



مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز



شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۵۸۱

سال چهارم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

بررسی اثرات هنجارهای قانونی، مشارکتی و باورها بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بنجله، شهرستان

روانسر)

۱-۱۵

عادل سلطانی، رضا قضاوی، سیامک دخانی

ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و ارتباط آن با دما (مطالعه موردی: استان خوزستان)

۱۶-۲۹

فاطمه فرزانه‌پی، ابوالفضل رنجبر فردوئی، حسن خسروی، سید حجت موسوی

بررسی عملکرد دو مدل گردش عمومی جو-اقیانوس در ریزمقیاس‌سازی دمای متوسط در شهرستان بیرجند

۳۰-۴۵

محمد فولادی نصرآباد، مهدی امیرآبادی زاده، مهدی دستورانی

کاربست رویکرد تفکر سیستمی در تحلیل وقایع حدی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون)

۴۶-۶۰

پیام آموزگاری، آرش ملکیان، خالد احمدآلی، مهدی قربانی، سیدحمزه صفوی همامی

تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیرآبخیز اسکندری)

۶۱-۷۵

زینب کریمی، علی طالبی

ارزیابی میزان حساسیت پارامترهای مدل تجربی MPSIAC بر رسوب‌دهی حوزه آبخیز

۷۶-۹۰

مهدی حیات‌زاده، وحید موسوی، اسماعیل سهیلی



مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال چهارم، شماره اول، بهار ۱۴۰۳

۴۵۸۱-۲۷۸۳

شاپا الکترونیکی

دانشگاه ایلام با همکاری انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبخیز ایران

صاحب امتیاز

دکتر نورالدین رستمی

مدیر مسئول

دکتر حاجی کریمی

سر دبیر

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

اعضای هیأت تحریریه

دکتر غلامرضا زهتاییان: 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 لحسن 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

دکتر نورالدین رستمی

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 اثرات هنجارهای قانونی، مشارکتی و باورها بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز
بنچله، شهرستان روانسر)

عادل سلطانی، رضا قضاوی، سیامک دخانی

۱-۱۵

ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و ارتباط آن با دما (مطالعه موردی: استان خوزستان)

فاطمه فرزانه پی، ابوالفضل رنجبر فردوئی، حسن خسروی، سید حجت موسوی

۱۶-۲۹

بررسی عملکرد دو مدل گردش عمومی جو-اقیانوس در ریزمقیاس‌سازی دمای متوسط در شهرستان بیرجند

محمد فولادی نصرآباد، مهدی امیرآبادی زاده، مهدی دستورانی

۳۰-۴۵

کاربست رویکرد تفکر سیستمی در تحلیل وقایع حدی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون)

پیام آموزگاری، آرش ملکیان، خالد احمدآلی، مهدی قربانی، سیدحمزه صفوی همami

۴۶-۶۰

تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیر آبخیز

اسکندری)

زینب کریمی، علی طالبی

۶۱-۷۵

ارزیابی میزان حساسیت پارامترهای مدل تجربی MPSIAC بر رسوب‌دهی حوزه آبخیز

مهدی حیات زاده، وحید موسوی، اسماعیل سهیلی

۷۶-۹۰

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 نباید از ۱۵ صفحه بیشتر شود.

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، 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 به ترتیب 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.

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 این وجود، تهیه چکیده مبسوط انگلیسی برای همه مقالات ضروری است.

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

فایل نحوه آماده سازی مقاله جهت ارسال به نشریه را می‌توانید از اینجا دریافت نمایید. لازم به ذکر است در هنگام ارسال مقاله، این فایل می‌بایست بدون اسامی و مشخصات نویسندگان ارسال گردد و مشخصات نویسندگان در یک فایل جداگانه ارسال گردد و در مرحله نهایی و در صورت پذیرش مقاله، اسامی نویسندگان مطابق با قالب ذکر شده به مقاله اضافه می‌گردد.

۲-۲-۱. چکیده مبسوط انگلیسی

چکیده مبسوط انگلیسی با حداقل ۶۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه در ابتدای مقاله آورده شود. این چکیده، باید خلاصه‌ای از مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و در نهایت واژگان کلیدی باشد.

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

۲-۲-۲. چکیده مبسوط فارسی

چکیده مبسوط فارسی معادل دقیق چکیده مبسوط لاتین بوده و به‌طور عمده مشتمل بر موضوع پژوهش، روش و نتایج است و باید در آن از مقدمه‌چینی پرهیز شود. این چکیده، باید شامل بخش‌های مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و واژه‌های کلیدی باشد. تعداد کلمات این چکیده حداقل ۶۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه است.

۲-۲-۳. 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.

۲-۲-۴. مقدمه

در مقدمه، مبانی نظری همراه با پیشینه به گونه‌ای 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. در

ساختار همه مقاله‌ها از چکیده، کلیدواژه‌ها، 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.

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 پر کردن مطالب دوری کند.

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

۲-۸. 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 به صورت کلی صادر می‌کند؛ به عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده بر اساس تجربه‌ای که به دست 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 پیشنهادها را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

۲-۹. 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.

۲-۱۰. 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

انتهای مقدمه باید هدف از این تحقیق و نوآوری به کار رفته در انجام پژوهش بیان گردد.

۲-۴-۱. 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، به صورت زیرنویس نوشته شود.

۲-۵. 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 خلاً 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 مستقلی به نام «منطقه مورد مطالعه» باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به طور ابتدای بخش مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۶. 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 به طور 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.

۲-۷. بحث

بحث مقاله به دلیل سنگین بودن آن و نیاز به تفکری عمیق و شاید وقت‌گیر، به طور معمول در معرض خطر است. در این بخش، به استناد مشاهدات بیشتر، مبانی نظری علم، سابقه پژوهش‌ها و تجربیات گذشتگان و همچنین

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", "c" و غیره پس از سال انتشار آورده شوند.

۲-۱۱-۴. آدرس هر منبعی که در متن آورده شده است باید در آخر مقاله نیز بیاید.

۲-۱۱-۵. 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 environment*. 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 راقومی مقاله یا (doi)، درج آن ضروری می باشد

Baghalani, M., Rostami, N. & Tavakoli, M. (2019). Identification of factors affecting urban flood in Ilam City Watershed. *Journal*

متن مقاله باید به شیوه داخل پرانتز باشد، به گونه‌ای 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 & Ahmadi, 2021) باشد. در صورت 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

۲-۱۱. 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.

۲-۱۱-۱. 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.

۲-۱۱-۲. 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.

۲-۱۱-۳. 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.

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

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)

۳. شکل ظاهری مقاله

۳-۱. حروف چینی مقاله باید در برنامه Word ، در اندازه کاغذ A4 و با رعایت حاشیه ۲/۵ سانتی متر از طرفین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی متر (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

عنوان‌ها 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) 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 جدول‌ها

of Watershed Engineering and Management, 11(2), 523-536.

<https://doi.org/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. <https://doi.org/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

نام‌خانوادگی 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

نام‌خانوادگی 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

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

۴. 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.

۴-۴. در بخش اضافه کردن فایل، لازم است دو فایل اصلی را (به همراه فرم‌های تکمیل شده تعهدنامه و تعارض منافع) 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 (نام نویسنده مسئول مکاتبات با ستاره مشخص شود)؛ آخرین مدرک تحصیلی، مرتبه علمی و محل اشتغال؛ نشانی کامل نویسنده مسئول مکاتبات شامل آدرس پستی، شماره تلفن، شماره دورنگار، نشانی پیام‌نگار (پست الکترونیک)؛ نام مؤسسه تأمین‌کننده مخارج مالی پژوهش یا تهیه مقاله (در صورت وجود) در فایل

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

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

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

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

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.

۳-۶. 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.

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

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

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

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

۲-۵. 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. ضمن اینکه نسخه ویراستاری شده برای نویسنده هم ارسال می‌گردد و نویسنده ضمن اعمال اصلاحات خواسته شده می‌تواند اگر نیاز به هرگونه تغییر و اصلاحی باشد در این مرحله اعلام نماید. بعد از چاپ مقاله امکان هیچ گونه تغییر و اصلاحی در مقاله وجود ندارد.

۳-۵. 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.

۴-۵. 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.

جداگانه‌ای ارسال شود. لازم به ذکر است تمام اطلاعات فوق به دو زبان فارسی و انگلیسی نوشته شوند.

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.

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

۵. پیگیری فرایند انتشار مقاله

۱-۵. 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.

Investigating factors affecting the participation and behavior of stakeholders in water and soil Conservation projects (Case of study: Benchele watershed, Ravansar city)**Adel Soltani, Reza Ghazavi*, Siamak Dokhani**

Department of Watershed Management Faculty of Natural Resources and Earth Science University of Kashan, Kashan, Iran

* Corresponding author: ghazavi@kashanu.ac.ir

(Received: 11 September 2023)

Revised: 04 November 2023

Accepted: 23 December 2023)

Extended abstract

Introduction: Water and soil resources are the most important factors in the production of energy needed for humans. In order to protect water and soil resources, different management methods are applied according to the conditions of each region. The participation of all watershed residents and changing their behavior will be one of the basic tools of any sustainable management plan. Since norms affect the participation and behavior of local communities; the purpose of this research is to investigate the norms affecting the participation and behavior of watershed residents in the implementation of water and soil protection projects.

Materials and Methods: This research was done by descriptive-analytical method. For this purpose, Benchele watershed in Ravansar city was selected as the study area. A questionnaire was used to collect field data. The statistical population of this research was all heads of households of watershed residents in this area, numbering 569 people. Among them, using Cochran's formula and matching with Morgan's table, 229 people were directly questioned by simple random method and completed the questionnaires. Spearman's correlation tests and stepwise regression were used to analyze the data. The focus of the questions was focused on three independent variables (legal norms, normative beliefs and participatory norms) and two dependent variables (participation and behavior of watershed residents). In the data analysis section, descriptive statistics (frequency, percentage, average, etc.) and inferential statistics (Spearman's correlation test and step-by-step regression) were used. Before performing the regression to check the collinearity test, the degree of collinearity of the independent variables was examined. Also, standardized beta values were used to determine the relative importance of each independent variable in the participation and behavior of watershed residents.

Results and Discussion: The mean ranking results of each of the items of legal norms affecting the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects show that the items of "people who damage water and soil resources should be fined" and "existing laws are useful to convince people in the field of protecting water and soil resources" have the greatest and least impact on legal norms with the participation and behavior of watershed residents, respectively. The results of the mean ranking of each of the items of normative beliefs affecting the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects show that the highest ranking average is related to "society expects me to take care of water resources" and do not destroy the soil" and the lowest rating is related to "experts expect me not to destroy the soil". The mean ranking results of each items of the participation norm effective on the participation and cooperative behavior of watershed residents in water and soil protection projects show that from their point of view, the item "voluntarily participates in the construction of sediment dams" and the statement "I am willing to pay for the implementation of water and soil protection projects", respectively, have the greatest and least impact on the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects. The results of Spearman's test showed that all three independent variables of legal norms, normative beliefs, and participatory norms have a positive and significant relationship with the participation and behavior of watershed residents. Also, the regression results and beta values showed that, respectively, the indicators of legal norms, normative beliefs, and participatory norms had the highest priority in the participation and behavior of local communities.

Conclusion: The results showed that about 66% of watershed residents have moderate to low participation and cooperative behavior. The mean ranking results of each of the watershed residents' participation and their behavior to participate in water and soil protection projects show that the watershed residents' care of the projects after its completion, participation in the mortar dam construction project Mortar-cement dam has the greatest effect on their participation and cooperative behavior. Also, the items of participation in the construction of gabion dam project and the desire and intention of watershed residents towards water and soil protection had the least effect on the participation and behavior of watershed residents towards water and soil protection. In general, paying attention to the norms, beliefs, behaviors and attitudes of local communities should be on the agenda of managers and planners to pave the way to protect water and soil resources.

Keywords: Regression, Watershed, Norm, Cochran formula, Questionnaire.

Citation: Soltani, A., Ghazavi, R., & Dokhani, S. (2024). Investigating factors affecting the participation and behavior of stakeholders in water and soil Conservation projects (Case of study: Benchele watershed, Ravansar city). *Integrated Watershed Management*, 4 (1), 1-15. doi: 10.22034/iwm.2023.2010899.1104

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 اثرات هنجارهای قانونی، مشارکتی و باورها بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان (مطالعه موردی: حوزه

آبخیز بنجله، شهرستان روانسر)

عادل سلطانی، رضا قضاوی*، سیامک دخانی

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

*نویسنده مسئول: ghazavi@kashanu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰

چکیده مبسوط

مقدمه: منابع آب‌وخاک از مهم‌ترین عوامل تولید انرژی موردنیاز انسان‌ها هستند. به‌منظور حفاظت از منابع آب‌وخاک برحسب شرایط هر منطقه شیوه‌های مدیریتی مختلفی اعمال می‌شود. مشارکت همگانی آبخیزنشینان و تغییر در رفتار آن‌ها از ابزارهای اساسی هر برنامه مدیریتی پایدار خواهد بود. از آنجاکه هنجارها بر مشارکت و رفتار جوامع محلی اثرگذار است؛ بنابراین، هدف از این پژوهش بررسی هنجارهای مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در اجرای پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به روش توصیفی - تحلیلی انجام گرفت. به این منظور حوزه آبخیز بنجله در شهرستان روانسر به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. برای جمع‌آوری اطلاعات میدانی، از پرسشنامه استفاده گردید. جامعه آماری این تحقیق کلیه سرپرستان خانوارهای آبخیزنشینان این حوزه به تعداد ۵۶۹ نفر بودند. از میان آن‌ها با استفاده از فرمول کوکران و تطبیق با جدول مورگان، ۲۲۹ نفر با روش تصادفی ساده مورد پرسش‌گری مستقیم قرار گرفتند و پرسشنامه‌ها را تکمیل نمودند. محور پرسش‌ها متمرکز بر سه متغیر وابسته (هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری و هنجارهای مشارکتی) است که بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان اثرگذار هستند؛ بنابراین هرکدام از این متغیرها، از گویه‌های متعددی تأثیرپذیر هستند. در بخش تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از آماره‌های توصیفی (فراوانی، درصد، میانگین و غیره) و آماره‌های استنباطی (آزمون همبستگی اسپیرمن و رگرسیون گام‌به‌گام) استفاده شد. با توجه به این که در مطالعه سه گروه متغیر وابسته (قانونی، باوری، مشارکتی) تحت تأثیر گویه‌های متفاوت بوده و چند متغیر مستقل وجود داشته است، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. قبل از انجام رگرسیون برای بررسی هم‌خطی، میزان هم‌خط بودن متغیرهای مستقل موردنظر، موردبررسی قرار گرفتند. همچنین، برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از متغیرهای مستقل در میزان مشارکت و رفتار آبخیزنشینان از مقادیر استاندارد شده بتا استفاده شد.

نتایج و بحث: نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های هنجارهای قانونی مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک نشان می‌دهد که گویه‌های "افرادی که به منابع آب‌وخاک آسیب می‌زنند باید جریمه شوند" و "قوانین موجود برای متقاعد کردن افراد در زمینه حفاظت از منابع آب‌وخاک مفید است" به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را بر روی هنجارهای قانونی با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان دارد. نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های باورهای هنجاری مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک نشان می‌دهد که بیشترین میانگین رتبه‌ای مربوط به "جامعه از من انتظار دارند که به منابع آب‌وخاک آسیبی نزنم" و کمترین رتبه مربوط به "کارشناسان انتظار دارند تا خاک را تخریب نکنم" است. نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های هنجار مشارکتی مؤثر بر مشارکت و رفتار مشارکتی آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک نشان می‌دهد که از دیدگاه آن‌ها گویه "در احداث سدهای رسوب‌گیر داوطلبانه مشارکت می‌کنم" و گویه "حاضرم برای اجرای پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک، هزینه پرداخت کنم" به ترتیب بیشترین و کمترین اهمیت را بر روی مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک دارد. نتایج حاصل از آزمون اسپیرمن نشان داد که هر سه متغیر مستقل هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری و هنجارهای مشارکتی با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان رابطه مثبت و معناداری دارند. همچنین، نتایج حاصل از رگرسیون و مقادیر بتا نشان داد که به ترتیب شاخص‌های هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری و هنجارهای مشارکتی دارای بیشترین اولویت در مشارکت و رفتار جوامع محلی بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های مشارکت آبخیزنشینان و رفتار آن‌ها برای مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک نشان می‌دهد که گویه‌های مراقبت آبخیزنشینان از پروژه‌ها پس از اتمام آن، مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی بیشترین تأثیر را بر روی میزان مشارکت و رفتار مشارکتی آن‌ها دارند. همچنین، گویه‌های مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گابیونی و تمایل و نیت آبخیزنشینان نسبت به حفاظت آب‌وخاک کمترین تأثیر را بر روی مشارکت و رفتار آبخیزنشینان نسبت به حفاظت از آب‌وخاک داشتند. به‌طورکلی، توجه به هنجارها، باورها، رفتارها و نگرش‌های جوامع محلی باید در دستور کار مدیران و برنامه‌ریزان قرار بگیرد تا مسیرهای حفاظتی از منابع آب‌وخاک هموار شود.

واژه‌های کلیدی: رگرسیون، حوزه آبخیز، هنجار، فرمول کوکران، پرسشنامه

استناد: سلطانی، ع.، قضاوی، ر. و دخانی، س. (۱۴۰۳). بررسی اثرات هنجارهای قانونی، مشارکتی و باورها بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان (مورد مطالعه: حوزه آبخیز بنجله، شهرستان روانسر). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴-۱۵.



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 به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

در فرهنگ توسعه و به‌ویژه در بحث توسعه پایدار، مشارکت یکی از واژه‌های کلیدی به شمار می‌رود. با این وجود از نظر لغوی مشارکت به معنای شرکت دوجانبه گروهی از افراد برای انجام امری و نهایتاً رسیدن به هدف خاصی است. در بسیاری از منابع، مشارکت به مفهوم تقبل آگاهانه و شرکت مؤثر و فعال افراد یک جامعه برای رسیدن به یک هدف خاص تعریف شده است (Mirzaei & Ahmadi, 2021). برای در نظر گرفتن یک کار به‌عنوان کار مشارکتی، مشارکت باید دربرگیرنده شرکت فعال اکثریت افراد ذینفع باشد و به شکل اختیاری و با میل و اراده خود افراد و مبتنی بر آگاهی افراد مشارکت‌کننده باشد و نهایتاً این‌که مشارکت‌کنندگان آگاهی کافی از روند کار و نتایج آن داشته باشند (Dehghanpour & Zebaie, 2017). در مورد پروژه‌های آبخیزداری، فرآیند جلب مشارکت شامل شناسایی و تعامل با افرادی است که می‌توانند در مدیریت حوزه آبخیز، ایجاد یک سازمان، تعیین اهداف و برنامه‌های اجرایی و همچنین اجرای طرح و ارزیابی اثرات آن نقش داشته باشند. بررسی پروژه‌های مدیریتی موفق در حوزه‌های آبخیز نشان داده است که مدیریت‌های محلی رکن اصلی موردنیاز جهت تحریک افراد به مشارکت در اجرای طرح‌های آبخیزداری است. جلب مشارکت و مدیریت مشارکتی حوضه باعث می‌شود تا مشکلات بر اساس روش زندگی و منافع آبخیزنشینان شناسایی شده و در نتیجه از حمایت مردم جهت حل مشکلات بهره‌مند شود. مدیریت مشارکتی باعث می‌شود که بین مالکین، شهروندان، کارشناسان، مقامات محلی و متخصصان محیط‌زیست اتحاد و هماهنگی ایجاد شود (Ghazavi, 2020). به‌منظور حفاظت از منابع آب و خاک برحسب شرایط هر منطقه شیوه‌های مدیریتی مختلفی اعمال می‌شود. منابع طبیعی و حفاظت از منابع موجود در آن با عواملی از جمله ذینفعان و منافع و علایق مربوط به آن‌ها، شیوه

سیاست‌گذاری‌ها، محدودیت‌های ژئوپولیتیک و متغیرهای اقتصادی مواجه است (Mousavi et al., 2014).

مشارکت فرآیندی اجتماع‌محور بوده که هدف آن دخالت دادن گروه‌های مختلف مردمی و ایفای نقش آن‌ها در همه مراحل مربوط به حفاظت از منابع آب و خاک است (Ohta et al., 2020). نیاز به مشارکت بیشتر جوامع محلی در مدیریت منابع طبیعی از سوی صاحب‌نظران، مدیران دستگاه‌ها، سیاست‌گذاران دولتی و حتی عوامل اجرایی دستگاه‌ها بسیار مورد تأکید است (Prager et al., 2015). این موارد نشان‌دهنده نیاز ضروری به تغییر و تحولاتی در روابط میان طراحان برنامه‌های توسعه محیط‌زیستی و جوامع محلی و نیز روابط میان جوامع محلی با طبیعت پیرامون خود است؛ زیرا این تحولات محیطی، زمینه‌ساز و عاملی حیاتی در دستیابی به توسعه پایدار در هر محیطی است (Noguera et al., 2016). از طرف دیگر، تغییرات در روابط میان طراحان برنامه‌های توسعه محیط‌زیستی و جوامع محلی و نیز روابط میان جوامع محلی با طبیعت یک چالش اساسی بوده که نیازمند تغییرات پیچیده و مدنظر قرار دادن مباحثی از جمله قانونی، علمی و اخلاقی است. پایداری در یک سیستم فقط از طریق قوانین و مقررات حاصل نخواهد شد؛ زیرا یکی از ابعاد اصلی پایداری بُعد اجتماعی آن بوده که عمدتاً نیازمند درک مفاهیم اجتماعی و فردی (شبکه‌ها و سرمایه‌های اجتماعی) نسبت به طبیعت، منابع طبیعی، نسل‌های آینده و روابط میان این عوامل است (Vucetich & Nelson, 2010). از این‌رو، مشارکت همگانی جوامع محلی و تغییر در نگرش و رفتار افراد از ابزارهای اساسی هر برنامه مدیریتی پایدار خواهد بود (Prager et al., 2015). به‌عبارت‌دیگر، مدیریت پایدار و کیفیت منابع طبیعی وابسته به این بوده که آیا افراد علاقه‌ای به همکاری و مشارکت در زمینه حفاظت از منابع در دسترس خود دارند یا خیر. شیوه درک طرز تفکر مردم

رویکردهای جامعه‌شناختی پذیرفته شده و با عضویت شبکه‌ای و اعتماد اجتماعی، مفهوم سرمایه اجتماعی را پدید می‌آورند (Zahedi et al., 2014).

