoli, Mahsa Kohzadi, Haidar Ebrahimi

67-79

Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species using MaxEnt model in Isfahan province

Nassim Shabani, Mehdi Khoshbakht1, Azadeh Hasani

80-98

Content

Examining the barriers of participation of local communities in the implementation of watershed projects in the Sarabagh catchment of Ilam province

Mohammad Reza Jafari, Amin Salehpour Jam

1-15

Evaluation of the climate change effect on meteorological parameters using LARS-WG, Case study: Abadeh station

Homa Razmkhah, Abdollah Masoudi, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararoie

16-29

Investigating the effect of climate change on urban flooding and reducing vulnerability using low-impact development (LID) practices

Hossein Hosseinzade Kuhi

30-46

Statistical Analysis of Long-Term Changes in Precipitation, Discharge, and Land Use (Case Study: Tajan Watershed, Northern Iran)

Ghasem Alizadeh, Seiyed Mossa Hosseini

47-66

Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam)

Mohsen Tavakoli, Mahsa Kohzadi, Haidar Ebrahimi

67-79

Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species using MaxEnt model in Isfahan province

Nassim Shabani, Mehdi Khoshbakht1, Azadeh Hasani

80-98



Integrated Watershed Management

Vol: 3, No: 2. Summer 2023

Online ISSN | 2783-4581

Publisher | **Ilam University** in association with **Iranian Rainwater Catchment Systems Association**

Director-in-Charge | **Dr. Noredin Rostami**

Editor-in-Chief | **Dr. Haji Karimi**

Editorial Board | **Dr. Hosein Arzani** (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)

Dr. Gholamreza Zehtabian (Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran)

Dr. Forood Sharifi (Professor, Research Group of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran)

Dr. Haji Karimi (Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran)

Dr. Hamid Reza Nassery (Professor, Department of Minerals and Groundwater Resources, Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran)

Dr. Hassan Pourbabaei (Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Rasht, Iran)

Dr. Mohsen Rezaei (Professor, Department of Geology, Shiraz University, Faculty of Sciences, Shiraz, Iran)

Dr. Zargham Mohammadi (Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran)

Dr. Hamid Reza Pourghasemi (Professor, Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran)

Dr. Abazar Esmali Ouri (Professor, Department of Range & Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran)

Dr. Mohsen Tavakoli (Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran)

Dr. Noredin Rostami (Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran)

Dr. Marzban Faramarzi (Associate Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran)

Dr. Mehdi Heydari (Associate Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran)

Dr. Lahcen Benaabidate (Professor, University of Sidi Mohammed Ben Abdellah Faculty of Sciences and Techniques/ Environment Teaching and Research)

Dr. Pedro J.M. Costa (Assistant Professor, Departamento de Ciencias da Terra, Universidade de Coimbra, Portugal)

Manager

Editor (English Version)

Editor (Persian Version)

Cover and Page Designer

Dr. Mehdi Heydari

Mohammad Najafi Shoa

Dr. Noredin Rostami; Dr. Negar Sadeghi Nejad

Dr. Reza Omidipour

Address: **Deputy of Research and Technology, Ilam University, Pajoohesh Bolvd, Ilam- Iran**

P.O. Box: **69317-516**

Telefax: **0843222703**

Email: **iwm@ilam.ac.ir**

Web Site: **www.iwm.ilam.ac.ir**



Ilam University





Integrated Watershed Management



Ilam University

Vol: 3, No: 2, Summer 2023

Online ISSN: 2783-4581

Examining the barriers of participation of local communities in the implementation of watershed projects in the Sarabbagh catchment of Ilam province

Mohammad Reza Jafari, Amin Salehpour Jam

1-15

Evaluation of the climate change effect on meteorological parameters using LARS-WG, Case study: Abadeh station

Homa Razmkhah, Abdollah Masoudi, Amin Rostami Ravari, Alireza Fararoie

16-29

Investigating the effect of climate change on urban flooding and reducing vulnerability using low-impact development (LID) practices

Hossein Hosseinzade Kuhi

30-46

Statistical Analysis of Long-Term Changes in Precipitation, Discharge, and Land Use (Case Study: Tajan Watershed, Northern Iran)

Ghasem Alizadeh, Seiyed Mossa Hosseini

47-66

Evaluation and Prediction of the Effects of Watershed Check Dams on Peak Flows (Case Study: Gol-Gol Watershed, Ilam)

Mohsen Tavakoli, Mahsa Kohzadi, Haidar Ebrahimi

67-79

Predicting the effect of climate change on distribution of valerian (*Valeriana sisymbriifolia*) species using MaxEnt model in Isfahan province

Nassim Shabani, Mehdi Khoshbakht1, Azadeh Hasani

80-98