Mirzaei و Ahmadi (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان تحلیل هنجارهای اثرگذار بر رفتار مشارکتی مرتع‌داران در راستای حفاظت از مراتع در حوزه آبخیز کریم‌آباد شهرستان دهگلان با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها نشان دادند که در منطقه مورد- مطالعه بیشترین اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم و بیشترین اثر کل بر رفتار مشارکتی مرتع‌داران مربوط به متغیر باورهای هنجاری بود. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که به هر میزان هنجارها (قانونی و مشارکتی) و باورهای مرتع‌داران در زمینه حفاظت از مراتع بهبود پیدا کند، رفتار مشارکتی معقول‌تری را از خود بروز می‌دهند که در این شرایط شاهد پایداری مراتع خواهیم بود. Soopramanien و همکاران (۲۰۲۳) پژوهشی را با عنوان نقش هنجارهای اجتماعی و ارتباط آن با مسئولیت‌پذیری محیط زیستی در چین انجام دادند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری‌شده در پکن ($n=1388$) و با استفاده از یک رویکرد مدل‌سازی معادلات ساختاری، محققان نشان دادند که دل‌بستگی به یک مکان، مسئولیت محیطی درک شده فرد را فعال و به‌عنوان شاخصی میانجی بین دل‌بستگی به مکان و رفتار در مورد محیط‌زیست عمل می‌کند. Alló و Loureiro (۲۰۱۷) در پژوهشی با عنوان نقش هنجارهای اجتماعی در برنامه‌های حفاظتی از محیط در اسپانیا استدلال کردند که در مشکلات کُنش جمعی، عوامل اجتماعی برای ارتقای حفاظت حیاتی هستند. با توجه به هنجارهای اجتماعی، باورهای مورد انتظار در مورد برنامه‌های حفاظتی، امکان پذیرش محدودیت‌های اعمال‌شده توسط برنامه‌های مدیریتی را به نحو قابل توجهی فراهم می‌کند.

به‌طور کلی، هنجار بر قواعد هدایت رفتار در اجتماع دلالت دارند. درواقع، به این معنا که هر درخواست و مطالبه در قالب امر، نهی و مجوزها هنجاری می‌سازد

محلی، چگونگی درک و فهم منابع طبیعی از دیدگاه آن‌ها و میزان تمایل آن‌ها برای حفاظت بهینه از منابع طبیعی؛ برای حل مسئله و بحران‌های محیط‌زیستی ضروری به نظر می‌رسد (Katuwal, 2012).

باورهای هنجاری، درک رفتار آحاد جامعه برای انجام تکاپو در زمینه‌ای مشخص تعریف شده است (Schultz, 2002). این باورها شامل هنجارهای اجتماعی توصیفی (اعتقادات در مورد آنچه افراد انجام می‌دهند) و هنجارهای اجتماعی پیش‌بینی‌شده (اعتقادات در مورد آنچه افراد فکر می‌کنند باید انجام بدهند) هستند (Corral & Frías, 2006). باورهای هنجاری در مورد محیط‌زیست به‌عنوان احساس تعهد به استفاده از منابع آب‌و‌خاک نمود پیدا می‌کند که این احساسات می‌تواند رفتارهای محیط‌زیستی را به‌صورت مثبت تحت تأثیر قرار بدهد (Hurlimann et al., 2001).

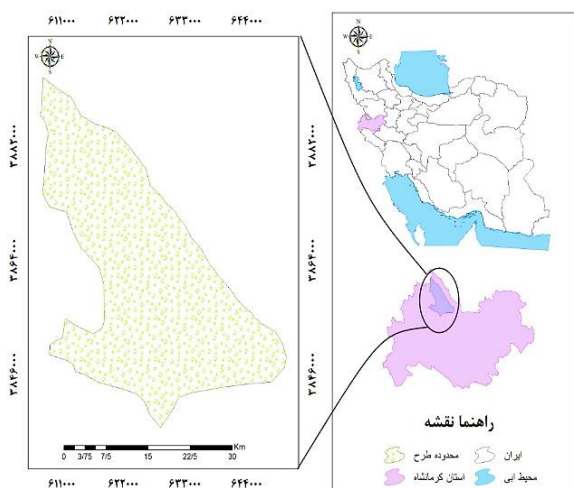
هنجارهای قانونی، عامل مهمی است که می‌تواند بر میزان مشارکت جوامع اثرگذار باشد. درواقع، اعتقاد به اثربخشی قوانین مرتبط با محیط پیرامون است. در سطح فردی، بی‌اعتمادی نسبت به نیت دیگران برای مشارکت در حفاظت از منابع طبیعی، منجر به کاهش مشارکت اجتماع‌محور می‌شود. به این معنی که حتی افرادی که در راستای حفاظت از محیط‌زیست قرار دارند، ممکن است به اجرای قوانین محیط‌زیستی اعتمادی نداشته باشند. این شک و تردید در مورد قانون می‌تواند بر روی تلاش برای حفاظت از منابع طبیعی اثر سوء بگذارد (Ranjbar et al., 2018., Corral & Frías, 2006).

هنجارهای مشارکتی هم به‌عنوان الگوهای ویژه‌ای از رفتار فردی و اجتماع‌محور تعریف شده که تنظیم‌کننده رفتارهای همه مردم است (Valizadeh et al., 2014.). هنجارهای مشارکتی (Kilic & Dervisoglu, 2013). مجموعه‌ای از قواعد، دستورالعمل‌ها، اصول و ارزش‌های تعریف‌شده بوده که دستیابی به فرآیندهای اصلاحی را در بین جوامع تسهیل می‌کند. این نوع از هنجارها جزء مبانی سرمایه اجتماعی بوده و بر اساس یکی از

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز بنچله در طول $۴۶^{\circ}۳۴'۲۰''$ تا $۴۶^{\circ}۴۲'۰۷''$ شرقی و عرض $۳۴^{\circ}۴۰'۴۹''$ تا $۳۴^{\circ}۴۹'۴۹''$ شمالی در غرب استان کرمانشاه و در شهرستان روانسر واقع شده است. مساحت محدوده مورد نظر $۹۵۴۵/۶$ هکتار و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا $۱۴۹۳/۳$ متر است (Jalili & Jalili, 2009).

شهرستان روانسر بر اساس سرشماری سال ۱۳۸۶ دارای سه دهستان به نام‌های بدرآباد، دولت‌آباد و حسن‌آباد است که حوزه بنچله یکی از حوزه‌های آبخیز دهستان بدر است. در این دهستان ۲۹ روستا وجود دارد که ۲۷ روستای آن دارای سکنه و ۲ روستای برزین‌آباد و مسکین‌آباد سفلی خالی از سکنه است و تعداد ۱۳ روستا نیز در حوضه بنچله قرار دارد. مرکز دهستان بدر روستای بدرآباد است که در قسمت غرب شهر روانسر قرار دارد و حدود ۵ کیلومتر با شهر روانسر فاصله دارد. مرکز دهستان بدر در حوزه آبخیز بنچله واقع شده است این حوزه از بالا به روستای بنچله ختم می‌شود و پایین‌دست‌ترین روستای آن قلانچه است. جمعیت دهستان بدر ۶۸۵۶ نفر که مشتمل بر ۱۲۲۳



خانوار است (Jalili & Jalili, 2009).

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز بنچله

Figure 1- The studied area in Bencheleh watershed

که فرآیند عمل بر اساس آن هدایت می‌شود. هنجارهای اجتماعی، رفتارهای معینی بوده که بر اساس ارزش‌های اجتماعی قرار دارند. به‌طور تدریجی ارزش‌های اجتماعی به‌صورت هنجارهای اجتماعی نمایان شده و با رعایت کردن آن‌ها جامعه به سمت انتظام سوق داده می‌شود. هنجارهای اجتماعی نوعی شیوه رفتاری معین بوده که در گروه یا جامعه متداول است. همچنین، فرد در جریان زندگی خود آن را آموخته و از آن بهره می‌گیرد. علاوه بر این، انتظار دارد که دیگر افراد گروه یا جامعه آن را انجام دهند. برای مثال شیوه حرف زدن با افراد، سلام کردن، احترام گذاشتن، دست دادن جزئی از قواعد و آدابی است که افراد از طریق تعلیم و تربیت یاد می‌گیرند و افراد دیگر را هم در اجرای این هنجارها تحت کنترل خود قرار می‌دهند. در دانش جامعه‌شناسی هنجار یک الگوی رفتاری خاص بوده که روابط و کنش‌های اجتماعی را تنظیم کرده و اکثریت جامعه خود را به آن پایبند دانسته و در صورتی که شخصی آن را رعایت نکند، جامعه او را مجازات خواهد کرد (Valizadeh et al., 2014., Mirzaei & Ahmadi, 2021). بهبود کیفیت زندگی مردم با مصرف نامتعارف منابع محیط‌زیستی به‌صورت ناخواسته بر زندگی جوامع تأثیر منفی گذاشته و آن‌ها را با انواع چالش‌ها و مشکلات محیط‌زیستی مثل تغییرات آب‌وهوا و کاهش منابع از جمله آب‌و خاک مواجه کرده است (Klöckner, 2013). علت بسیاری از این آسیب‌پذیری‌های منابع، هنجارها و رفتارهای نادرست در زمینه حفاظت از منابع است. در واقع، بسیاری از محققان و نظریه‌پردازان محیط‌زیست معتقد هستند که رفتار انسان‌ها منشأ بسیاری از مشکلات محیط‌زیستی می‌باشند و با درک رفتار آن‌ها می‌توان این مشکل را حل کرد (Salehi et al., 2016)؛ بنابراین، پژوهش حاضر به دنبال تحلیل هنجارهای اثرگذار بر مشارکت آبخیزنشینان در حوزه آبخیز بنچله در شهرستان روانسر است (شکل ۱).

روش تحقیق

جامعه آماری در این تحقیق شامل ساکنان حوزه آبخیز بنچله بود که بر اساس بررسی‌های میدانی تعداد آن‌ها ۵۶۹ سرپرست خانوار تعیین شد. جهت انجام این مطالعه، بر اساس فرمول کوکران و تطبیق با جدول مورگان، ۲۲۹ سرپرست خانوار به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. سپس با پیمایش در منطقه و به‌صورت تصادفی، داده‌های موردنیاز با پرسشنامه، مصاحبه و مشاهده مستقیم جمع‌آوری شد. سؤالات این پژوهش بر مبنای طیف لیکرت^۱ طراحی شد. ابزاری برای سنجش نگرش افراد است و برای تهیه پرسشنامه‌های سنجش نگرش در مدیریت کاربرد دارد. به‌طورکلی سه مقیاس استاندارد توسط لیکرت معرفی شده است که با عنوان مقیاس پنج، هفت و نه درجه شناخته می‌شوند. در این مطالعه از طیف ۵ درجه استفاده شد که در آن برای بیان میزان اهمیت یا وضعیت یک متغیر از مقیاس‌های خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵) استفاده شده است. روایی محتوایی پرسشنامه با استفاده از نظرات متخصصان منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان روانسر و استان کرمانشاه و همچنین اساتید دانشگاه کاشان تصحیح شد. همچنین به‌منظور بررسی پایداری درونی سؤالات پرسشنامه از تکنیک سنجش پایایی ضریب آلفای کرونباخ در نرم افزار SPSS نسخه ۲۵ و از آزمون قابلیت اعتبار استفاده شد.

محور پرسش‌ها متمرکز بر سه متغیر مستقل (هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری و هنجارهای مشارکتی) است که بر شاخص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان اثرگذار هستند؛ بنابراین هرکدام از این متغیرها، از گویه‌های متعددی تأثیرپذیر هستند. در بخش تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده از آماره‌های توصیفی (فراوانی، درصد، میانگین و غیره) و آماره‌های استنباطی (آزمون همبستگی اسپیرمن و رگرسیون گام‌به‌گام) استفاده شد. با توجه به این که در

مطالعه سه گروه متغیر مستقل (قانونی، باوری، مشارکتی) تحت تأثیر گویه‌های متفاوت بوده و یک متغیر وابسته وجود داشته است، از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد (Ahmadi et al., 2017).

نتایج

نتایج حاصل از نظرات پاسخگویان نشان داد متوسط سن آبخیزنشینان ۵۰ سال بود. جوان‌ترین فرد مورد پرسش ۲۴ و مسن‌ترین آن‌ها ۸۴ سال سن داشته است. متوسط سکونت حدود ۲۲ سال، کمترین سابقه آبخیزداری ۳ سال و بیشترین آن ۶۰ سال بود. ۲۹/۷ درصد از افراد مورد مطالعه دارای درآمد سالانه کمتر از ۶ میلیون تومان بودند. در ضمن حدود ۳۹ درصد از نمونه آماری مورد مطالعه در حوزه آبخیز بنچله بی‌سواد بودند. کمترین فراوانی (حدود ۱۹ درصد) متعلق به طبقه‌ای از افراد بود که دارای تحصیلات متوسطه و بالاتر بودند. همچنین، ۲۱ درصد آبخیزنشینان دارای سطح تحصیلات ابتدایی و ۲۱/۳ درصد دارای سطح تحصیلات راهنمایی بودند.

نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های مشارکت آبخیزنشینان و رفتار آن‌ها برای مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌و‌خاک نشان می‌دهد که گویه‌های مراقبت آبخیزنشینانها از پروژه‌ها پس از اتمام آن، مشارکت در پروژه‌ها، احداث سازه سیل‌بند ملات‌سیمانی بیشترین اهمیت را در میزان مشارکت و رفتار مشارکتی آن‌ها دارند. همچنین، گویه‌های مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گابیونی و تمایل و نیت مثبت آبخیزنشینانها نسبت به حفاظت آب‌و‌خاک کمترین اهمیت را در مشارکت و رفتار آبخیزنشینان نسبت به حفاظت از آب‌و‌خاک داشتند (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین رتبه‌های گویه‌های مشارکت و رفتار آبخیزنشینان نسبت به مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب و خاک
 Table 1- Mean rank of watershed residents' behavior and participation items towards participation in water and soil protection projects

ردیف	گویه‌های مشارکت و رفتار آبخیزنشینان نسبت به مشارکت	فراوانی نسبی				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	مراقبت آبخیزنشین‌ها از پروژه‌ها پس از اتمام آن	33	43	54	59	40
2	مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی	37	50	55	48	39
3	مشارکت در احداث تراس‌بندی	39	50	62	43	35
4	مشارکت در پروژه پخش سیلاب	60	41	53	42	33
5	مشارکت در احداث بانکت‌بندی	48	60	54	33	34
6	مشارکت در پروژه ساخت پیکره آبی کوچک	52	58	48	37	34
7	همکاری آبخیزنشین‌ها با کارشناسان در مرحله برنامه ریزی پروژه‌ها	65	40	47	43	34
8	همکاری آبخیزنشین‌ها با کارشناسان در مرحله مکان‌یابی برای احداث سیل‌بند	55	59	45	39	32
9	مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گابیونی	70	39	47	40	33
10	تمایل و نیت مثبت آبخیزنشین‌ها نسبت به حفاظت آب و خاک	66	48	43	38	34

*: 1. خیلی کم 2. کم 3. متوسط 4. زیاد 5. خیلی زیاد

خاک اثر بگذارند" و "به قوانینی که بر تخریب خاک نظارت می‌کنند، اعتماد دارم" بیشترین اهمیت و "قوانین موجود برای متقاعد کردن افراد در زمینه حفاظت از منابع آب و خاک مفید است"، "افرادی که قوانین حفاظت از آب و خاک را اجرا می‌کنند، به وظیفه خود به خوبی عمل می‌کنند"، "بر این باور هستم که در تخریب منابع خاک و آب نباید از افراد متخلف تبعیت کرد" و "مسئله حفاظت از منابع آب و خاک در محل زندگی من با وضع و اجرای قوانین حل خواهد شد" کمترین اهمیت را در متغیر هنجارهای قانونی با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان دارد (جدول ۲).

نتایج میانگین رتبه‌های هر یک از گویه‌های مشارکت و رفتار آبخیزنشینان برای مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب و خاک نشان داد که گویه‌های مراقبت آبخیزنشین‌ها از پروژه‌ها پس از اتمام آن، مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی بیشترین اهمیت را در میزان مشارکت و رفتار مشارکتی آن‌ها دارند. نتایج میانگین رتبه‌های هر یک از گویه‌های هنجارهای قانونی مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب و خاک نشان می‌دهد که گویه‌های "افرادی که به منابع آب و خاک آسیب می‌زنند باید جریمه شوند"، "قوانین می‌تواند بر رفتار من در زمینه آسیب رساندن به منابع آب و

جدول ۲- فراوانی نسبی و میانگین رتبه‌ای گویه‌های هنجارهای قانونی مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک و اولویت آن‌ها

Table 2- The relative frequency and mean rank of legal norms items affecting the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects and their priority

ردیف	گویه‌های هنجارهای قانونی	فراوانی نسبی				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	افرادی که به منابع آب‌وخاک آسیب می‌زنند باید جریمه شوند.	43	62	51	40	33
2	قوانین می‌تواند بر رفتار من در زمینه آسیب رساندن به منابع آب‌وخاک اثر بگذارند.	44	62	52	39	32
3	به قوانینی که بر تخریب خاک نظارت می‌کنند، اعتماد دارم.	44	62	54	37	32
4	قوانین موجود برای متقاعد کردن افراد در زمینه حفاظت از منابع آب‌وخاک مفید است.	45	61	58	33	32
5	افرادی که قوانین حفاظت از آب‌وخاک را اجرا می‌کنند، به وظیفه خود به‌خوبی عمل می‌کنند.	50	57	54	36	32
6	بر این باور هستم که در تخریب منابع خاک و آب نباید از افراد متخلف تبعیت کرد.	50	57	54	36	32
7	مسئله حفاظت از منابع آب‌وخاک در محل زندگی من با وضع و اجرای قوانین حل خواهد شد.	73	55	37	32	32

※: 1. خیلی کم 2. کم 3. متوسط 4. زیاد 5. خیلی زیاد

نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های هنجار مشارکتی مؤثر بر مشارکت و رفتار مشارکتی آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک نشان می‌دهد که از دیدگاه آن‌ها گویه‌های "در احداث سدهای رسوب‌گیر داوطلبانه مشارکت می‌کنم."، "تا حد امکان با اداره منابع طبیعی و آبخیزداری همکاری می‌کنم" و "مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک باعث پایداری خاک می‌شود" بیشترین و گویه‌های "حاضرم برای اجرای پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک، هزینه پرداخت کنم" و "آماده‌ام در جمع‌آوری کمک‌های مالی برای انجام پروژه‌های حفاظت از منابع آب‌وخاک مشارکت کنم" کمترین اهمیت را در مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک دارد (جدول ۴).

نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های باورهای هنجاری مؤثر در خصوص مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک نشان می‌دهد که بیشترین میانگین رتبه‌ای به ترتیب مربوط به "مراقبت آبخیزنشینان از پروژه‌ها پس از اتمام آن/جامعه از من انتظار دارند که به منابع آب‌وخاک آسیبی نزنم/مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی" و "کارشناسان انتظار دارند تا منابع آب موجود در حوزه آبخیز را آلوده نکنم" و کم‌ترین رتبه مربوط به "کارشناسان انتظار دارند تا خاک را تخریب نکنم" و "جامعه بر این باور است که تخریب خاک و آلوده کردن آب باعث ناپایداری حوزه آبخیز می‌شود/مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گابیونی" است (جدول ۳).

جدول ۳- فراوانی نسبی میانگین رتبه‌ای شاخص باورهای هنجاری و اولویت آن‌ها

Table 3- The relative frequency of the mean rank of the index of normative beliefs and their priority

ردیف	گویه‌های باورهای هنجاری مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیز نشینان	فراوانی نسبی				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	مراقبت آبخیز نشین‌ها از پروژه‌ها پس از اتمام آن	33	43	54	59	40
2	جامعه از من انتظار دارند که به منابع آب‌وخاک آسیبی نزنم.	42	54	54	47	32
3	کارشناسان انتظار دارند تا منابع آب موجود در حوزه آبخیز را آلوده نکنم.	47	56	60	34	32
4	کارشناسان انتظار دارند تا خاک را تخریب نکنم.	37	86	36	38	32
5	جامعه بر این باور است که تخریب خاک و آلوده کردن آب باعث ناپایداری حوزه آبخیز می‌شود.	47	66	50	34	32
6	باور دارم که مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی کارآمد است.	37	50	55	48	39
7	باور دارم که مشارکت در احداث تراس‌بندی مؤثر است.	39	50	62	43	35
8	باور دارم که مشارکت در پروژه پخش سیلاب مؤثر است.	60	41	53	42	33
9	باور دارم که مشارکت در احداث بانکت‌بندی کارآمد است.	48	60	54	33	34
10	باور دارم که مشارکت در پروژه ساخت پیکره آبی کوچک مؤثر است.	52	58	48	37	34
11	باور دارم که مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گالیونی مفید و کارآمد است.	70	39	47	40	33

* 1. خیلی کم 2. کم 3. متوسط 4. زیاد 5. خیلی زیاد

جدول ۴- فراوانی نسبی میانگین رتبه‌ای گویه‌های هنجار مشارکتی مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیز نشینان در پروژه‌های

حفاظت از آب‌وخاک و اولویت آن‌ها

Table 4- The relative frequency of the mean rank of the participatory norm items that are effective on the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects and their priority

ردیف	گویه‌های هنجار مشارکتی	فراوانی نسبی				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	در احداث سدهای رسوب‌گیر داوطلبانه مشارکت می‌کنم.	65	44	43	45	43
2	تا حد امکان با اداره منابع طبیعی و آبخیزداری همکاری می‌کنم.	62	49	48	38	32
3	مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک باعث پایداری خاک می‌شود.	72	46	43	36	32
4	حاضرم برای اجرای پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک، هزینه پرداخت کنم.	65	58	40	34	32
5	آماده‌ام در جمع‌آوری کمک‌های مالی برای انجام پروژه‌های حفاظت از منابع آب‌وخاک مشارکت کنم.	100	32	33	32	32
6	همکاری آبخیز نشین‌ها با کارشناسان در مرحله برنامه‌ریزی پروژه‌ها	65	40	47	43	34
7	همکاری آبخیز نشین‌ها با کارشناسان در مرحله مکان‌یابی برای احداث سیل‌بند	55	59	45	39	32
8	تمایل و نیت مثبت آبخیز نشین‌ها نسبت به حفاظت آب‌وخاک	66	48	43	38	34

* 1. خیلی کم 2. کم 3. متوسط 4. زیاد 5. خیلی زیاد

هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری و هنجارهای مشارکتی بیشترین همبستگی را با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک دارند (جدول ۵).

نتایج آزمون اسپیرمن نشان داد که هر سه متغیر مستقل هنجارهای مشارکتی، هنجارهای قانونی و باورهای هنجاری با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان رابطه مثبت و معنی‌داری دارند. به ترتیب شاخص‌های

جدول ۵- همبستگی بین متغیرهای مستقل با مشارکت و رفتار آبخیزنشینان

Table 5- Correlation between independent variables with participation and behavior of watershed residents

اولویت	سطح معنی‌داری "p"	ضریب همبستگی اسپیرمن "r"	عوامل مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان	ردیف
1	0.000	0.57**	هنجار قانونی	1
2	0.000	0.5**	باورهای هنجاری	2
3	0.000	0.47**	هنجارهای مشارکتی	3

مستقل مذکور نزدیک به یک و مقدار مناسبی بود. همچنین شاخص VIF (عامل تورم واریانس) هم کمتر از ۲ و در حد مناسب و قابل قبولی بود (Kalantari, 2010; Ahmadi et al., 2017). (جدول ۶)

برای بررسی آزمون هم‌خطی، میزان هم‌خط بودن متغیرهای مستقل موردنظر، مورد بررسی قرار گرفتند. برای این منظور، در این تحقیق آماره‌های تولرانس و عامل تورم واریانس مورد بررسی قرار گرفت. مطابق نتایج مندرج در جدول ۶، مقدار تولرانس متغیرهای

جدول ۶- آزمون هم خطی متغیرهای مستقل موردنظر برای انجام تحلیل رگرسیون

Table 6- Collinearity test of the desired independent variables for regression analysis

(VIF)	tolerance	متغیر
1.56	0.755	هنجارهای قانونی
1.388	0.814	باورهای هنجاری
1.255	0.836	هنجارهای مشارکتی

مشارکت و رفتار آبخیزنشینان مشخص شد. این چهار متغیر در مجموع ۸۱ درصد از واریانس مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک را تبیین کردند (جدول ۷). نتایج نشان داد که متغیر هنجارهای قانونی به‌عنوان اولین عامل مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک وارد معادله شده است و ۶۴ درصد از تغییرات را تبیین می‌کند. همچنین بیشترین درصد تغییرات مربوط به هنجارهای مشارکتی است که حدود ۷۹ درصد تغییرات را در میزان رفتار آبخیزنشینان تبیین کرده و مابقی تغییرات مربوط به مجذور کمیت خطا است (جدول ۷).

برای تعیین نوع و میزان سهم هر یک از عوامل مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک از تحلیل رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام استفاده شد. برای انجام این روش، هشت متغیر هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری، هنجارهای مشارکتی، سطح تحصیلات، سن، سابقه آبخیزداری، بعد خانوار و تعداد دام را به‌عنوان عوامل مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک وارد معادله رگرسیون کرده که از بین آن‌ها چهار متغیر مؤثر و تأثیرگذار (هنجارهای قانونی، باورهای هنجاری، هنجارهای مشارکتی و سطح تحصیلات) مشخص و سهم هر یک از متغیرها بر میزان

جدول ۷- سهم هر یک از گویه‌های عوامل مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان به روش گام‌به‌گام

Table 7- The contribution of each of the factors affecting the participation and behavior of watershed residents in a step-by-step manner

علامت متغیر در مدل	Sig	F	R ²	R	متغیرهای وارد شده به مدل	ورود متغیرها به معادله
X1	< 0.001	51.55	0.64	0.8	هنجار قانونی	گام اول
X2	< 0.001	33.37	0.74	0.86	باورهای هنجاری	گام دوم
X3	< 0.001	31.34	0.79	0.89	هنجارهای مشارکتی	گام سوم

معادله رگرسیون (۱) نقش و سهم هر یک از متغیرها بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان را نشان می‌دهد. خطای استاندارد برای متغیر هنجارهای قانونی ۰/۰۲،

رابطه ۱: $Y = 0.18(X4) + 0.05(X3) + 0.33(X2) + 0.21(X1) + 23.33$ = تمایل به مشارکت (Y)

برای متغیر باورهای هنجاری ۰/۰۱ و برای متغیر هنجارهای مشارکتی ۰/۱۵ است. برای آزمون معناداری هر یک از ضرایب رگرسیون از آزمون t استفاده شده است. با توجه به ضریب بتا

جدول ۸- ضرایب رگرسیون برای تعیین اهمیت نسبی متغیرها و میزان تأثیر آن‌ها بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در

پروژه‌های حفاظت از آب‌و خاک

Table 8- Regression coefficients to determine the relative importance of variables and their impact on the participation and behavior of watershed residents in water and soil protection projects.

Sig	t	خطای استاندارد	ضرایب رگرسیونی استاندارد (Beta)	ضرایب رگرسیونی (B)	متغیرهای وارد شده به مدل
-	-	-	-	23.33	مقدار ثابت
0.004	3.67	0.02	0.5	0.278	هنجارهای قانونی (X1)
0.000	4.58	0.01	0.33	0.172	باورهای هنجاری (X2)
0.01	5.40	0.15	0.21	0.164	هنجارهای مشارکتی (X3)

(Fosgaard et al. 2023). در این تحقیق مشارکت و

رفتار آبخیزنشینان تحت تأثیر سه هنجار مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج میانگین رتبه‌ای هر یک از گویه‌های مشارکت آبخیزنشینان و رفتار آن‌ها برای مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌و خاک نشان می‌دهد که گویه‌های مراقبت آبخیزنشینان از پروژه‌ها پس از اتمام آن، مشارکت در پروژه احداث سیل‌بند ملات-سیمانی بیشترین اهمیت را در میزان مشارکت و رفتار مشارکتی آن‌ها دارند. همچنین، گویه‌های مشارکت در پروژه ساخت سیل‌بند گابیونی و تمایل و نیت آبخیزنشینان نسبت به حفاظت آب‌و خاک کمترین

بحث و نتیجه‌گیری

مشارکت‌کنش رفتاری افراد در یک جامعه برای انجام یک کار معین است. این رفتارها می‌توانند متأثر از عوامل مختلفی باشند. از این عوامل می‌توان به شاخص‌های هنجاری اشاره کرد. هنجار اجتماعی به الگوی رفتاری گفته می‌شود که روابط و کنش‌های اجتماعی را تنظیم می‌کند، اکثریت جامعه خود را به آن پایبند می‌دانند و در صورتی که شخصی آن را رعایت نکند (هنجارشکنی)، جامعه او را مجازات می‌کند. اگر هنجارها در جامعه‌ای ثبات نداشته باشند یا با برخی نظم‌های دیگر اجتماعی در تضاد و تعارض باشند، افراد جامعه کم‌تر از هنجارها پیروی خواهند کرد

اهمیت نسبی متغیرهای تأثیرگذار بر میزان مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک در حوزه آبخیز بنچله نشان داد که شاخص هنجارهای قانونی مهم‌ترین عامل مؤثر بر مشارکت و رفتار آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک است. این نتایج بر جایگاه خاص هنجارهای قانونی به‌عنوان معیار مناسبی برای مشارکت جوامع محلی و نهایتاً حفظ آب‌وخاک دلالت دارد. از آنجاکه هنجارها با قوانین کنترل می‌شوند؛ همواره قانون مبنای رفتار جوامع بوده است. تدوین قوانین و دستورالعمل‌ها در راستای ارتقای سطح اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی جوامع محلی و متقابلاً احترام آبخیزنشینان به آن می‌تواند بهترین رفتار را در زمینه حفاظت آب‌وخاک به دنبال داشته باشد. این نتایج با یافته‌های Ranjbar و همکاران (۲۰۱۸) که بیان کردند هنجارهای قانونی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر رفتار مشارکتی در زمینه حفاظت از آب دارند همسو است؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود که برای مشارکت بیشتر آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک در حوزه آبخیز بنچله هنجارهای قانونی در اولویت قرار بگیرد.

باورهای هنجاری، نوع نگرش انسان به هنجارهای موجود در جامعه است. اگر آبخیزنشینان به هنجارهای موجود باور داشته و آن هنجارها باورپذیر باشند؛ به احتمال زیاد مشارکت و رفتار آن‌ها را در پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک شاهد خواهیم بود. شاخص باورهای هنجاری بعد از شاخص هنجارهای قانونی دومین شاخص بود که با رفتار و مشارکت آبخیزنشینان رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. به نظر می‌رسد که ناکارآمدی قوانین و فهم‌ناپذیری آن یکی از مهم‌ترین عواملی بوده که باورهای اجتماعی را تحت تأثیر قرار داده و به آن وابسته است. اهمیت دادن به این شاخص امری بسیار مهم بوده و مدیران و برنامه‌ریزان برای پیشبرد اهداف سازمان‌های تابعه منابع طبیعی باید به آن توجه خاصی داشته باشند. درک رفتار آبخیزنشینان زمانی محقق می‌شود که کارشناسان و مدیران در ارتباط مستقیم با

اهمیت را در مشارکت و رفتار آبخیزنشینان نسبت به حفاظت از آب‌وخاک داشتند. با توجه به بررسی‌های میدانی انجام‌شده مشخص شد که جوامع محلی معمولاً در تمامی مراحل انجام پروژه مشارکت نمی‌کنند. محتمل است که سطح مشارکت متوسط و کم آن‌ها به دلیل عدم دخالت دادن نظرات آبخیزنشینان در تمام مراحل پروژه‌های حفاظت آب‌وخاک باشد. آن‌ها انتظار دارند تا در فرآیند اصلاح و احیای محیط‌زیست که در آن زندگی می‌کنند، ایفای نقش کنند. این امر در پایین بودن تمایل و نیت افراد نسبت به حفاظت آب‌وخاک مشهود است. از طرف دیگر، طبق توضیحات شفاهی جوامع محلی، آن‌ها انتظار دارند تا پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک که ساکنین توانایی انجام آن را دارند به آن‌ها واگذار شود. این شیوه باعث بهبود منابع درآمدی متنوع درآمدی آبخیزنشینان، آن‌ها را به سمت مشارکت بیشتر سوق می‌دهد [آبخیزنشینان می‌شود. به طوری که بالا رفتن منابع درآمدی شرایط لازم را برای اصلاح رفتار ساکنین حوزه آبخیز بنچله نسبت به اهمیت نقش آب‌وخاک فراهم می‌کند. درواقع اگر جوامع محلی اجرای پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک را در راستای بهبود وضعیت اقتصادی ساکنین احساس نکنند، مشارکت آن‌ها را شاهد نخواهیم بود و یا مشارکت کمی خواهند داشت؛ بنابراین، مشارکت باید فرآیندی اجتماع‌محور باشد که هدف آن دخالت دادن گروه‌های مختلف مردمی و ایفای نقش آن‌ها در همه مراحل مربوط به حفاظت از منابع آب‌وخاک است؛ زیرا دستیابی به توسعه پایدار مستلزم توجه به ابعاد مختلف اجتماعی از جمله مشارکت است (Ohta et al., 2020). از این‌رو، رفتار انسان‌ها منشأ بسیاری از مشکلات در محیط پیرامون بوده و با درک رفتار آن‌ها می‌توان این مشکل را حل کرد (Salehi et al., 2016). از آنجاکه هنجارها عینی هستند، پیشنهاد می‌شود تا زمینه مشارکت دادن همه افراد در حوزه آبخیز بنچله فراهم شود تا این امر تبدیل به یک ارزش شده و مشارکت در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک در جامعه نهادینه شود.

وخاک و بر اهمیت آن بر نقش منابع موجود در پایداری حوزه‌های آبخیز تأکید دارد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Mirzaei و (۲۰۲۱) Ahmadi و Valizadeh و همکاران (۲۰۱۴) که بر نقش هنجارهای مشارکتی در مدیریت منابع تأکید داشتند همسو است. Kilic و Dervisoglu (۲۰۱۳) هم بیان کردند که متغیرهای هنجارهای مشارکتی با رفتارهای حفاظتی از منابع رابطه مثبت و معنی‌داری دارد.

دستیابی به توسعه پایدار در هر جامعه‌ای نیازمند مشارکت همه آحاد مردم است. بررسی ابعاد مختلف هنجارها و اثرات نهفته یا غیرمستقیم آن‌ها می‌تواند میزان مشارکت جوامع محلی را تحت تأثیر قرار بدهد. چارچوب این هنجارها باید از قبل معلوم و برای جوامع محلی دارای مفهوم مشخص باشد. به طوری که این هنجارها باید تضمین‌کننده سلامت اقتصادی و اجتماعی جامعه باشد. حفاظت از منابع آب‌وخاک به عنوان بستر و عوامل تولید نیازمند مشارکت خواهد بود. در بسیاری از تحقیق‌های علمی از مشارکت به عنوان حلقه گمشده توسعه پایدار نام می‌برند. از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به عدم بررسی مسائل اقتصادی و اجتماعی آبخیزنشینان در حوزه آبخیز بنچله اشاره کرد؛ زیرا شاخص‌های مهمی در دستیابی به توسعه پایدار هستند؛ بنابراین، توجه به این دو شاخص دارای اهمیت خاصی بوده و عوامل مهمی در میزان مشارکت و شیوه رفتار جوامع محلی در پروژه‌های حفاظتی هستند. به طور کلی، توجه به هنجارها، باورها، رفتارها و نگرش‌های جوامع محلی باید در دستور کار مدیران و برنامه‌ریزان قرار بگیرد تا مسیرهای حفاظتی از منابع آب‌وخاک هموار شود.

جوامع محلی باشند. این ارتباط مستلزم ایجاد شبکه‌ای قوی در بین کارشناسان و افراد محلی است. افراد می‌توانند دیدگاه متفاوتی نسبت به منابع آب‌وخاک داشته باشند؛ لذا کارشناسان باید سعی کنند تا دیدگاه جوامع محلی را نسبت به حفاظت از آب‌وخاک به سوی پایداری در منابع و بهره‌برداری بهینه از آن‌ها سوق دهند. پیشنهاد می‌شود تا رویکرد ارتباط بین کارشناسان و آبخیزنشینان با برگزاری مستمر کلاس‌های آموزشی و ترویجی در بین آن‌ها محقق شود. رفع تعارض می‌تواند گزینه مناسبی برای نزدیک شدن دیدگاه‌های بین کارشناسان و افراد محلی باشد؛ زیرا تا زمانی که منافع مردم با کارشناسان در یک راستا نباشد و تعارض منافع وجود داشته باشد؛ شاهد مشارکت و رفتار صحیح آبخیزنشینان در پروژه‌های حفاظت از آب‌وخاک نخواهیم بود. این امر به قدری اهمیت دارد که Corral و Frías (۲۰۰۶) در مکزیک بیان کردند که باورهای هنجاری با ناکارآمدی قوانین مربوط به منابع آب رابطه مثبت و معنی‌دار داشتند. با وجود ارتباط تنگاتنگی که در بین باورهای هنجاری و قوانین وجود دارد، باید حداکثر استفاده را از ظرفیت موجود در باورهای هنجاری در راستای مشارکت آبخیزنشینان مدنظر قرار گیرد.

از دیدگاه آبخیزنشینان احداث سد‌های رسوب‌گیر نقش مهمی در پایداری خاک ایفا می‌کند. طبق نظرات شفاهی جوامع محلی در حوزه آبخیز بنچله در شهرستان روانسر رفتار مشارکتی آن‌ها در این راستا اغلب داوطلبانه و بدون دریافت دستمزد است. به نظر می‌رسد که آبخیزنشینان با مشارکت داوطلبانه می‌خواهند رفتاری را از خود بروز بدهند که زمینه‌ساز مشارکت‌های بعدی در سایر پروژه‌های حفاظت از آب

References

- Ahmadi, F., Heydari, Q. & Shafiei, F. (2017). Economic and social factors affecting the willingness of users to participate in pasture improvement and revitalization projects (case study: Dehgolan pastures). *Pasture and Desert Research of Iran*, 25(1), 102-115. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2018.116497>. (in Persian).
- Alló, M. & Loureiro, M. L. (2017). The role of social norms on conservation programmes in shellfish fisheries. *Marine Policy*, 84, 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.07.008>.
- Corral-Verdugo, V. & Frías-Armenta, M. (2006). Personal normative beliefs, antisocial behavior, and residential water conservation. *Environment and Behavior*, 38(3), 406-421. <https://doi.org/10.1177/0013916505282272>.
- Dehghanpour, H. & Zebaie, M. (2017). Investigating factors influencing farmers motivation in using water and soil protection technologies, agricultural economics and development. 28 (110), 146-121. <https://doi.org/10.30490/AEAD.2020.280471.1051>. (in Persian).
- Ghazavi, R. (2020). Watershed Management-strategic Approach. Kashan Univesity. pp. 220. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06121-z>. (in Persian).
- Hurlimann, A., Dolnicar, S. & Meyer, P. (2001). Understanding behavior to inform water supply management in developed nations—A review of literature, conceptual model and research agenda. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.014>.
- Jalili, J. & Jalili, Kh. (2009). A detailed study plan for the control of erosion and sedimentation in the Bencheleh study area. Tehran, Iran: Academic Jahad Centers. 803609/fa (in Persian).
- Kalantari, Kh. (2010). Data processing and analysis in economic and social research, Farhang Saba. 388 pages (in Persian).
- Katuwal, H. (2012) Demand for water quality: empirical evidence from a knowledge, attitude, behavior, and choice experiment survey about the Bagmati River in Kathmandu, Nepal. PhD Dissertation at University of New Mexico.
- Kilic, D. S. & Dervisoglu, S. (2013). Examination of water saving behavior within framework of Theory of Planned Behavior. *International Journal of Secondary Education*, 1(3), 8-13. <https://doi.org/10.11648/j.ijsedu.20130103.11>
- Klößner, C. A. (2013). A comprehensive model of the psychology of environmental behavior: A metaanalysis. *Global Environmental Change*, 23(5), 1028-1038. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.014>.
- Mirzaei, H. & Ahmadi, F. (2021). Analysis of the norms affecting the cooperative behavior of pastoralists in the direction of protection of pastures (study case: Karimabad watershed, Dehgolan city). *Research on protection and protection of forests and pastures of Iran*, 19(1), 110-124. <https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2021.352007.1448>. (in Persian).
- Mousavi Nokandeh, S.M., Meiri, M.H. & Salman Hahini, A.R. (2014). Beneficiaries and their identification criteria in natural resources management, (Case study: Golestan province forests), *Wood and Forest Science and Technology Research Journal*, 21(4), 23-40. <https://doi.org/20.1001.1.23222077.1393.21.4.2.3>. (in Persian).
- Noguera-Méndez P, Molera L. & Semitiel-García M (2016). The role of social learning in fostering farmers' pro-environmental values and intentions. *Journal of Rural Studies* 46, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.06.003>
- Ohta, R., Ryu, Y. & Otani, J. (2020). Rural physicians perceptions about the challenges of participating in interprofessional collaboration: Insights from a focus group interview. *Journal of Interprofessional Education & Practice*, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.xjep.2020.100345>.
- Prager, K., Nienaber, B., Neumann, B. & Phillips, A. (2015) How should rural policy be evaluated if it aims to foster community involvement in environmental management.

- Journal of Rural Studies 37, 120-131.
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2014.12.006>
- Ranjbar, B., Naimi, A. & Nahavandian, F. (2018). Analysis of the norms influencing the cooperative behavior of farmers in the direction of water protection in the watershed of Zarivar lagoon, Marivan city, Iranian Journal of Extension Sciences and Agricultural Education. 15 (2), 1-16.
<https://doi.org/10.22034/IAEEJ.2020.194549.1443>. (in Persian).
- Salehi, S., Chizari, M., Sediqi, H. & Bijani, M. (2016). The effect of environmental beliefs on the sustainable behavior of Fars province farmers in the exploitation of underground water resources, Journal of Extension Sciences and Agricultural Education. 13 (1), 193-175.
<https://doi.org/20.1001.1.20081758.1396.13.1.12.0>. (in Persian).
- Schultz, P. W. (2002). Knowledge, information, and household recycling: Examining the knowledge-deficit model of behavior change. In *New Tools for Environmental Protection: Education, Information, and Voluntary measures* (pp. 67-82), Washington, DC: The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/10401>.
- Soopramanien, D., Daryanto, A. & Song, Z. (2023). Urban residents environmental citizenship behaviour: The roles of place attachment, social norms and perceived environmental responsibility. *Cities*, 132, 104-115.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104097>.
- Toke R, F., Hansen, L, G. & Wengström, E. (2023). Norm compliance in an uncertain world. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 107, 102083.
<https://doi.org/10.1016/j.socec.2023.102083>.
- Valizadeh, N., Bijani, M. & Abbasi, A. (2014). Environmental analysis of cooperative behavior of farmers in the protection of surface water resources in the southern catchment area of Lake Urmia, *Journal of Science and Promotion of Agricultural Education*. 11 (2), 183-201.
<https://doi.org/20.1001.1.20081758.1394.11.2.12.8>. (in Persian).
- Vucetich, J, A. & Nelson M. P. (2010) Sustainability: virtuous or vulgar. *BioScience*, 60 (7), 539-544.
<https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.7.9>.
- Zahedi Mazandarani, M. J., Shiani, M. & Alipour, P. (2014). The influence of participatory norms on social welfare, *Scientific-Research Quarterly of Social Welfare*, 14 (52), 33-63. (in Persian).

Evaluation of dust changes and its relationship with temperature (Case study: Khuzestan province)**Fateme farzanehpey¹, Abolfazl Ranjbar-Fordoe^{1*}, Hassan Khosravi², Sayyed Hojjat Mousavi³**

1- Department of Desert Studies, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University Kashan, Kashan, Iran

2- Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

3- Department of Geography and Tourism, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

* **Corresponding author:** aranjbar@kashanu.ac.ir

(Received: 30 October 2023

Revised: 17 December 2023

Accepted: 14 January 2024)

Extended abstract

Introduction: Dust storm is one of the desertification and land degradation consequences especially in arid and hyper-arid regions of the world. Fine particles released from the Earth's surface can be released several kilometers and subsequently over long distances, sometimes even across continents. These particles play a key role in the Earth system by affecting the radiation balance as well as forest and ocean ecosystems. Weather is often considered as the main factor influencing the occurrence of dust storms. Dust storms have increased in recent years mainly due to continued droughts and global warming. Temperature is an important variable in climatology in terms of its direct effect on weather variables such as pressure, wind movement, cloud formation and precipitation. Based on previous studies, the increase in temperature along with the decrease in rainfall and the increase in wind speed provide the conditions for the creation of dust storms. In general, the review of the studies conducted in the field of evaluating dust changes and the effect of temperature parameters on it shows that it is possible to conduct these studies from different perspectives and methods. Therefore, it is necessary to find a comprehensive view on dust and factors affecting it by reviewing and evaluating the results of other studies so that the phenomenon can be controlled and managed. The number of dusty days in Khuzestan province is significant and has increased in recent years. The reason for that is its proximity to the great deserts of the neighboring countries. Therefore, this province is one of the challenging areas of the country in the field of dust management and control. The purpose of this study is to evaluate the trend of dust changes and the effect of temperature on this phenomenon. The results of this study help to better understand the phenomenon of dust in Khuzestan province.

Materials and methods: In this research, three data groups were used including the monthly average temperature of 13 meteorological stations in the study area, the monthly average land surface temperature (LST), and the monthly average aerosol optical depth (AOD). First, the trend of dust changes was evaluated using the Mann-Kendall test. Then, the relationship between temperature parameters and dust was investigated using the correlation between the AOD in a buffer of 5 km around the selected station with temperature parameters including monthly average temperature and average monthly LST in buffers of 5, 10 and 20 km around the selected station.

Results and Discussion: The evaluation of the average changes in the buffer of 5 km around the selected stations showed that in the months of February, July, December and April, no increasing trend was observed in any of the stations and even in the month of April, there was a decreasing trend in two stations. The trend of AOD changes was increasing with a probability of more than 90% in the months of August, September and November in seven, March in five, October in four, January in three, May in two and June in one station. The correlation results of temperature parameters and AOD showed that a very strong correlation between average LST and AOD has occurred only in the three months of May, June and July in different buffers. There are the highest number of strong correlations in the months of May to August between temperature parameters and AOD. Also, the highest number of very weak correlations occurred in April, March, November, and December. The highest number of very weak and weak correlations are related to air temperature (85 and 47 numbers, respectively). This shows that LST is more important than temperature in evaluating changes in dust intensity in the study area.

Conclusion: According to the results of this research, it can be said that air temperature has a weak correlation with dust, and most of the strong and very strong correlations occurred with the average LST in different buffers, which shows that LST is more important than temperature in evaluating dust intensity changes in the study area. In general, evaluation and monitoring of dust changes can be effective in identifying new dust sources as well as evaluating wind erosion, dust control, and management activities. Therefore, it can be suggested that an online and up-to-date system based on remote sensing and artificial intelligence be designed and presented to evaluate and monitor dust changes. In this case, the management of the dust phenomenon in Iran will be more targeted and the dust sources can be identified faster. On the other hand, one should pay attention to the factors affecting these changes and evaluate their effect on dust.

Keywords: Change trend, Correlation, Aerosol Optical Depth, Earth Surface Temperature, Man Kendall.

Citation: Farzanehpey, F., Ranjbar-Fordoe, A., Khosravi, H., & Mosavi, S. H. (2024). Evaluation of dust changes and its relationship with temperature (Case study: Khuzestan province). *Integrated Watershed Management*, 4(1), 16-29. doi: 10.22034/iwm.2024.2014553.1112

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 روند تغییرات گردوغبار و ارتباط آن با دما (مطالعه موردی: استان خوزستان)

فاطمه فرزانه پی^۱، ابوالفضل رنجبر فردوئی*^۱، حسن خسروی^۲، سید حجت موسوی^۳

۱- گروه بیابان‌زدائی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

۲- گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳- گروه جغرافیا و گردشگری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

*نویسنده مسئول: aranjbar@kashanu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۸

چکیده مبسوط

مقدمه: یکی از اثرات بیابان‌زایی و تخریب زمین به‌ویژه در مناطق خشک و فراخشک جهان، طوفان‌های گردوغبار است. ذرات ریز گردوغبار آزادشده از سطح زمین می‌توانند چندین کیلومتر و گاهی اوقات حتی در سراسر قاره‌ها رها شوند و با تأثیر بر تعادل تشعشعی و همچنین اکوسیستم‌های جنگلی و اقیانوسی، نقش کلیدی در سیستم زمین ایفا کنند. آب‌وهوا اغلب به‌عنوان عامل اصلی مؤثر بر وقوع این طوفان‌ها در نظر گرفته می‌شود. طوفان‌های گردوغبار در سال‌های اخیر عمدتاً به دلیل افزایش خشک‌سالی و موج گرما در مقیاس جهانی افزایش یافته است. دما از نظر تأثیر مستقیم بر متغیرهای آب و هوایی مانند فشار، حرکت باد، تشکیل ابر و بارش، متغیر مهمی در اقلیم است. مطالعات نشان می‌دهد که افزایش دما به همراه کاهش بارندگی، افزایش سرعت باد و شرایط ایجاد طوفان‌های گردوغبار را فراهم می‌کند. به‌طور کلی بررسی مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و اثر پارامترهای دمایی بر آن نشان می‌دهد که از دیدگاه‌ها و روش‌های مختلفی امکان انجام این مطالعات وجود دارد. در نتیجه نیاز است که با بررسی و ارزیابی نتیجه آن‌ها دیدگاه جامعی از گردوغبار و عوامل مؤثر بر آن پیدا کرد تا بتوان به کنترل و مدیریت این پدیده کمک نمود. در استان خوزستان، به علت مجاورت با بیابان‌های بزرگ کشورهای همجوار تعداد روزهای غبارآلود قابل توجه و در سال‌های اخیر افزایش یافته است؛ بنابراین یکی از نواحی چالش‌برانگیز کشور در زمینه مدیریت و کنترل پدیده گردوغبار است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و اثر دما بر این پدیده است. نتایج این مطالعه به شناخت بهتر پدیده گردوغبار در استان خوزستان کمک می‌کند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از سه گروه داده شامل داده‌های میانگین دمای ماهانه ۱۳ ایستگاه هواشناسی محدوده مورد مطالعه، میانگین ماهانه داده‌های دمای سطح زمین یا LST و داده‌های میانگین ماهانه عمق نوری آئروسول (AOD) استفاده شد. در این مطالعه ابتدا به ارزیابی روند تغییرات گردوغبار با استفاده از آزمون من کندال پرداخته شد و در بخش دوم بررسی رابطه پارامترهای دمایی بر گردوغبار با استفاده از همبستگی بین میانگین عمق نوری آئروسول (AOD) در حائل ۵ کیلومتری در اطراف ایستگاه منتخب با پارامترهای دمایی شامل میانگین دمای ماهانه و میانگین LST ماهانه در حائل ۵، ۱۰ و ۲۰ کیلومتری در اطراف ایستگاه منتخب انجام شد.

نتایج و بحث: نتایج ارزیابی روند تغییرات میانگین حائل ۵ کیلومتری اطراف ایستگاه‌های منتخب نشان داد که در ماه‌های فوریه، جولای، دسامبر و آوریل در هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده نشد و حتی در ماه آوریل در دو ایستگاه روند کاهشی نیز دارند. همچنین در ماه‌های آگوست، سپتامبر و نوامبر در هفت ایستگاه، مارس در پنج ایستگاه، اکتبر در چهار ایستگاه، ژانویه در سه ایستگاه، می در دو ایستگاه و ژوئن در یک ایستگاه روند تغییرات AOD با احتمال بیش از ۹۰٪ افزایشی است. همچنین نتایج همبستگی پارامترهای دمایی و مقادیر AOD نشان داد که به‌طور کلی همبستگی بسیار قوی بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD تنها در سه ماه می، ژوئن و جولای با میانگین LST در بافرهای مختلف رخ داده است. بیشترین تعداد همبستگی قوی در ماه‌های می تا آگوست بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD وجود دارد. همچنین بیشترین تعداد همبستگی خیلی ضعیف در ماه‌های آوریل، مارس، نوامبر و دسامبر رخ داده است. بیشترین تعداد همبستگی خیلی ضعیف و ضعیف مربوط به دمای هوا (به ترتیب ۸۵ و ۴۷ عدد) است که این امر نشان‌دهنده اهمیت بیشتر LST نسبت به دما در ارزیابی تغییرات شدت گردوغبار در محدوده مورد مطالعه دارد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که دمای هوا همبستگی ضعیفی با گرد غبار نشان داد و بیشتر همبستگی‌های قوی و خیلی قوی با میانگین LST در بافرهای مختلف رخ داده که این امر نشان‌دهنده اهمیت بیشتر LST نسبت به دما در ارزیابی تغییرات شدت گردوغبار در محدوده مورد مطالعه دارد. به‌طور کلی ارزیابی و پایش تغییرات گردوغبار می‌تواند کمک بزرگی به شناسایی کانون‌های جدید و همچنین ارزیابی نتایج فعالیت‌های کنترل و مدیریت فرسایش بادی و گردوغبار کند. بنابراین می‌توان پیشنهاد داد یک سامانه مبتنی بر سنجش‌ازدور و هوش مصنوعی به‌صورت آنلاین و به‌روز جهت ارزیابی و پایش تغییرات گردوغبار طراحی و ارائه شود تا مدیریت پدیده گردوغبار در ایران هدفمندتر شده و شناسایی کانون‌ها سریع‌تر انجام شود. از طرف دیگر باید به عوامل مؤثر بر این تغییرات نیز توجه نمود و اثر آن‌ها را بر گردوغبار مورد ارزیابی قرار داد.

واژگان کلیدی: روند تغییرات، همبستگی، عمق اپتیکی آئروسول، درجه حرارت سطح زمین، من کندال

استناد: فرزانه پی، ف.، رنجبر فردوئی، ا.، خسروی، ح.؛ و موسوی، س. ح. (۱۴۰۳). ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و ارتباط آن با دما (مطالعه موردی: استان خوزستان). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴-۲۹.

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 به‌صورت آزاد در وبسایت نشریه برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

یکی از اثرات بیابان‌زایی و تخریب زمین به‌ویژه در مناطق خشک و فرا خشک جهان، طوفان‌های گردوغبار است (Jebali *et al.*, 2021). این پدیده در اثر وزش بادهای شدید و در نتیجه جدا کردن ذرات ناپایدار از سطح خاک ایجاد می‌شود (Rayegani *et al.*, 2020). ذرات ریز گردوغبار آزاد شده از سطح زمین می‌توانند چندین کیلومتر و متعاقباً در فواصل طولانی، گاهی اوقات حتی در سراسر قاره‌ها رها شوند و با تأثیر بر تعادل تشعشعی و همچنین اکوسیستم‌های جنگلی و اقیانوسی، نقش کلیدی در سیستم زمین ایفا کنند (Jin *et al.*, 2022). گردوغبار اثرات قابل‌توجهی بر محیط‌زیست، آب‌وهوا، شیمی جو و مهم‌تر از همه، سلامت انسان دارد (Rosenfeld *et al.*, 2019). با توجه به اثرات پدیده گردوغبار بر انسان و محیط‌زیست، ارزیابی توزیع مکانی و زمانی گردوغبار و تغییرات بین‌سالانه و اثرات آن ضروری است (Du *et al.*, 2023). یکی از روش‌های مطالعه گردوغبار استفاده از داده‌های عمق نوری آئروسول (AOD) است. عمق نوری آئروسول (AOD) یک اندازه‌گیری یکپارچه ستونی از ضریب خاموشی است که نشان‌دهنده تضعیف تابش خورشیدی توسط پراکندگی و جذب آئروسول‌ها از جمله گردوغبار است (Namdari *et al.*, 2016). این متغیر معمولاً از مشاهدات زمینی و فضایی به دست می‌آید. مشاهدات زمینی تفکیک زمانی و طیفی بالایی دارند، اما آن‌ها فقط ناحیه کوچکی را در اطراف سایت نظارت نشان می‌دهند. از سوی دیگر، مشاهدات ماهواره‌ای به دلیل قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا و همچنین پوشش جهانی آن، به‌طور گسترده در مطالعات نیروی تابشی آئروسول در مقیاس‌های منطقه‌ای، جهانی و فصلی استفاده شده است (Namdari *et al.*, 2016). عمق نوری آئروسول (AOD) از تصاویر ماهواره‌ای برای مطالعه طوفان‌های گردوغبار به دلیل ماهیت فضایی بزرگ چنین توده‌هایی بسیار کارآمد هستند (Alam *et al.*, 2011; Qi *et al.*, 2013). تحقیقات زیادی با

استفاده از داده‌ها و روش‌های متنوع در زمینه ارزیابی روند تغییرات گردوغبار وجود دارد. به‌طور مثال تحقیق Yu و همکاران (2018) حاکی از افزایش ۱۵ درصدی انتشار گردوغبار از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۲ در خاورمیانه است. همچنین Yousefi و همکاران (2023) نشان دادند که مقادیر AOD زمستانی در ایران، در طول دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۰ روند صعودی قابل‌توجهی را نشان داد و پس‌از آن در دوره ۲۰۱۸-۲۰۱۰ کاهش قابل‌توجهی داشته است.

از طرف دیگر آب‌وهوا اغلب به‌عنوان عامل اصلی مؤثر بر وقوع طوفان‌های گردوغبار در نظر گرفته می‌شود. طوفان‌های گردوغبار در سال‌های اخیر عمدتاً به دلیل افزایش خشک‌سالی و موج گرما در مقیاس جهانی افزایش یافته است (Nukapothula *et al.*, 2023). دما از نظر تأثیر مستقیم بر متغیرهای آب و هوایی مانند فشار، حرکت باد، تشکیل ابر و بارش، متغیر مهمی در اقلیم است. مطالعات پیشین نشان می‌دهد که افزایش دما به همراه کاهش بارندگی، افزایش سرعت باد شرایط ایجاد طوفان‌های گردوغبار را فراهم می‌کند (Rezaei & Ghasemieh, 2019). تحقیقات متنوعی با موضوع اثر اقلیم بر طوفان‌های گردوغبار صورت گرفته است که می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد.

Yarahmadi و همکاران (2015) به‌منظور ارزیابی اثر بارش و دما بر گردوغبارهای غرب و جنوب غرب ایران، داده‌های سرعت باد، دما، بارش و تعداد روزهای گردوغباری ۵ ایستگاه منطقه برای دو دوره پنج‌ساله را استفاده نمودند. نتایج نشان داد در سال‌های اخیر، میزان متوسط بارش سالانه کاهش و میزان دما، سرعت باد و تعداد روزهای گردوغباری افزایش یافته است.

Modarres و Sadeghi (2018) با بررسی روند مکانی و زمانی طوفان‌های گردوغبار مناطق کویری ایران، بیان داشتند که خشکی و دمای بالا و همچنین زمین‌های کشاورزی رها شده از عوامل مؤثر بر تشدید رخداد گردوغبار در این نواحی است. نتایج مطالعات Mahmoodimahpash و Souri (2021) به‌منظور

از انجام این مطالعه ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و اثر دما بر این پدیده است. نتایج این مطالعه به شناخت بهتر پدیده گردوغبار در استان خوزستان کمک می‌کند. لازم به ذکر است که استفاده از حائل‌های مختلف اطراف ایستگاه برای بررسی دما و ارزیابی نتایج آن، از نوآوری‌های این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

استان خوزستان در جنوب غرب ایران و در موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). مساحت این استان ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع و با جمعیت ۴۷۱۰۵۰۰ نفری، پنجمین استان پرجمعیت ایران محسوب می‌شود. استان خوزستان از نقطه نظر پستی و بلندی به دو بخش کوهستانی و جلگه‌ای قابل تقسیم است. میانگین بارندگی سالانه استان ۲۶۶ میلی‌متر و دوره ی بارندگی معمولاً بین مهرماه تا اردیبهشت ماه است. میانگین و بیشینه دما در دوره گرما به ترتیب ۳۱/۲ و بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. استان خوزستان از نظر تقسیم بندی دوارتن گسترده شش اقلیم مهم فرا سرد، نیمه خشک معتدل، مدیترانه‌ای، معتدل خشک بیابانی، گرم نیمه‌خشک، گرم خشک بیابانی و گرم فرا خشک دارد. مهمترین اقلیم استان گرم خشک بیابانی و سپس اقلیم‌های گرم خشک و گرم نیمه خشک است (Soleimani et al., 2023).

در این پژوهش از سه گروه داده استفاده شد. ویژگی این داده‌ها در جدول زیر آمده است. لازم به ذکر است که در این پژوهش به منظور ارزیابی گردوغبار از AOD باند آبی (۴۷۰ نانومتر) استفاده شد و از این به بعد در این پژوهش هر جا AOD به تنهایی آمده باشد، منظور AOD باند آبی محصول MCD19A2 است (جدول ۱).

مقایسه میزان و روند غلظت ذرات گردوغبار در ارتباط با متغیرهای اقلیمی در نیمه غربی ایران نشان داد که در ایستگاه سنندج بین غلظت گردوغبار و میانگین دما رابطه مثبت وجود دارد.

Motavallizadeh Naeini و Modarres (2022) با بررسی فراوانی طوفان‌های گردوغبار در ارتباط با تغییرات اقلیمی در منطقه خشک ایران نشان دادند که سرعت باد و دما تأثیر بیشتری بر نوسانات فراوانی گردوغبار دارند و کاهش بارندگی اثر افزایشی بر گردوغبار دارد.

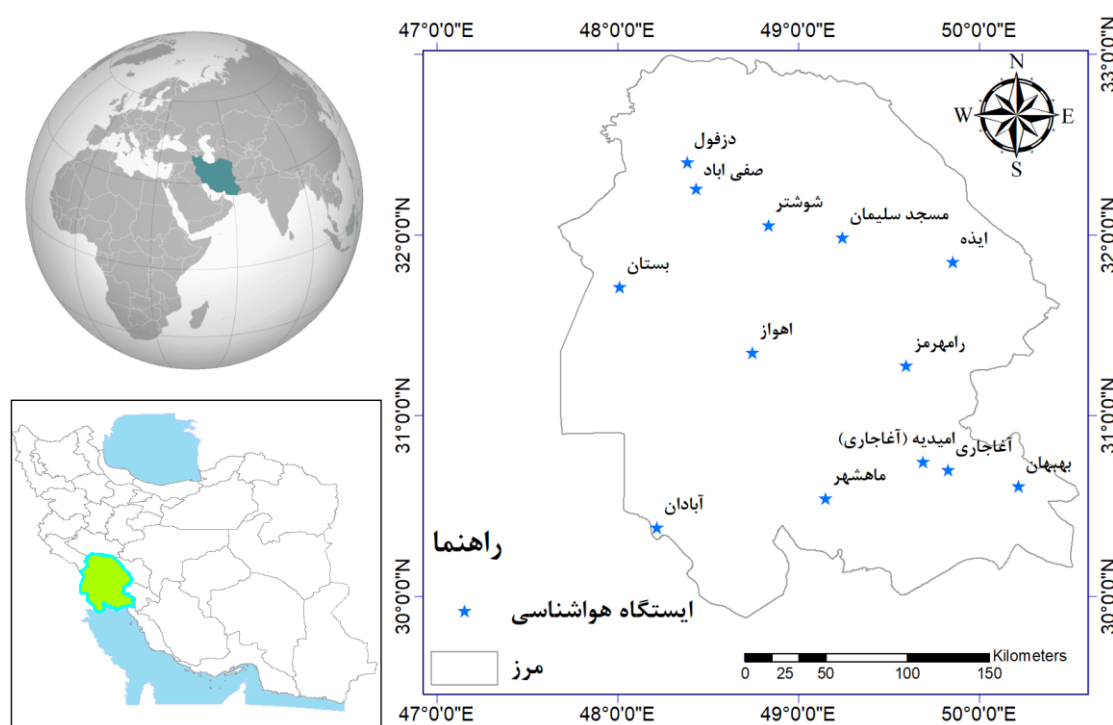
Ziyae و همکاران (2018) نرخ فرونشست طوفان‌های گردوغبار و ارتباط آن با برخی متغیرهای اقلیمی در استان خراسان رضوی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که بین متوسط فرونشست گردوغبار رابطه مثبت و معنی‌داری با حداقل و حداکثر دما، سرعت باد و رابطه منفی با رطوبت نسبی در سطح ۵٪ وجود داشته است. Kazemi و همکاران (2020) رابطه بیشینه گردوغبار و متغیرهای اقلیمی استان هرمزگان با استفاده از سنجش‌ازدور را طی دوره زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۰ بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد متغیرهای پوشش گیاهی، رطوبت خاک و میزان بارش بیشترین تأثیر را بر میزان گردوغبار داشتند.

به‌طور کلی بررسی مطالعات انجام‌شده در زمینه ارزیابی روند تغییرات گردوغبار و اثر پارامترهای دمایی بر آن نشان می‌دهد که از دیدگاه‌ها و روش‌های مختلفی امکان انجام این مطالعات وجود دارد. در نتیجه نیاز است که با بررسی و ارزیابی نتیجه آن‌ها دیدگاه جامعی از گردوغبار و عوامل مؤثر بر آن پیدا کرد تا بتوان به کنترل و مدیریت این پدیده کمک نمود. استان خوزستان، به علت مجاورت و نزدیکی به بیابان‌های بزرگ کشورهای هم‌جوار دارای روزهای غبارآلود قابل توجهی است و این پدیده در سال‌های اخیر افزایش یافته است؛ بنابراین یکی از نواحی چالش‌برانگیز کشور در زمینه مدیریت و کنترل پدیده گردوغبار است. هدف

جدول ۱ - داده‌های مورد استفاده در این پژوهش

Table1- The data used in this research

ردیف	داده	توضیحات
1	داده‌های هواشناسی	۱۳ ایستگاه هواشناسی (شکل ۱)
2	میانگین ماهانه داده‌های دمای سطح زمین یا LST	از محصول MOD11A1 با قدرت تفکیک زمانی و مکانی ۸ روزه و یک کیلومتر
3	میانگین ماهانه داده‌های AOD	از داده‌های MCD19A2 با قدرت تفکیک زمانی یک روزه و قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

Figure1 - Geographical location of Khuzestan province and desired meteorological stations

روش تحقیق
 این پژوهش در دو بخش انجام شد. بخش اول ارزیابی روند تغییرات شدت گردوغبار و بخش دوم بررسی رابطه پارامترهای دمایی بر گردوغبار است که در ادامه به تفصیل هر بخش شرح داده می‌شود.
بخش اول: ارزیابی روند شدت گردوغبار
 به منظور استخراج داده‌های AOD، ابتدا در سامانه Google Earth Engine با میانگین‌گیری از داده‌های AOD روزانه، داده‌های ماهانه آن از ابتدای سال ۲۰۰۱ تا انتهای سال ۲۰۲۲ به دست آمد. سپس میانگین هر ماه طی ۲۲ سال محاسبه گردید و میانگین AOD در حائل ۵ کیلومتری در اطراف ایستگاه منتخب برای ماه‌های مختلف محاسبه و روند تغییرات آن برای هر ایستگاه در ماه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. در این پژوهش به منظور ارزیابی روند تغییرات از آزمون من‌کنندال استفاده شد. این آزمون بر اساس معادله

روش تحقیق
 این پژوهش در دو بخش انجام شد. بخش اول ارزیابی روند تغییرات شدت گردوغبار و بخش دوم بررسی رابطه پارامترهای دمایی بر گردوغبار است که در ادامه به تفصیل هر بخش شرح داده می‌شود.
بخش اول: ارزیابی روند شدت گردوغبار
 به منظور استخراج داده‌های AOD، ابتدا در سامانه Google Earth Engine با میانگین‌گیری از داده‌های

$$E(S) = 0 \quad (۳)$$

$$VAR(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q tp(tp-1)(2tp+5)] \quad (۴)$$

که tp تعداد دنباله‌ها برای p امین مقدار و p تعداد مقادیر دنباله‌ها است. جزء دوم در فرمول شماره (۴) یک تعدیل برای دنباله‌های حساس است. پارامتر استاندارد شده آزمون Z_M از رابطه شماره (۵) به دست می‌آید (Heydari Alamdarloo et al., 2021).

$$Z_M = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases} \quad (۵)$$

جدول (۲) طبقه‌بندی احتمال روند تغییرات با توجه به مقادیر Z_M را نشان می‌دهد.

شماره (۱) محاسبه می‌شود (Heydari Alamdarloo et al., 2021).

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j)) \quad (۱)$$

که در آن مقادیر x_i و x_j داده‌های متوالی است، n طول سری زمانی است و تابع علامت نیز به ترتیب زیر قابل محاسبه است (Heydari Alamdarloo et al., 2021).

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (۲)$$

میانگین $E(S)$ و واریانس $Var(S)$ پارامتر S به ترتیب زیر به دست می‌آید (Heydari Alamdarloo et al., 2021).

جدول ۲- جدول طبقه‌بندی احتمال روند تغییرات بر مبنای مقادیر Z_M (Martin et al., 2018)

Table 2- Classification table of the probability of change trend based on Z_M values (Martin et al., 2018)

رنگ در نتایج	مقادیر Z_M	کلاس سطح اطمینان	ردیف
	$-2.57 >$	کاهشی با احتمال بیش از 99٪	1
	-1.96 تا -2.57	کاهشی با احتمال بین 95٪ تا 99٪	2
	-1.64 تا -1.96	کاهشی با احتمال بین 90٪ تا 95٪	3
	-1.64 تا $+1.64$	بدون روند	4
	-1.64 تا $+1.96$	افزایشی با احتمال بین 90٪ تا 95٪	5
	$+1.96$ تا $+2.57$	افزایشی با احتمال بین 95٪ تا 99٪	6
	$+2.57 <$	افزایشی با احتمال بیش از 99٪	7

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (۶)$$

در معادله (۶) نقشه ضریب همبستگی پیرسون، x_i و \bar{x} به ترتیب مقادیر پارامترهای دمایی و میانگین آن پارامتر در طول دوره آماری (۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲) و y_i و \bar{y} به ترتیب AOD ماه‌های مختلف و میانگین AOD در طول دوره آماری است. مقدار ضریب همبستگی بین -۱ تا ۱ تغییر می‌کند که +۱ به معنای همبستگی مثبت کامل، صفر به معنی نبود همبستگی، و -۱ به

بخش دوم: بررسی اثر دما بر گردوغبار

در این بخش همبستگی بین میانگین AOD در حائل ۵ کیلومتری در اطراف ایستگاه منتخب با پارامترهای دمایی شامل میانگین دمای ماهانه و میانگین LST ماهانه در حائل ۵، ۱۰ و ۲۰ کیلومتری در اطراف ایستگاه منتخب انجام شد. مقدار همبستگی با استفاده از رابطه پیرسون (Lee Rodgers و Nicewander, 1988) محاسبه شد.

معنی همبستگی منفی کامل است. برای بررسی میزان همبستگی ابتدا قدر مطلق ضریب همبستگی گرفته شد و سپس با توجه به جدول (۳) میزان همبستگی ارزیابی شد.

جدول ۳- کلاس بندی ضریب همبستگی پیرسون (Evans, 1996)

Table3- Pearson coefficient classification (Evans, 1996)

رنگ در نتایج	مقادیر $ r $	کلاس	ردیف
	0-0.2	همبستگی خیلی ضعیف	1
	0.2-0.4	همبستگی ضعیف	2
	0.4-0.6	همبستگی متوسط	3
	0.6-0.8	همبستگی قوی	4
	0.8-1	همبستگی خیلی قوی	5

نتایج

جدول (۴) نتایج ارزیابی روند تغییرات میانگین حائل ۵ کیلومتری اطراف ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به دست آمده در ایستگاه آبادان، AOD در ماه‌های مارس ژوئن و نوامبر با احتمال بین ۹۵٪ تا ۹۹٪ روند افزایشی دارد و در بقیه ماه‌ها روند خاصی قابل مشاهده نیست. در ایستگاه آغاچاری تنها در ماه‌های مارس (با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪) و سپتامبر و اکتبر (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) روند افزایشی AOD مشاهده می‌شود. در ایستگاه امیدیه نیز روند تغییرات AOD در ماه‌های مارس (با احتمال بیش از ۹۹٪) و سپتامبر و اکتبر (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) روند تغییرات AOD ایستگاه اهواز نشان داد که ماه‌های آگوست و اکتبر با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪، نوامبر با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪ و سپتامبر با احتمال بیش از ۹۹٪ روند تغییرات AOD افزایشی است. در ایستگاه ایذه روند افزایشی AOD تنها در ماه آگوست با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪ مشاهده می‌شود. ارزیابی روند تغییرات ایستگاه بستان حاکی از روند افزایشی AOD در ماه‌های می (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) و نوامبر (با احتمال بیش از ۹۹٪) دارد. در ایستگاه بهبهان AOD در ماه‌های ژانویه و نوامبر (با احتمال

۹۵٪ تا ۹۹٪) افزایشی و در ماه آوریل (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) کاهش می‌یابد. روند تغییرات AOD ایستگاه دزفول تنها در ماه ژانویه (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) و نوامبر (با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪) افزایشی است. AOD ماه‌های می و سپتامبر با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪ در ایستگاه رامهرمز در حال افزایش است. در ایستگاه شوشتر AOD در ماه‌های آگوست و سپتامبر (با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪) افزایشی و در ماه آوریل (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) کاهش می‌یابد. در ایستگاه صفی آباد، AOD در ماه‌های ژانویه، مارس و نوامبر با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪ روند افزایشی دارد. روند تغییرات AOD ایستگاه ماهشهر حاکی از افزایشی بودن آن در ماه‌های مارس، آگوست، سپتامبر و نوامبر با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪ و ماه اکتبر با احتمال بیش از ۹۹٪ دارد. در ایستگاه مسجدسلیمان AOD تنها در ماه‌های آگوست (با احتمال ۹۵٪ تا ۹۹٪) و سپتامبر (با احتمال ۹۰٪ تا ۹۵٪) افزایشی است. به طور کلی در ماه‌های فوریه، جولای، دسامبر و آوریل در هیچ کدام از ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده نشد و حتی در ماه آوریل در دو ایستگاه روند کاهشی نیز مشاهده می‌شود. همچنین در ماه‌های آگوست، سپتامبر و نوامبر در هفت ایستگاه، مارس در پنج ایستگاه، اکتبر در چهار ایستگاه، ژانویه

در سه ایستگاه، می در دو ایستگاه و ژوئن در یک ایستگاه روند تغییرات AOD با احتمال بیش از ۹۰٪ افزایشی است.

جدول ۴- مقادیر ZM در ارزیابی روند تغییرات AOD

Table 4- ZM values in evaluating AOD changes

مقیاس زمانی	آبادان	آغاچاری	امیدیه	اهواز	ایذه	بستان	بهبهان	دزفول	رامهرمز	شوشتر	صفی آباد	ماهشهر	مسجدسلیمان
ژانویه	0.15	0.73	0.42	0	1.57	0.24	2.24*	1.66	1	1.03	1.78	-0.88	1.06
فوریه	-0.21	1.33	1.51	1.03	-0.15	-0.76	-0.21	-0.66	1.03	0.39	-0.09	0.12	0.12
مارس	2.3*	2.42*	2.69**	1.18	1.09	1.21	-0.09	1.3	0.76	0.18	1.87	2.05*	0.21
آوریل	0.33	-0.94	-0.48	-0.79	-0.85	0	-1.66	-0.94	-0.85	-1.66	-0.51	-0.09	-0.94
می	1.03	0.82	0.97	1.48	0.24	1.9	0.12	0.63	1.81	0.6	0.27	0.39	0.75
ژوئن	2.26*	0.66	0.51	0.82	-0.12	0.63	-0.45	0	0.82	0.09	-0.27	1.06	-0.09
جولای	0.45	0.15	0.09	0.24	0.18	0.36	-1	-0.48	0.24	0.48	-0.63	0.3	-0.06
آگوست	0.18	1.93	1.72	1.84	1.78	0.42	0.57	1.03	0.42	2.27*	0.66	2.12*	1.96*
سپتامبر	0.48	1.72	1.72	2.69**	0.79	1.45	0.36	1.39	1.81	2.03*	0.51	1.99*	1.75
اکتبر	1.39	1.87	1.88	1.84	0.82	1.3	1.42	0.91	0.6	0.97	0.76	2.6**	0.91
نوامبر	2.05*	1	0.97	2.51*	0.57	2.78**	2.18*	2.14*	0.6	1.33	1.75	1.96*	0.6
دسامبر	1.27	0.39	0.33	-0.6	-0.97	-0.09	1.21	0.48	-1.3	0.42	-1.24	0.6	-0.51

* معنی‌داری در سطح پنج درصد

** معنی‌داری در سطح یک درصد

جدول (۵) نتایج مقادیر همبستگی پارامترهای دمایی و مقادیر AOD در ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. با توجه به این نتایج، در ایستگاه امیدیه میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری در ماه می همبستگی بسیار قوی با مقادیر AOD دارد. همچنین در این ایستگاه میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری در ماه‌های ژوئن و جولای، میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری در ماه‌های می، ژوئن و جولای و میانگین LST بافر ۵ کیلومتری در ماه‌های می و ژوئن همبستگی قوی با مقادیر AOD دارند. نتایج همبستگی در ایستگاه اهواز حاکی از همبستگی بسیار قوی بین میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری در ماه می با مقادیر AOD دارد. همچنین همبستگی قوی بین مقادیر دمای هوا در ماه سپتامبر و میانگین LST در حائل با شعاع ۲۰ کیلومتری ماه‌های ژوئن تا سپتامبر، میانگین LST

حائل با شعاع ۱۰ کیلومتری در ماه‌های می، جولای و نوامبر و میانگین LST بافر ۵ کیلومتری در ماه‌های می تا آگوست با مقادیر AOD وجود دارد. در ایستگاه ایذه هیچ‌گونه همبستگی بسیار قوی بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD مشاهده نشد اما بین مقادیر میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری در ماه‌های ژانویه، فوریه، ژوئن، جولای و دسامبر، میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر و میانگین LST حائل با شعاع ۵ کیلومتری در ماه‌های فوریه و دسامبر با مقادیر AOD همبستگی قوی وجود دارد.

در ایستگاه آبادان همبستگی قوی بین میانگین همه بافرهای LST در ماه‌های می و جولای و همچنین میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری ماه نوامبر با مقادیر AOD وجود دارد. در ایستگاه آغاچاری تنها بین میانگین LST حائل با شعاع

۲۰ کیلومتری در ماه‌های می تا جولای و میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری در ماه ژوئن با مقادیر AOD وجود دارد. در ایستگاه مسجدسلیمان همبستگی بسیار قوی تنها بین میانگین LST همه بافرها در ماه ژوئن با مقادیر AOD وجود دارد.

به‌طور کلی همبستگی بسیار قوی بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD تنها در سه ماه می، ژوئن و جولای در ایستگاه‌های مسجدسلیمان، رامهرمز، بندر ماهشهر، بهبهان، آغاجری، اهواز و امیدیه با میانگین LST در بافرهای مختلف رخ داده است. به‌عبارت‌دیگر در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها و در هیچ‌کدام از ماه‌ها همبستگی خیلی قوی بین دمای هوا و مقادیر AOD وجود ندارد.

بیشترین تعداد همبستگی قوی در ماه‌های می تا آگوست بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD وجود دارد. بیشترین تعداد همبستگی خیلی ضعیف در ماه‌های آوریل، مارس، نوامبر و دسامبر رخ داده است. بیشترین تعداد همبستگی خیلی قوی (۷ عدد) مربوط به میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری و سپس میانگین LST بافر ۵ کیلومتری (۴ عدد) است. بیشترین تعداد همبستگی قوی بین پارامترهای دمایی به ترتیب مربوط به میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری (۴۱ عدد)، میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری (۳۸ عدد) و میانگین LST بافر ۵ کیلومتری (۳۱ عدد) است. بیشترین تعداد همبستگی خیلی ضعیف و ضعیف مربوط به دمای هوا (به ترتیب ۸۵ و ۴۷ عدد) است.

۲۰ کیلومتری در ماه می با مقادیر AOD همبستگی بسیار قوی وجود دارد. در ایستگاه بستان تنها همبستگی قوی بین مقادیر دمای هوا در ماه سپتامبر و میانگین LST حائل با شعاع ۲۰ کیلومتری در ماه‌های ژوئن تا آگوست و میانگین LST حائل با شعاع ۱۰ کیلومتری در ماه‌های می تا جولای با مقادیر AOD وجود دارد. ایستگاه بندر ماهشهر همبستگی بسیار قوی بین میانگین LST حائل با شعاع ۲۰ و ۵ کیلومتری در ماه جولای با مقادیر AOD وجود دارد. در ایستگاه بهبهان، همبستگی بسیار قوی بین میانگین LST بافر ۲۰ و ۵ کیلومتری به ترتیب در ماه‌های ژوئن و جولای با مقادیر AOD وجود دارد. در ایستگاه دزفول تنها در ماه‌های می تا جولای در همه بافرهای LST و میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری در ماه آگوست با مقادیر AOD همبستگی قوی وجود دارد. در ایستگاه رامهرمز همبستگی بسیار قوی بین میانگین LST بافر ۲۰ و ۵ کیلومتری در ماه جولای با مقادیر AOD وجود دارد. نتایج همبستگی در ایستگاه شوشتر نشان می‌دهد که همبستگی قوی بین مقادیر دمای هوا در ماه سپتامبر و میانگین LST بافر ۲۰ کیلومتری در ماه‌های می تا سپتامبر، میانگین LST بافر ۱۰ کیلومتری در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر و میانگین LST بافر ۵ کیلومتری در ماه‌های ژوئن تا آگوست با مقادیر AOD وجود دارد. نتایج همبستگی ایستگاه صفی‌آباد حاکی از آن است که همبستگی قوی بین مقادیر دمای هوا در ماه‌های آگوست و سپتامبر و میانگین LST بافر

جدول ۵- نتایج مقادیر همبستگی پارامترهای دمایی و مقادیر AOD در ایستگاه‌های منتخب

Table 5- The results of correlation values of temperature parameters and AOD values in selected stations

نام ایستگاه	پارامتر دمایی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مچا	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
امیدیه	دما	-0.14	0.14	0.13	0.17	-0.27	0.03	0.18	0.28	0.43	0.17	-0.19	0.04
	LST 20	-0.37	-0.46	-0.03	-0.01	**0.84	**0.71	**0.64	-0.49	-0.23	-0.39	-0.5	-0.34
	LST 10	-0.44	-0.45	-0.04	-0.08	**0.76	**0.7	-0.63	-0.55	-0.21	-0.37	-0.51	-0.36
اهواز	LST 5	-0.42	-0.5	0.03	-0.05	**0.74	**0.72	-0.58	-0.57	-0.17	-0.37	-0.52	-0.34
	دما	-0.12	-0.04	0.44	0.12	0.02	0.26	0.07	0.39	**0.75	0.39	0.08	-0.03
	LST 20	-0.25	-0.46	0.29	-0.23	**0.86	**0.67	**0.74	**0.78	**0.62	-0.54	-0.31	-0.46
ایذه	LST 10	-0.25	-0.3	-0.3	-0.47	**0.78	-0.45	**0.79	**0.59	-0.18	**0.59	**0.75	-0.54
	LST 5	-0.34	-0.47	0.18	-0.34	**0.74	**0.6	**0.77	**0.78	-0.42	-0.5	-0.27	-0.36
	دما	-0.16	-0.24	0.11	-0.03	0.15	0.05	-0.31	-0.21	0.53	0.44	-0.36	-0.44
آبادان	LST 20	-0.63	**0.71	0.08	-0.13	-0.45	**0.61	**0.68	-0.52	0.01	-0.22	-0.2	**0.74
	LST 10	-0.17	-0.4	0.18	0.08	-0.55	**0.77	**0.68	**0.7	**0.61	-0.48	0.03	-0.03
	LST 5	-0.58	**0.74	-0.07	-0.14	-0.36	-0.46	-0.35	-0.46	0.1	-0.4	-0.11	**0.68
آغاجری	دما	0.19	0.37	0.44	0.05	-0.06	0.1	-0.11	0	0	-0.01	0.35	-0.03
	LST 20	-0.28	-0.4	-0.19	-0.31	**0.73	-0.52	**0.7	-0.46	-0.55	-0.15	**0.73	-0.31
	LST 10	-0.32	-0.46	-0.29	-0.5	**0.72	-0.49	**0.61	-0.42	-0.44	-0.15	-0.49	-0.28
بستان	LST 5	-0.31	-0.49	-0.17	-0.5	**0.73	-0.42	**0.61	-0.51	-0.45	-0.16	-0.48	-0.31
	دما	0.15	-0.03	0.23	0.13	-0.17	0.15	0.11	0.51	**0.69	0.5	0.16	0.24
	LST 20	-0.3	-0.45	-0.03	-0.02	**0.85	**0.7	**0.68	-0.53	-0.25	-0.36	-0.48	-0.3
بندر ماهشهر	LST 10	-0.36	-0.47	-0.02	-0.1	**0.77	**0.66	**0.66	-0.53	-0.15	-0.38	-0.51	-0.37
	LST 5	-0.35	-0.5	0.03	-0.06	**0.78	**0.7	**0.63	**0.61	-0.22	-0.37	-0.53	-0.33
	دما	0.03	0.25	0.22	0.26	0.36	0.17	0.07	0.47	**0.71	0.39	0.54	0.15
بهبهان	LST 20	-0.33	-0.5	-0.06	-0.06	-0.59	**0.72	**0.78	**0.62	-0.54	-0.51	-0.37	-0.02
	LST 10	-0.44	-0.45	-0.04	-0.08	**0.76	**0.7	**0.63	-0.55	-0.21	-0.37	-0.51	-0.36
	LST 5	-0.27	-0.44	0.24	0.06	-0.39	-0.37	-0.55	-0.43	-0.49	-0.2	-0.31	0.04
دزفول	دما	0.03	-0.18	0.05	-0.06	-0.18	0.11	0.01	0.47	0.56	0.37	0.2	0.1
	LST 20	-0.23	-0.33	-0.23	-0.46	**0.74	-0.54	**0.82	**0.66	-0.21	-0.56	**0.72	-0.48
	LST 10	-0.36	-0.42	0.01	-0.01	-0.51	-0.51	**0.64	-0.44	-0.5	-0.31	-0.4	0.07
رامهرمز	LST 5	-0.28	-0.35	-0.27	-0.49	**0.79	-0.53	**0.8	**0.65	-0.33	**0.63	**0.7	-0.57
	دما	-0.17	0.38	-0.07	-0.37	0.1	0.01	0	0.05	0	-0.2	0.18	0.2
	LST 20	-0.48	0.2	-0.31	-0.31	**0.72	**0.88	**0.66	-0.28	-0.1	-0.42	-0.08	0
شو	LST 10	-0.65	**0.77	0	-0.05	-0.43	-0.5	**0.83	-0.45	0.09	-0.42	-0.16	**0.72
	LST 5	-0.01	-0.21	0.23	-0.29	-0.56	**0.67	**0.83	**0.67	-0.11	-0.04	-0.37	-0.18
	دما	0.16	0.28	0.36	-0.26	0.09	-0.05	-0.16	-0.07	0.13	-0.13	0.36	-0.1
شو	LST 20	-0.51	-0.58	0.11	-0.26	**0.75	**0.73	**0.72	-0.41	-0.12	-0.32	-0.15	-0.28
	LST 10	-0.31	-0.13	0.35	0.09	**0.66	**0.66	**0.79	**0.72	-0.55	-0.39	-0.53	-0.49
	LST 5	-0.56	-0.5	0.06	-0.29	**0.72	**0.74	**0.71	-0.5	-0.27	-0.4	-0.1	-0.17
شو	دما	-0.11	-0.08	0.27	0.36	0.12	0.41	0.02	-0.02	0.57	0.15	-0.2	-0.18
	LST 20	-0.34	-0.23	0.34	0.15	**0.7	**0.71	**0.82	**0.7	-0.54	-0.38	-0.46	-0.5
	LST 10	-0.31	-0.13	0.35	0.09	**0.66	**0.66	**0.79	**0.72	-0.55	-0.39	-0.53	-0.49
شو	LST 5	-0.34	-0.16	0.34	-0.01	**0.67	**0.66	**0.8	**0.73	-0.52	-0.34	-0.46	-0.48
	دما	-0.24	-0.08	0.3	0.36	0.26	0.3	0.19	0.25	**0.64	0.44	0.04	0.1

-0.06	-0.04	-0.42	*-0.62	*-0.71	*-0.68	** -0.79	*-0.6	0.1	0.29	-0.37	-0.35	LST 20	صفی آباد	
-0.03	0.03	-0.48	*-0.61	*-0.7	*-0.68	** -0.77	-0.55	0.08	0.18	-0.4	-0.17	LST 10		
-0.09	0.06	-0.41	-0.55	*-0.65	*-0.63	*-0.72	-0.48	0.05	0.27	-0.45	-0.16	LST 5		
-0.27	0.13	0.39	*0.65	*0.63	0.25	0.02	0.2	0.07	0.28	0.21	-0.21	دما		
-0.32	-0.14	-0.33	0.27	-0.51	*-0.65	*-0.75	*-0.75	0.01	0.16	-0.37	-0.53	LST 20		
-0.15	-0.14	-0.18	0.4	-0.4	-0.48	*-0.69	-0.56	-0.03	0.31	-0.33	-0.55	LST 10		
0.1	-0.07	-0.31	0.09	-0.16	-0.47	-0.56	-0.49	-0.12	0.06	-0.57	-0.47	LST 5		
-0.13	0.08	*0.6	*0.65	0.35	-0.06	0.07	0.29	0.33	0.41	-0.04	-0.06	دما		
-0.3	-0.13	-0.37	-0.32	*-0.68	** -0.79	** -0.81	-0.5	0.19	0.36	-0.5	-0.27	LST 20		مسجد سلیمان
-0.35	-0.2	-0.37	-0.38	*-0.69	** -0.77	** -0.8	-0.56	0.15	0.35	*-0.6	-0.24	LST 10		
-0.26	-0.17	-0.32	-0.41	*-0.66	** -0.77	** -0.83	-0.52	0.15	0.37	-0.55	-0.2	LST 5		

LST = LST 20 بافر ۲۰ کیلومتری

LST = LST 10 بافر ۱۰ کیلومتری

LST = LST 5 بافر ۵ کیلومتری

* معنی داری در سطح پنج درصد

** معنی داری در سطح یک درصد

در بخش دیگر این پژوهش، نتایج همبستگی پارامترهای دمایی با مقادیر AOD نشان داد که در بیشتر ماهها در ایستگاههای مختلف رابطه پارامترهای دمایی با گردوغبار (AOD) منفی است. Hara و همکاران (2006) و Naeimi و همکاران (2020) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. وجود رابطه منفی میان دما و گردوغبار می تواند بیانگر آن باشد که طوفانهای گردوغبار با فعالیت هوای سرد همراه هستند و بنابراین سرمایش یا کاهش دما نیز می تواند منجر به ایجاد شرایط مساعد تولید گردوغبار شود (Xiao *et al.*, 2008). هم چنین همبستگی خیلی قوی بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD تنها در سه ماه می، ژوئن و جولای با میانگین LST در حائلهای مختلف رخ داده است و در هیچ یک از ایستگاهها بین دمای هوا همبستگی خیلی قوی با مقادیر AOD وجود ندارد. بیشترین تعداد همبستگی قوی در ماههای می تا آگوست بین پارامترهای دمایی و مقادیر AOD وجود دارد. با توجه به نتایج این پژوهش می توان گفت که دمای هوا همبستگی ضعیفی با گردوغبار نشان داد و بیشتر همبستگیهای قوی و خیلی قوی با میانگین LST در بافرهای مختلف رخ داده که این امر نشان دهنده اهمیت بیشتر LST نسبت به دما در

بحث و نتیجه گیری

پایش منظم و مداوم مقادیر غلظت و روند تغییرات گردوغبار و همچنین عوامل مؤثر بر آن در مقیاسهای مختلف محلی، منطقه ای و جهانی به منظور درک بهتر این پدیده ضروری است. نتایج ارزیابی روند تغییرات میانگین مقادیر AOD بافر ۵ کیلومتری در اطراف ایستگاههای منتخب نشان داد که در ماههای فوریه، جولای، دسامبر و آوریل هیچ گونه روند افزایشی در هیچ کدام از ایستگاهها مشاهده نشد؛ اما در ماههای آگوست، سپتامبر و نوامبر در هفت ایستگاه، مارس در پنج ایستگاه، اکتبر در چهار ایستگاه، ژانویه در سه ایستگاه، می در دو ایستگاه و ژوئن در یک ایستگاه روند تغییرات AOD با احتمال بیش از ۹۰٪ افزایشی است؛ بنابراین می توان نتیجه گرفت که روند و شدت تغییرات AOD در این چهار ماه الگوی مکانی متفاوتی نسبت به هم دارند. Choubin و همکاران (2022)؛ Eskandari و Damaneh و همکاران (2022)؛ Yousefi و همکاران (2020) نیز در پژوهش خود به نتایج مشابهی دست یافته اند. تغییرات الگوهای مکانی - زمانی طوفانهای گردوغبار، به پراکندگی کانونهای تولید گردوغبار و هم چنین به شرایط سینوپتیک محلی و منطقه ای حاکم بر آنها مربوط می شود (Rashki *et al.*, 2015; Mesbahzadeh *et al.*, 2020).

مبتنی بر سنجش‌ازدور و هوش مصنوعی به صورت آنلاین و به‌روز جهت ارزیابی و پایش تغییرات گردوغبار طراحی و ارائه شود تا مدیریت پدیده گردوغبار در ایران هدفمندتر شده و شناسایی کانون‌ها سریع‌تر انجام شود. از طرف دیگر باید به عوامل مؤثر بر این تغییرات نیز توجه نمود و اثر آن‌ها را بر گردوغبار مورد ارزیابی قرار داد. همچنین باید گفت که با مدل‌سازی اثر عوامل محیطی بر روی روند تغییرات گردوغبار هر محدود می‌توان به تعیین نقش هر عامل و همچنین مشخص نمودن مهم‌ترین عامل مؤثر بر روند تغییرات گردوغبار در هر منطقه کمک نمود.

ارزیابی تغییرات شدت گردوغبار در محدوده مورد مطالعه دارد. از چالش‌های مهم این پژوهش تعداد کم ایستگاه‌های هواشناسی و عدم پراکنش مناسب آن‌ها در محدوده مورد مطالعه است. لذا پیشنهاد می‌شود به صورت پیکسل به پیکسل در یک محدوده بزرگ مانند استان خوزستان ارتباط LST و AOD مورد ارزیابی قرار بگیرد تا در نواحی بدون ایستگاه نیز امکان ارزیابی ارتباط دما با گردوغبار وجود داشته باشد. به‌طور کلی ارزیابی و پایش تغییرات گردوغبار می‌تواند کمک بزرگی به شناسایی کانون‌های جدید و همچنین ارزیابی نتایج فعالیت‌های کنترل و مدیریت فرسایش بادی و گردوغبار کند؛ بنابراین می‌توان پیشنهاد داد یک سامانه

References

- Alam, K., Qureshi, S. & Blaschke, T. (2011). Monitoring spatio-temporal aerosol patterns over Pakistan based on MODIS, TOMS and MISR satellite data and a HYSPLIT model. *Atmospheric Environment*, 45(27), 4641-4651. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.05.055>
- Choubin, B., Sajedi Hosseini, F., Rahmati, O., Mehdizadeh Youshanloei, M. & Jalali, M. (2022). Temporal and Spatial Variations of Dust Days in Western Azarbaijan Province, Determination of The Influencing Factors and Source of Events. *Desert Management*, 10(22), 71 -86. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2022.550729.1378> (In Persian).
- Du, P., Huang, Z., Tang, S., Dong, Q., Bi, J., Yu, X. & Gu, Q. (2023). Long-term Variation of Dust Devils in East Asia during 1959-2021. *Authorea Preprints*, 128(9), e2022JD038013. <https://doi.org/10.1029/2022JD038013>
- Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., Sayadi, Z. & Khorani, A. (2022). Evaluation of spatiotemporal changes and correlations of aerosol optical depth, NDVI and climatic data over Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 28(4), 772-786. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.125252> (In Persian).
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing
- Hara, Y., Uno, I. & Wang, Z. (2006). Long-term variation of Asian dust and related climate factors. *Atmospheric Environment*, 40(35), 6730-6740. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.05.080>
- Heydari Alamdarloo, E., Moradi, E., Abdolshahnejad, M., Fatahi, Y., Khosravi, H., & da Silva, A. M. (2021). Analyzing WSTP trend: a new method for global warming assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09600-2>
- Jebali, A., Zare, M., Ekhtesasi, M. R. & Jafari, R. (2021). Detection of areas prone to wind erosion and air pollution using DSI and PDSI indices. *Natural Hazards*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04728-3>
- Jin, J., Pang, M., Segers, A., Han, W., Fang, L., Li, B. & Liao, H. (2022). Inverse modeling of the 2021 spring super dust storms in East Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 2022, 1-24. <https://doi.org/10.5194/acp-22-6393-2022>

- Kazemi, M., Nafarzadegan, A. R. & Mohammadi, F. (2020). A Study of the Relationship Between Maximum Dust Values and Climatic Variables Using Remote Sensing Data (Case Study: Hormozgan Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 27(4), 792-801. <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2020.123154> (In Persian).
- Mahmoodi Mahpash, N. & Souri, B. (2021). Comparison of concentration and trend of dust particles in relation to climatic variables in the western half of Iran. *Human & Environment*, 19(3), 17-29. (In Persian)
- Martin, A., Wang, Y., Li, J. & Mends, G. (2018). Technical risk factors of international construction. *The Journal of Engineering*, (3), 138-146. <https://doi.org/10.1049/joe.2016.0389>
- Mesbahzadeh, T., Mirakbari, M., Mohseni Saravi, M., Soleimani Sardoo, F. & Krakauer, N.Y. (2020). Joint modeling of severe dust storm events in arid and hyper arid regions based on copula theory: a case study in the Yazd province, Iran. *Climate*, 8(5), 64-72. <https://doi.org/10.3390/cli8050064>
- Modarres, R. & Sadeghi, S. (2018). Spatial and temporal trends of dust storms across desert regions of Iran. *Natural Hazards*, 90, 101-114. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3035-8>
- Motavallizadeh Naeni, M. & Modarres R. (2022). Dust Storm Frequency in Connection with Climatic Change in the Arid Region of Iran. *Journal of Hydrology and Soil Science*, 25(4): 239-252. <https://doi.org/10.47176/jwss.25.4.43231> (In Persian)
- Naeimi, M, Mirakbar, M., Khosroshahi, M., Zandifar, S. & Ghasemi Aryan, Y. (2022). Analyzing the effects of climate change on dust events, a case study: Khorasan Razavi province. *The Desert Ecosystem Engineering Journal*, 10(33), 65-78. <https://doi.org/10.22052/deej.2021.10.33.41> (In Persian).
- Namdari, S., Valizade, K. K., Rasuly, A. A. & Sari Sarraf, B. (2016). Spatio-temporal analysis of MODIS AOD over western part of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2029-7>
- Nukapothula, S., Yunus, A. P., Chen, C., Attada, R. & Narayana, A. C. (2023). Dust storm induced severe cooling in the northern Arabian Sea during winter 2022. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 197, 104047. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2023.104047>
- Qi, Y., Ge, J. & Huang, J. (2013). Spatial and temporal distribution of MODIS and MISR aerosol optical depth over northern China and comparison with AERONET. *Chinese science bulletin*, 58, 2497-2506. <https://doi.org/10.1007/s11434-013-5678-5>
- Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Francois, P., Kosmopoulos, P. G. & Legrand, M. (2015). Dust-storm dynamics over Sistan region, Iran: Seasonality, transport characteristics and affected areas. *Aeolian Research*, 16, 35-48. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2014.10.003>
- Rayegani, B., Barati, S., Goshtasb, H., Gachpaz, S., Ramezani, J. & Sarkheil, H. (2020). Sand and dust storm sources identification: A remote sensing approach. *Ecological Indicators*, 112, 106099. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106099>
- Rezaei, M. & Ghasemieh, H. (2019). Assessing the impact of climate change on rainfall and temperature variability (Case Study: Kashan and Khur and Biabank Stations). *Arid Biom Scientific and Research Journal*, 9(1), 81-99. (In Persian). <https://doi.org/10.29252/aridbiom.2019.1545>
- Rosenfeld, D., Zhu, Y., Wang, M., Zheng, Y., Goren, T. & Yu, S. (2019). Aerosol-driven droplet concentrations dominate coverage and water of oceanic low-level clouds. *Science*, 363(6427), eaav0566. <https://doi.org/10.1126/science.aav0566>
- Soleimani, F., Kalehhouei, M. & Lotfollazadeh, D. (2023). Study of the Morphological Characteristics of Gullies in Khuzestan Province. *Watershed Management Research Journal*, 36(3), 23-41. <https://doi.org/10.22092/wmrj.2023.360375.1497>. (In Persian)
- Xiao, F., Zhou, C. & Liao, Y. (2008). Dust storms evolution in Taklimakan Desert and

- its correlation with climatic parameters. *Journal of Geographical Sciences*, 18, 415-424. <https://doi.org/10.1007/s11442-008-0415-8>
- Yarahmadi, D., Nasiri, B., Khoshkish, A. & Nikbakhbt, H. (2015). Climate change and dusty days in the west and southwest of Iran. *The Desert Ecosystem Engineering Journal*, 3(5), 19-28. (In Persian)
- Yousefi, R., Wang, F., Ge, Q. & Shaheen, A. (2020). Long-term aerosol optical depth trend over Iran and identification of dominant aerosol types. *Science of the Total Environment*, 722, 137906. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137906>
- Yousefi, R., Wang, F., Ge, Q., Shaheen, A. & Kaskaoutis, D. G. (2023). Analysis of the Winter AOD Trends over Iran from 2000 to 2020 and Associated Meteorological Effects. *Remote Sensing*, 15(4), 905. <https://doi.org/10.3390/rs15040905>
- Yu, Y., Kalashnikova, O. V., Garay, M. J., Lee, H. & Notaro, M. (2018). Identification and characterization of dust source regions across North Africa and the Middle East using MISR satellite observations. *Geophysical Research Letters*, 45(13), 6690-6701. <https://doi.org/10.1029/2018GL078324>
- Ziyae, A., Karimi, A., Lakzan, A. & Khademi, H. (2018). Dust Deposition Rate and its Relationship to Some Climatic Parameters in Khorasan Razavi Province. *Geography and environment hazard*, 7(26), 95-11. <https://doi.org/10.22067/geo.v7i2.66306>

Performance Evaluation of Two General Circulation Models for Downscaling Average Temperature in Birjand County

Mohammad Fouladi Nasrabad, Mahdi Amirabadizadeh, Mahdi Dastourani*

Department of Water Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

*Corresponding author: mehdi840561@gmail.com

(Received: 17 October 2023

Revised: 10 December 2023

Accepted: 14 January 2024)

Extended abstract

Introduction: Climate change has a significant impact on water resources and the environment, which is reflected in agriculture, society, and economy. The use of General Circulation Models (GCMs) with downscaling models is a method for assessing climate change. Considering the placement of South Khorasan Province and the city of Birjand in the arid region of Iran, population growth, industrial and mining development, and the pursuit of sustainable agriculture, it is essential to assess the effects of climate change on essential meteorological parameters. The objective of this study is to compare the performance of historical models NCEP and ECMWF in downscaling temperature parameters for the Birjand County and investigate the changes in this parameter until 2030 using the top model and the SSP245 scenario with the CanESM5 model.

Materials and Methods: In this research, to compare the performance of two GCMs, NCEP and ECMWF, in downscaling temperature parameters, daily temperature data from the Birjand synoptic station for the period from 1990 to 2021 were used as the baseline period. Additionally, to evaluate the performance of these two GCMs, the statistical downscaling model SDSM was utilized. To assess the performance of these two models, evaluation criteria such as NS, KGE, RMSE, and BR² were employed.

Results and Discussion: To investigate and compare the performance of two GCMs, NCEP and ECMWF, daily average temperature data from the Birjand synoptic station were used from the January 1990 to the September 2021. The data from 1990 to the January 2008 were considered for calibration, and data from the January 2008 to the September 2015 were used for validation. Both NCEP and ECMWF models had 26 parameters, and for downscaling, the parameters with the highest correlation with observed temperature were selected among these 26 parameters using the R software and the HydroGof package. Additionally, evaluation criteria such as NS, RMSE, KGE, and BR² were used to assess the models' performance in calibration and validation sections. The closeness of variance and mean values of time series generated by the NCEP and ECMWF models to the variance and mean values of observed time series in the entire simulation period was examined using F and T tests. The results of the calibration section showed that the two models, NCEP and ECMWF, exhibited similar performance since the values of evaluation criteria NS, RMSE, KGE, and BR² for the ECMWF model were calculated as 0.69, 4.86, 0.85, and 0.7, respectively, and for the NCEP model, they were 0.70, 4.79, 0.85, and 0.7, respectively. Since box plots, mean values, and standard deviations have a high capability in deciding the degree of dispersion and similarity between two time series, box plots, mean values, and standard deviations of the generated time series and observed time series in the calibration and validation periods were used to assess the similarity and closeness of the time series. The results of the evaluation criteria in the validation section showed that the ECMWF model outperformed the NCEP model, with values of evaluation criteria NS, RMSE, KGE, and BR² for the ECMWF model being calculated as 0.69, 4.9, 0.85, and 0.73, respectively, and for the NCEP model, 0.67, 5.3, 0.83, and 0.7, respectively. Overall, the results indicated that the ECMWF model had a better performance and was selected as the superior model. Therefore, to simulate and predict the average temperature parameter, the parameters mslp, P500, P5-f, P5-u, P850, and P8-u from the ECMWF model were used. Consequently, it is predicted that the average temperature will increase by approximately 3 degrees Celsius compared to the statistical baseline period in the next 8 years.

Conclusion: The results indicate that based on the evaluation criteria, the ECMWF model performs relatively better in estimating the average temperature of Birjand County compared to the NCEP model. Moreover, the analysis of box plots, mean values, and standard deviations of the generated time series in the calibration and validation sections showed that both models produced similar patterns of dispersion, minimum, maximum, and mean values compared to the observed time series. However, the ECMWF model exhibited relatively better performance in terms of mean and variance values of the generated data on a monthly basis in the calibration and validation periods. As a result, the ECMWF model was selected as the superior model for simulating and predicting the average temperature of Birjand County for the years 2022 to 2030 under the SSP245 emission scenario using the CanESM5 model. The predicted results indicate that the average temperature of Birjand County is expected to increase by approximately 3 degrees Celsius compared to the statistical baseline period.

Keywords: Climate Change, Downscaling, SDSM Model, Sixth Climate Model Intercomparison Project (CMIP6)

Citation: Fouladi Nasrabad, M., Amirabadizadeh, M., & Dastourani, M. (2024). Performance Evaluation of Two General Circulation Models for Downscaling Average Temperature in Birjand County. *Integrated Watershed Management*, 4(1), 30-45. doi: 10.22034/iwm.2024.2013786.1109

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 عملکرد دو مدل گردش عمومی جو-اقیانوس در ریزمقیاس‌سازی دمای متوسط در شهرستان بیرجند

محمد فولادی نصرآباد، مهدی امیرآبادی زاده، مهدی دستورانی*

گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

*نویسنده مسئول: mehdi840561@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۵

چکیده مبسوط

مقدمه: تغییر اقلیم تأثیر بسزایی بر منابع آب و محیط‌زیست دارد که در کشاورزی، جامعه و اقتصاد منعکس می‌شود. استفاده از مدل گردش عمومی (GCM) با مدل‌های کاهش مقیاس آماری، روشی برای ارزیابی تغییرات اقلیمی است. با توجه به قرار گرفتن استان خراسان جنوبی و شهرستان بیرجند در منطقه خشک ایران، رشد جمعیت، توسعه صنعتی و معدنی و رسیدن به کشاورزی پایدار، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه مقایسه عملکرد مدل‌های تاریخی NCEP و ECMWF در ریزمقیاس‌نمایی پارامتر دما شهرستان بیرجند و بررسی تغییرات این پارامتر تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از مدل برتر و سناریو SSP245 مدل CanESM5 است.

موارد و روش‌ها: در این پژوهش به منظور مقایسه عملکرد دو مدل گردش عمومی NCEP و ECMWF در ریزمقیاس‌سازی پارامتر دما، از اطلاعات دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک بیرجند در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ به‌عنوان دوره پایه استفاده شد. همچنین به منظور بررسی عملکرد این مدل‌ها از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و به منظور ارزیابی عملکرد این دو مدل از معیارهای ارزیابی NS، KGE، RMSE و BR² استفاده شد.

نتایج و بحث: به منظور بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل گردش عمومی NCEP و ECMWF از داده‌های روزانه دمای متوسط، از روز اول ماه ژانویه سال ۱۹۹۰ تا پایان ماه سپتامبر سال ۲۰۲۱ ایستگاه سینوپتیک شهرستان بیرجند استفاده شد. به طوری که از داده‌های سال ۱۹۹۰ تا روز اول از ماه ژانویه سال ۲۰۰۸ به‌عنوان بخش واسنجی و از روز اول ماه ژانویه سال ۲۰۰۸ تا پایان ماه سپتامبر سال ۲۰۱۵ به‌عنوان بخش اعتبارسنجی در نظر گرفته شد. دو مدل NCEP و ECMWF دارای ۲۶ پارامتر بوده که به منظور انجام ریزمقیاس‌سازی ابتدا میزان همبستگی هر یک از پارامترها با پارامتر دمای مشاهداتی در محیط نرم‌افزار R و با استفاده از پکیج HydroGof کدنویسی و محاسبه و پارامترهایی که بیشترین همبستگی را با پارامتر دما داشته‌اند، از میان ۲۶ پارامتر استخراج گردید. همچنین به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها از معیارهای NS، RMSE، KGE و BR² در بخش‌های واسنجی و اعتبارسنجی استفاده شد. برای بررسی نزدیکی مقدار واریانس و میانگین سری‌های زمانی تولیدشده توسط دو مدل و سری زمانی مشاهداتی در کل بازه شبیه‌سازی به ترتیب از آزمون‌های F و T استفاده و فرض صفر در این آزمون‌ها به ترتیب نزدیکی مقادیر واریانس و میانگین سری‌های زمانی تولیدشده توسط دو مدل NCEP و ECMWF به واریانس و میانگین سری زمانی مشاهداتی در نظر گرفته شد. نتایج بخش واسنجی نشان داد که هر دو مدل عملکرد مشابهی از خود نشان داده‌اند به‌چراکه مقادیر معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR² در مدل ECMWF به ترتیب ۰/۶۹، ۴/۸۶، ۰/۸۵، ۰/۷ و در مدل NCEP به ترتیب ۰/۷۹، ۴/۷۹، ۰/۸۵، ۰/۷ محاسبه شده است. از آنجایی که نمودار جعبه‌ای، مقدار میانگین و انحراف معیار در تصمیم‌گیری در خصوص میزان نزدیکی و شباهت دو سری زمانی قابلیت بالایی دارند، به منظور بررسی شباهت و نزدیکی سری‌های زمانی تولیدشده توسط دو مدل‌ها با مقادیر مشاهداتی در دوره واسنجی و اعتبارسنجی از مقایسه نمودارهای جعبه‌ای، مقادیر میانگین و انحراف از معیار سری‌های زمانی تولیدشده و سری زمانی مشاهداتی استفاده شد. نتایج محاسبه معیارهای ارزیابی در بخش صحت‌سنجی نشان داد که مدل ECMWF عملکرد بهتری نسبت به مدل NCEP در بخش اعتبارسنجی داشته است، چراکه مقادیر معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR² در مدل ECMWF به ترتیب ۰/۶۹، ۴/۹، ۰/۸۵، ۰/۷۳ و در مدل NCEP به ترتیب ۰/۶۷، ۵/۳، ۰/۸۳، ۰/۷ محاسبه شده است. در مجموع با نتایج نشان داد که مدل ECMWF عملکرد بهتری داشته و به‌عنوان مدل برتر انتخاب می‌گردد. در نتیجه به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی مقدار دمای متوسط از پارامترهای P8-u، P850، P5-u، P5-f، P500، msIpl، P8-u و P850 مدل ECMWF استفاده گردید؛ بنابراین پیش‌بینی می‌شود میزان متوسط دما در بازه ۸ سال آینده، افزایش حدوداً ۳ درجه‌ای نسبت به متوسط دوره پایه آماری داشته باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد با توجه به معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR²، مدل ECMWF نسبت به مدل NCEP در برآورد مقدار دمای متوسط شهرستان بیرجند نسبتاً عملکرد بهتری دارد. همچنین بررسی نمودارهای جعبه‌ای، مقدار میانگین و انحراف از معیار سری‌های زمانی تولیدشده توسط دو مدل در بخش واسنجی و اعتبارسنجی نشان داد که هر دو مدل از نظر میزان پراکندگی، مقدار کمینه و بیشینه و میانگین داده‌های تولیدی مقادیر مشابهی نسبت به سری زمانی مشاهداتی تولید کرده‌اند و از نظر مقدار میانگین و واریانس داده‌های تولیدشده در هر ماه در بازه واسنجی و اعتبارسنجی، مدل ECMWF عملکرد نسبتاً بهتری را از خود ارائه داد. بنابراین مدل ECMWF به‌عنوان مدل برتر انتخاب و شبیه‌سازی دمای متوسط شهرستان بیرجند در بازه سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ با استفاده از این مدل و تحت سناریو انتشار SSP245 مدل CanEcm5 انجام شد. نتایج پیش‌بینی نشان داد که دمای متوسط شهرستان بیرجند افزایش حدوداً ۳ درجه‌ای نسبت به متوسط دوره پایه آماری دارد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس‌نمایی، گزارش ششم تغییر اقلیم (CMPI6)، مدل SDSM

استناد: فولادی نصرآباد، م.، امیرآبادی زاده، م. و دستورانی، م. (۱۴۰۳). بررسی عملکرد دو مدل گردش عمومی جو-اقیانوس

در ریزمقیاس‌سازی دمای متوسط در شهرستان بیرجند. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴۵-۳۰.

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

از میان بسیاری از روندهایی که دانشمندان را در سراسر سیاره نگران کرده است، از دست دادن تنوع زیستی جدی ترین تغییراتی است که می‌تواند منجر به فروپاشی جوامع اکولوژیکی با اثرات مخرب و همزمان بر خدمات و عملکردهای حیاتی اکوسیستم شود (Steffen *et al.*, 2015). در سراسر بیوسفر، از مهم‌ترین عوامل تغییر و کاهش تنوع زیستی، تغییر اقلیم یا تغییرات آب و هوایی است (IPBES, 2019; Venter *et al.*, 2016). این تغییرات آب و هوایی به دلیل فعالیت‌های انسانی، سبب ایجاد گرمایش جهانی شده است (IPCC 2012; Kim *et al.*, 2016; Van Oldenborgh *et al.*, 2019). هم‌چنین افزایش دمای هوا در اثر تغییر اقلیم، موجب تغییر رژیم بارشی از برف به باران، تغییر مقدار و شدت رواناب، نسبت برف به باران و میزان آب ذخیره‌شده در توده برف خواهد شد و میزان بارش روی برف، در ارتفاعات میانی و پست کوهستان کاهش و در مناطق مرتفع افزایش می‌یابد که در نهایت بر دبی اوج جریان روزانه تأثیرگذار خواهد بود (Razzaghian *et al.*, 2017). بر اساس نتایج تحقیقات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC^۱)، پدیده تغییر اقلیم در کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک قاره آسیا از جمله ایران اثرات منفی را بر روی منابع آب به همراه خواهد داشت (Ansari Mahabadi *et al.*, 2018).

مطالعات انجام گرفته در ایران نیز بیانگر روند کاهشی بارش، روند افزایشی دما و کاهش منابع آبی تحت اثر تغییر اقلیم بوده‌اند (Sharafati *et al.*, 2020; Zarrin *et al.*, 2021; Fallah-Ghalhari *et al.*, 2019; Ansari *et al.*, 2022). هم‌چنین نتایج تحقیقات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که دمای زمین در طی ۱۰۰ سال گذشته نزدیک به ۰/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود که این افزایش تا سال ۲۱۰۰ به ۳ درجه سانتی‌گراد نیز برسد (Zareian *et al.*, 2022)؛ بنابراین در صورتی که فعالیت‌های مناسبی در جهت کاهش اثرات تغییر اقلیم و سازگاری با آن صورت نگیرد این پدیده می‌تواند بخش عمده‌ای از جهان را تحت تأثیر قرار دهد. مشخص است که در صورت اعمال مدیریت‌های نادرست و بهره بردن از راهکارهای نامناسب، علاوه بر هدررفت منابع موجود و

تشدید اثرات مخرب خشک‌سالی زمینه برای بروز خشک‌سالی‌های بعدی فراهم می‌شود. با توجه به وابستگی اثرات تغییر اقلیم به نتایج مدل‌های اقلیمی، دستیابی به تصویرسازی معتبر در دوره آتی با استفاده از مدل‌های اقلیمی ارائه شده در گزارش جدید ششم ارزیابی به سبب دقت بیشتر امکان‌پذیر می‌شود. محدودیت‌ها و نقص‌های مدل‌های گزارش پنجم (CMIP5) از جمله درک ضعیف واداشت تابشی در مدل‌های اقلیمی همراه با خطاهای سیستماتیک، مشکل تعیین منافع و هزینه‌های هریک از عملیات کاهشی به‌طور جداگانه و عدم تمرکز روی علوم خاص در مدل‌سازی منجر به شکل‌گیری سری مدل‌های جفت شده درون مقیاسه‌ای CMIP6 در گزارش ششم شد. سناریوهای گزارش ششم به صورت ترکیبی از خط سیرهای اقتصادی-اجتماعی (SSP) (توسعه پایدار SSP1، توسعه بر اساس سیاست‌های میانی SSP2، رقابت منطقه‌ای SSP3، نابرابری SSP4 و توسعه سوخت‌های فسیلی SSP5) و خط سیرهای غلظت گازهای گلخانه‌ای (سطوح واداشت مختلف) تولید می‌شوند؛ به طوری که امکان تحلیل بازخورد میان تغییرات اقلیمی و عوامل اجتماعی-اقتصادی نظیر رشد جهانی جمعیت، توسعه اقتصادی و پیشرفت‌های فناوری را فراهم می‌آورند (Ansari Mahabadi *et al.*, 2018). برخلاف توانمندی بالای مدل‌های CMIP6 در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی، مدل‌سازی‌های انجام‌شده به دلایلی از جمله ساده‌سازی‌های صورت گرفته در شرایط اولیه و پارامترهای مدل‌ها، هم‌چنان با عدم قطعیت همراه هستند. روش‌های مختلفی برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو (GCM^۲) می‌باشد. با توجه به لحاظ شرایط فیزیکی جو و زمین و تمامی فرآیندهای مابین آن‌ها، کاربرد مدل‌های GCM روزبه‌روز در مطالعات اقلیمی در حال افزایش است؛ اما به دلیل اینکه مدل‌های GCM به لحاظ تفکیک مکانی و زمانی از گام‌های بزرگ استفاده می‌کنند داده‌های مستخرج از آن‌ها به صورت مستقیم قابلیت استفاده را ندارند؛ بنابراین استفاده از داده‌های GCM از انواع روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری مانند LARS-WG، SDSM (Naderi *et al.*, 2020) (Rakhimvoa *et al.*, 2020) CCT

که دما تحت سناریو RCP8.5 بین ۵/۵۷ تا ۵/۹۱ درجه سانتی‌گراد و تحت سناریو RCP4.5 بین ۱/۴ تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت (Mohammed and Hassan, 2022).

در کشور ایران نیز، Ostad-Ali-Askari و همکاران (2020)، جهت پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی دشت اصفهان-برخوار با استفاده از مدل LARS-WG به ریزمقیاس‌نمایی پنج مدل متفاوت GCM پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که مدل MIROCS دقت بیشتری نسبت به مدل‌های MIROC-ESM، MIROC-ESM-CHEM، MRI-CGCM3 و NorESM1-M دارد و نیز آنکه بارش در تمامی سناریوهای RCP4.5، RCP8.5 و RCP2.6 کاهش می‌یابد (Ostad-Ali-Askari et al., 2020).

Javaherian و همکاران (2021)، تغییرات دما و بارش در دوره ۲۰۲۰-۲۰۶۰ در حوضه سد لار را تحت سناریوهای RCP4.5، RCP8.5 و RCP2.6 بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که دما ۱/۰۱ تا ۱/۱۲ درجه سلسیوس و بارش ۲۱/۳۳ میلی‌متر افزایش پیدا خواهد کرد (Javaherian et al., 2021). در مطالعه دیگری که توسط Doulabian و همکاران (2021) در ایران صورت گرفته، اثرات تغییر اقلیم تحت سناریوهای RCP مدل‌های GCM مختلف بر روی پارامترهای اقلیمی بارش و دما در دوره آینده بررسی شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که بارش عموماً کاهش یافته اما در یزد مقدار بارش افزایش چشم‌گیری داشته است. همچنین در این مطالعه، به استفاده از مدل‌های GCM ترکیبی تاکید شده است (Doulabian et al., 2021).

همانطور که مشخص است، تحقیقات و مطالعات بسیاری با استفاده از مدل‌های GCM به‌منظور پیش‌بینی و بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی در آینده صورت پذیرفته، اما در این تحقیق از گزارش ششم تغییر اقلیم به‌منظور بررسی تغییرات دما در دوره آتی استفاده شده است. به‌طور دقیق، هدف از انجام این پژوهش مقایسه عملکرد مدل‌های تاریخی NCEP^۱ و ECMWF^۲ در ریزمقیاس‌نمایی پارامتر دما شهرستان بیرجند و بررسی تغییرات این پارامتر تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از مدل برتر و سناریو SSP245 مدل CanESM5 می‌باشد.

(al., 2018) و همچنین روش‌های مبتنی بر روابط خطی/غیرخطی بین متغیرها مثل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در پیش‌بینی عناصر و متغیرهای اقلیمی در دوره های زمانی آتی استفاده می‌شود (Ansari et al., 2015; Golkar Hamzee yazd et al., 2019). تحقیقات بسیاری در ارتباط با اثر پدیده تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی در نقاط مختلف جهان و ایران صورت گرفته که برخی از آن‌ها بیانگر اهمیت و ضرورت مطالعه پیوسته این پدیده را نشان می‌دهد. در همین راستا Rakhimova و همکاران در پژوهشی با استفاده از ۶ مدل GCM، اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای اقلیمی و رواناب آبی در حوضه رودخانه Buqirma در قزاقستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که در دوره آتی ۲۰۱۰، ۲۰۷۱، ۲۰۶۵، ۲۰۳۶ میانگین تبخیر-تعرق، دما و بارش افزایش یافته و نیز رواناب رفتار متفاوت و ناگهانی را به نسبت افزایش بارش پیش‌بینی شده از خود نشان خواهد داد (Rakhimova et al., 2020).

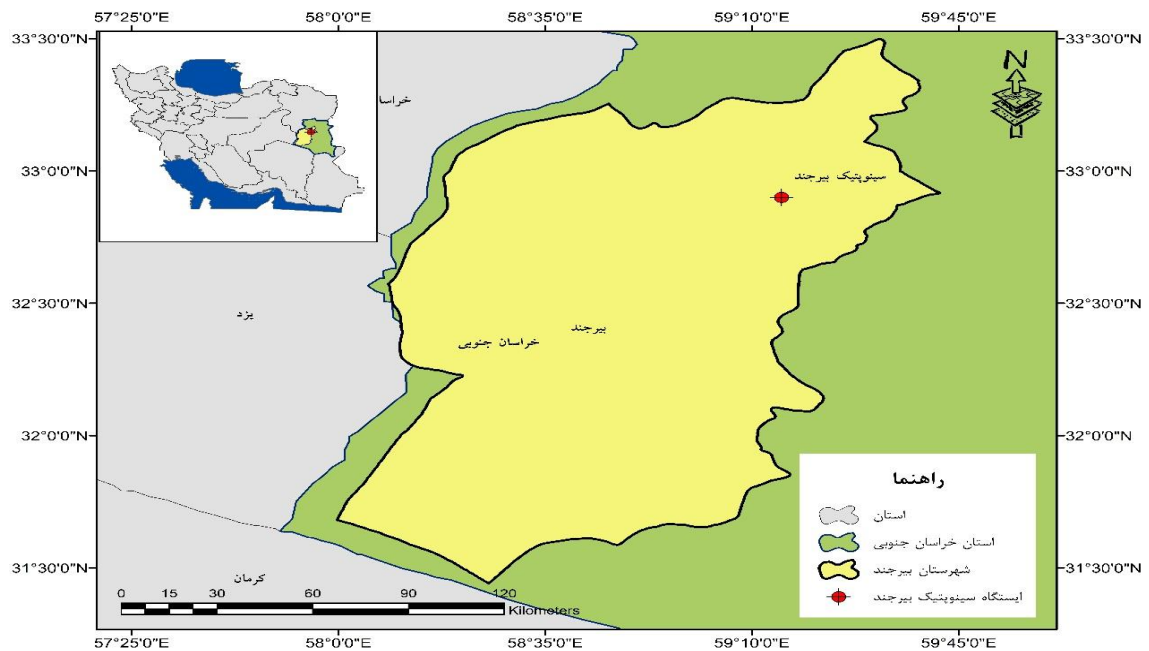
Chim و همکاران در تحقیقی دیگر با بررسی اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش تحت سناریوهای RCP4.5، RCP8.5، RCP2.6 پیش‌بینی نمودند که تغییرات دما و بارش در کامبوج منجر به خشکسالی در آینده خواهد گشت (Chim et al., 2021). Kavwenje و همکاران (2022)، در پژوهشی به پیش‌بینی تغییرات دمای کمینه، بیشینه و بارش در حوضه رودخانه Shire واقع در کشور مالاویر در قاره آفریقا در دوره ۲۰۷۰، ۲۰۷۱، ۲۰۴۰ پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات بارش نسبت به دما در این منطقه بیشتر خواهد بود (Kavwenje et al., 2022). Reboita و همکاران (2022)، در آمریکای جنوبی از مطالعه پیش‌بینی روند تغییرات بارندگی با استفاده از مدل‌های GCM و ریزمقیاس‌نمایی با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) در دوره ۲۰۲۱-۲۰۵۰ نتیجه گرفتند که در اثر تغییر اقلیم روند بارندگی زمستانه تا ۳ برابر افزایشی و تابستانه تا ۳۰ درصد کاهش خواهد شد (Reboita et al., 2022). Mohammed and Hassan (2022)، در تحقیقی، تاثیر تغییر اقلیم بر دما را در کشور عراق با استفاده از مدل‌های GCM در دهه‌های ۲۰۴۰-۲۰۲۱، ۲۰۷۰-۲۰۵۱ و ۲۰۸۱-۲۱۰۰ بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان بیرجند دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک و متوسط دمای سالانه ۱۶ درجه‌ی سانتی‌گراد با متوسط بارش سالانه ۱۷۱ میلی‌متر است (Yaghoobzadeh *et al.*, 2022). در این پژوهش به‌منظور مقایسه عملکرد دو مدل گردش عمومی NCEP و ECMWF در ریزمقیاس‌سازی

پارامتر دما، از اطلاعات دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک بیرجند در بازه زمانی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۱ به عنوان دوره پایه استفاده شد. این ایستگاه در موقعیت عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ درجه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۷ درجه‌ی شرقی قرار دارد. شکل ۱ نقشه موقعیت ایستگاه مورد مطالعه و جدول ۱ مشخصات ایستگاه سینوپتیک شهرستان بیرجند را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1 - Location of the study area

جدول ۱- مشخصات ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بیرجند

Table 1 - Characteristics of the Birjand synoptic station

ارتفاع (متر)	X (utm)	Y (utm)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ایستگاه سینوپتیک بیرجند
1463	705844	3638651	59-12-00	32-52-00	

متغیر پیش‌بینی شونده (مانند بارش و دما) را با استفاده از روش‌های رگرسیونی ترکیبی و یک روش مولد هواشناسی تصادفی (WG^2) کوچک مقیاس نموده و در مرحله بعد با استفاده از مولد هواشناسی تصادفی، متغیر پیش‌بینی شونده، در ایستگاه مجدداً تولید می‌گردد. در این روش، ریزمقیاس‌سازی آماری، متغیرهای اقلیمی روزانه طی مراحل زیر صورت می‌پذیرد:

۱- کنترل کیفیت و تغییر شکل داده‌ها

مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری (SDSM)

مدل کوچک مقیاس‌سازی SDSM از اولین ابزارهای کمکی برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم محلی می‌باشد که توسط Wilby و همکاران در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسعه یافت (Wilby *et al.*, 2002). این مدل ترکیبی (هیبریدی) از مدل‌های رگرسیون خطی چندمتغیره و پیش‌بینی‌کننده را در گام‌های واسنجی و پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌دهد. این روش ابتدا

منابع انرژی، مصرف انرژی را کاهش دهند و برای محافظت از محیط زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تلاش کنند. در این سناریو، سطح انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد و دمای جهانی نیز در حدود ۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای قبل از انقلاب صنعتی خواهد بود.

معیارهای ارزیابی مورد استفاده در پژوهش

در این پژوهش، به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های گردش عمومی NCEP و ECMWF از معیارهای NS^1 ، $RMSE^2$ ، KG^3 و BR^2 استفاده شد. روابط این معیارها به ترتیب در رابطه‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده است.

معیار NS : ضریب نش-ساتکلیف (NS) یکی از رایج‌ترین شاخص‌هایی است که برای ارزیابی کارایی مدل‌های شبیه‌ساز استفاده می‌شود. این شاخص حالتی استاندارد از تابع حداقل مربعات خطاست که نسبت واریانس باقی‌مانده به واریانس مقادیر مشاهداتی را نشان می‌دهد. رابطه (۱) نحوه محاسبه این معیار را نشان می‌دهد (Nash & Sutcliffe, 1970).

$$NS = 1 - \frac{\sum(Q_s - Q_o)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad (1)$$

که در آن Q_s پارامتر شبیه‌سازی شده، Q_o مقدار مشاهداتی و \bar{Q}_o میانگین مقادیر مشاهداتی است. مقدار ایده‌آل این معیار برابر یک است که نشان‌دهنده برابر بودن مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده می‌باشد. معیار $RMSE$: مقدار ایده‌آل این معیار برابر صفر می‌باشد و بیانگر این است که مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده هیچ اختلافی ندارند. رابطه (۲) نحوه محاسبه این معیار را نشان می‌دهد که در آن Q_o مقدار مشاهداتی و Q_s پارامتر شبیه‌سازی شده است (Chai and Draxler, 2014).

۲- انتخاب بهترین متغیرهای پیش‌بینی کننده

۳- واسنجی مدل

۴- تولید داده‌های هواشناسی (با استفاده از پیش‌بینی کننده مشاهده‌ای)

۵- بررسی کیفی مدل‌سازی با استفاده از شاخص‌های آماری

۶- تولید سناریوی اقلیمی (با استفاده از پیش‌بینی کننده‌های اقلیمی مدل) (Amirabadizadeh et al., 2019)

مدل‌های گردش عمومی NCEP و ECMWF

مدل گردش عمومی NCEP یک مدل پیش‌بینی جوی است که توسط مرکز ملی پیش‌بینی محیط زیست در ایالات متحده آمریکا و مدل ECMWF توسعه داده شده است. این مدل‌ها که مبتنی بر روش‌های عددی هستند، از معادلات فیزیکی جو و داده‌های جوی و دریایی برای پیش‌بینی‌های هواشناسی، تغییرات آب و هوا و شرایط اقلیمی استفاده می‌کنند.

سناریوی انتشار

مدل CanESM5 یکی از مدل‌های پیش‌بینی جوی مطرح در جهان است و توسط سازمان هواشناسی کانادا توسعه داده شده است (Jeong et al., 2022). این مدل برای پیش‌بینی هواشناسی و شرایط اقلیمی در مناطق شمالی جهان، به ویژه مناطق قطبی، استفاده می‌شود. CanESM5 از دقت بالایی برخوردار است و به عنوان یکی از بهترین مدل‌های پیش‌بینی جو در مناطق قطبی شناخته شده است. همچنین، این مدل قابلیت پیش‌بینی تغییرات آب و هوایی در طولانی مدت را نیز داراست. SSP 245 یکی از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده است که توسط پنل بین‌المللی تغییرات اقلیمی (IPCC) ارائه شده است. در این سناریو، فرض شده است که جوامع جهانی تلاش می‌کنند تا با استفاده از فناوری‌های نوین و بهبود کارایی

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (Q_o - Q_s)^2} \quad (2)$$

نتایج

به منظور بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل گردش عمومی NCEP و ECMWF از داده‌های روزانه دمای متوسط، از روز اول ماه ژانویه سال ۱۹۹۰ تا پایان ماه سپتامبر سال ۲۰۲۱ ایستگاه سینوپتیک شهرستان بیرجند استفاده شد. به طوری که از داده‌های سال ۱۹۹۰ تا روز اول از ماه ژانویه سال ۲۰۰۸ به عنوان بخش واسنجی و از روز اول ماه ژانویه سال ۲۰۰۸ تا پایان ماه سپتامبر سال ۲۰۱۵ به عنوان بخش اعتبارسنجی در نظر گرفته شد. دو مدل NCEP و ECMWF دارای ۲۶ پارامتر بوده که به منظور انجام ریزمقیاس سازی ابتدا میزان همبستگی هر یک از پارامترها با پارامتر دمای مشاهداتی در محیط نرم افزار R و با استفاده از پکیج HydroGof کدنویسی و محاسبه و پارامترهایی که بیشترین همبستگی را با پارامتر دما داشتند، از میان ۲۶ پارامتر استخراج گردید. همچنین به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها از معیارهای NS، RMSE، KGE و BR^2 در بخش‌های واسنجی و اعتبارسنجی استفاده شد. همچنین به منظور بررسی نزدیکی مقدار واریانس و میانگین سری‌های زمانی تولید شده توسط دو مدل و سری‌های زمانی مشاهداتی در کل بازه شبیه‌سازی به ترتیب از آزمون‌های F و T استفاده و فرض صفر در این آزمون‌ها به ترتیب نزدیکی مقادیر واریانس و میانگین سری‌های زمانی تولید شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF به واریانس و میانگین سری‌های زمانی مشاهداتی در نظر گرفته شد. جدول ۲ پارامترهای مورد استفاده در هر مدل، جدول ۳ نتایج آزمون‌های F و T و جدول ۴ نتایج بخش واسنجی را نشان می‌دهد.

معیار KGE: معیار کلینگ^۱ و گوپتا^۲ (KGE) یکی از جدیدترین معیارهای ارزیابی می‌باشد که توسط Gupta و همکاران (2009) ارائه گردیده و درحقیقت تغییر یافته معیار نش-ساتکلیف می‌باشد. رابطه (۳) نحوه محاسبه این معیار را نشان می‌دهد:

$$KGE = 1 - \sqrt{(cc - 1)^2 + (\alpha - 1)^2 + (\beta - 1)^2} \quad (3)$$

که در آن cc ضریب همبستگی خطی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، α نسبت انحراف معیار داده‌های شبیه‌سازی شده بر انحراف معیار داده‌های مشاهداتی و β میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده به میانگین داده‌های مشاهداتی می‌باشد. همانطور که از رابطه مشخص است مقدار ایده‌آل این معیار برابر یک می‌باشد و هرچه از یک دورتر باشد بیانگر عملکرد پایین مدل می‌باشد (Gupta et al., 2009).

معیار BR^2 : برای محاسبه این معیار از ضریب رگرسیون خطی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده (B) و ضریب تبیین (R^2) استفاده می‌شود. در واقع در این معیار، B بیانگر اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و ضریب تبیین بیانگر پویایی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی است. مقدار ایده‌آل این معیار برابر یک می‌باشد (رابطه ۴) (Krause et al., 2005).

$$\begin{cases} \text{اگر } B \leq 1 \rightarrow BR^2 = |B| \times R^2 \\ \text{اگر } B > 1 \rightarrow BR^2 = \frac{R^2}{|B|} \end{cases} \quad (4)$$

که در این رابطه B ضریب رگرسیون خطی و R^2 ضریب تبیین بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده است. مقدار ایده‌آل آن یک می‌باشد و این حالت مربوط به زمانی است که در آن مقادیر شبیه‌سازی شده دقیقاً برابر مقادیر مشاهداتی محاسبه شده باشد.

جدول ۲- پارامترهای مورد استفاده در هر مدل

Table 2 - Parameters used in each model

واحد	متغیر بزرگ مقیاس	ردیف
Pa	میانگین فشار سطح دریا (mslp)	1
M	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح hpa500 (P500)	2
Pa	نیروی هوا در ارتفاع hpa500 (P5_4)	3
m/s	مولفه سرعت مداری در ارتفاع hpa500 (P5_u)	4
s ⁻¹	تاوایی در ارتفاع hpa500 (P5_z)	5
M	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح hpa850 (P850)	6
m/s	مولفه سرعت مداری در ارتفاع hpa850 (P8_u)	7

با توجه به جدول ۲ از میان ۲۶ پارامتر هر یک از مدل های NCEP و ECMWF، پارامترهای mslp، P500، P5-f، P5-u، P850 و P8-u بطور مشترک برای هر دو مدل انتخاب و عملیات واسنجی و اعتبارسنجی با استفاده از این پارامترها انجام گرفت.

جدول ۳- نتایج آزمون های T و F

Table 3- The results of F and T tests

	آزمون - F	آزمون - T
	P-value	P-value
ECMS	۰/۵	۰/۵
NCEP	۰/۱۵	۰/۴۴

میانگین سری‌های زمانی تولید شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF نزدیک به مقادیر واریانس و میانگین سری زمانی مشاهداتی در کل دوره شبیه سازی می‌باشد.

با توجه به جدول ۳ و مقادیر P_value محاسبه شده می‌توان گفت، از آنجایی که مقادیر P_value در هر دو آزمون از مقدار ۰/۰۵ بیشتر می‌باشد، فرض صفر در هر دو آزمون رد نمی‌شود و بنابراین مقادیر واریانس و

جدول ۴- نتایج واسنجی دو مدل NCEP و ECMWF در شبیه‌سازی پارامتر دمای متوسط در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸

Table 4- The results of the calibration of the two NCEP and ECMWF models in the simulation of the average temperature parameter in the period from 1990 to 2008

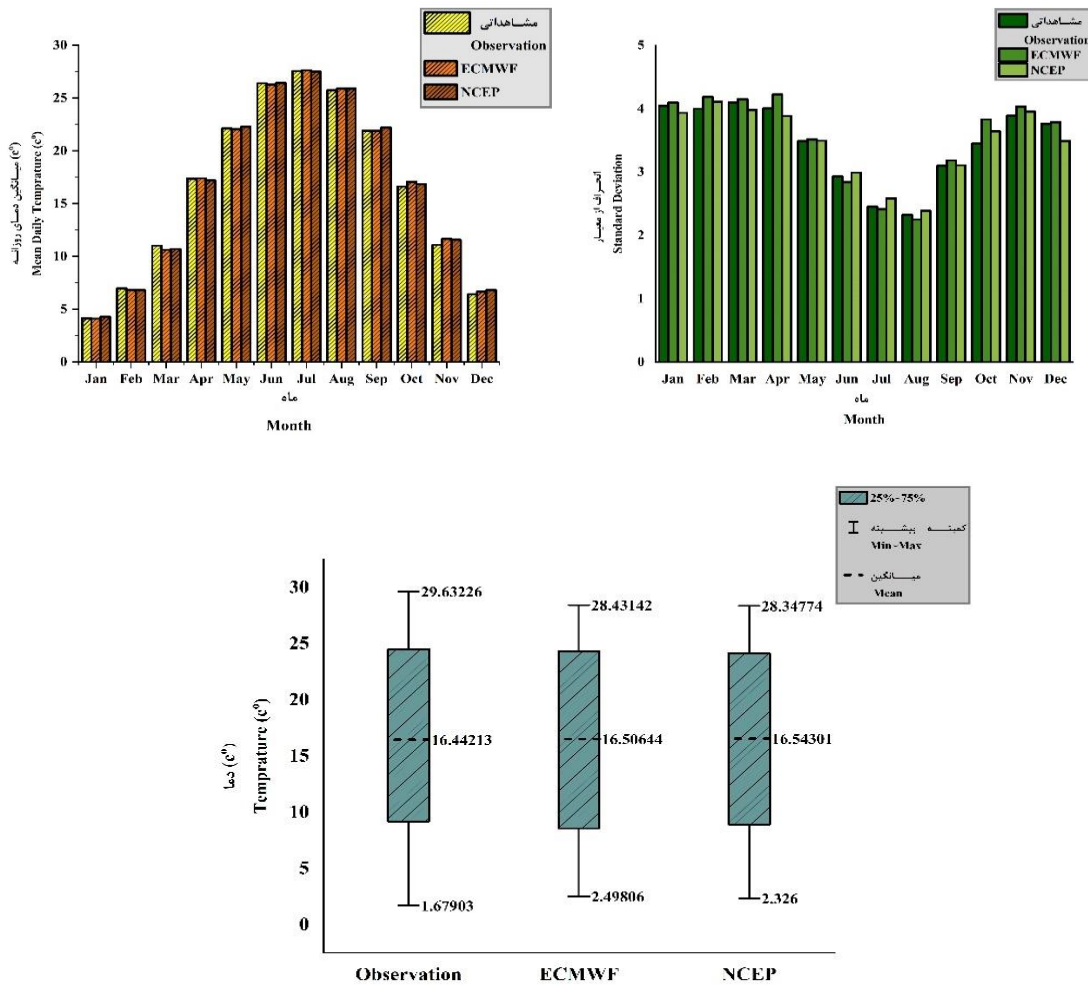
	RMSE	BR ²	NS	KGE
ECMWF	4.86	0.7	0.69	0.85
NCEP	4.79	0.7	0.7	0.85

نتایج بخش واسنجی نشان می‌دهد (جدول ۴) که دو مدل NCEP و ECMWF عملکرد مشابهی از خود نشان داده‌اند، چراکه مقادیر معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR² در مدل ECMWF به ترتیب ۰/۶۹، ۴/۸۶، ۰/۸۵، ۰/۷ و در مدل NCEP به ترتیب ۰/۷، ۴/۷۹، ۰/۸۵ و ۰/۷ محاسبه شده است.

از آنجایی که نمودار جعبه‌ای، مقدار میانگین و انحراف معیار در تصمیم‌گیری درخصوص میزان نزدیکی و

سری‌های زمانی تولید شده و سری‌زمانی مشاهداتی استفاده شد. شکل ۲ نمودارهای ذکرشده در بخش واسنجی و شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده پارامتر دما توسط مدل ECMWF و NCEP در بخش واسنجی را نشان می‌دهد.

شباهت دو سری زمانی قابلیت بالایی دارند، به‌منظور بررسی شباهت و نزدیکی سری‌های زمانی تولید شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF با مقادیر مشاهداتی در دوره واسنجی و اعتبارسنجی از مقایسه نمودارهای جعبه‌ای، مقادیر میانگین و انحراف از معیار



شکل ۲- نمودار جعبه‌ای و نمودارهای تغییرات میانگین و انحراف از معیار سری‌های زمانی تولید شده و مشاهداتی در دوره واسنجی (1990-2008)

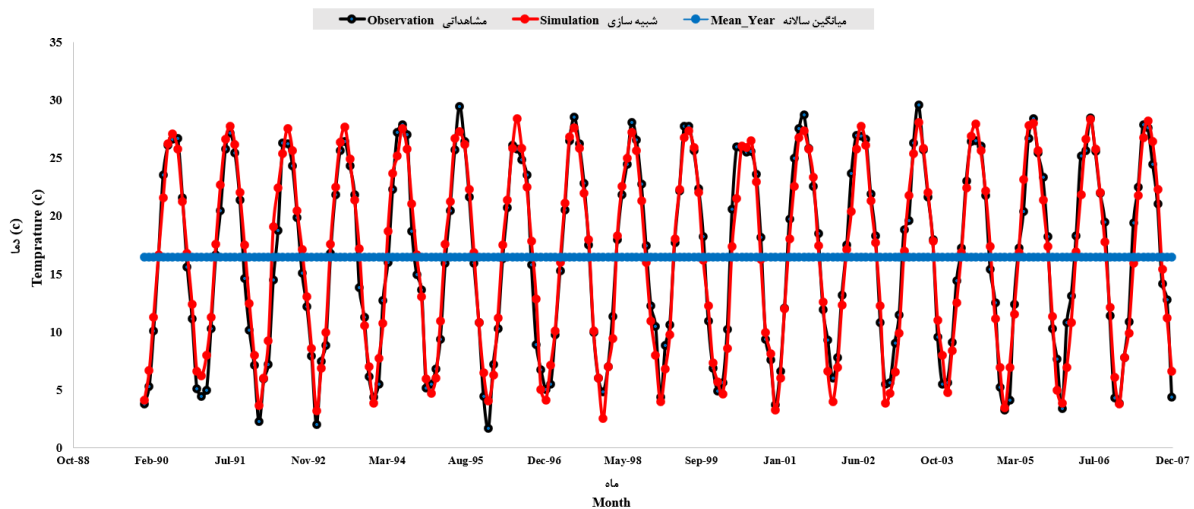
Figure 2- Box diagram and graphs of average changes and standard deviation of produced and observed time series in the calibration period (1990 to 2008)

مارس، آپریل، ژولای، اکتبر و نوامبر از مدل ECMWF عملکرد بهتر و در سایر ماه‌های سال مدل ECMWF مقادیر دقیق‌تری را نسبت به مدل NCEP برآورد کرده است. لازم به ذکر است که هر دو مدل در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر دارای بیش تخمینی و در ماه‌های فوریه

با توجه به شکل ۲ و نمودار مقدار میانگین دمای روزانه در هر ماه از سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ و مقایسه مقدار میانگین سری‌زمانی تولیدشده توسط دو مدل NCEP و ECMWF نسبت به مقدار میانگین سری‌زمانی مشاهداتی می‌توان گفت که مدل NCEP در ماه‌های

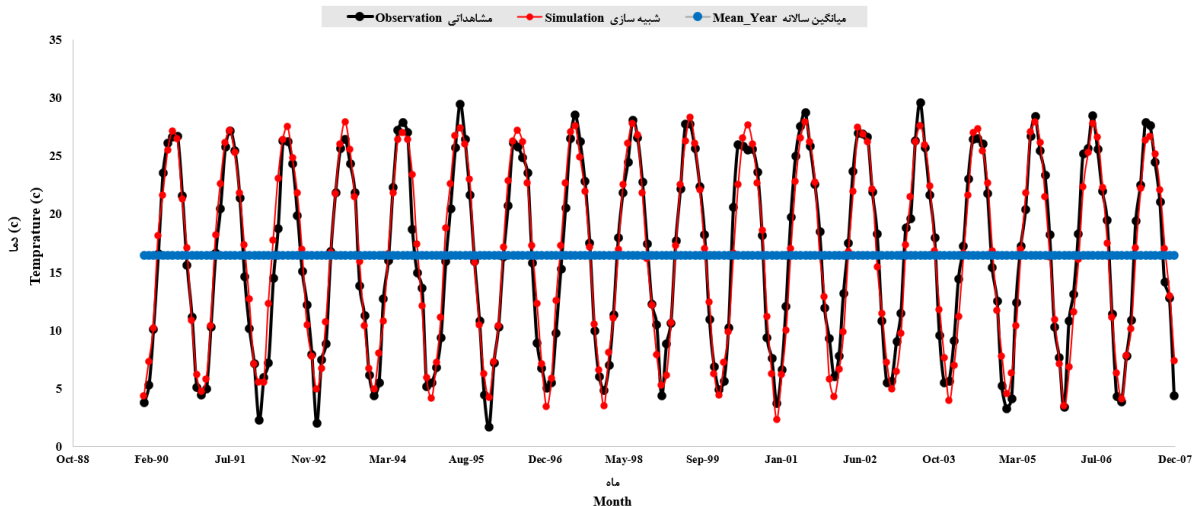
ECMWF به مقادیر مشاهداتی دارد و در سایر ماه‌ها این مدل ECMWF است که سری زمانی دقیق‌تری را تولید کرده است. از طرفی با بررسی نمودار جعبه‌ای مقادیر مدل شده و مقادیر مشاهداتی می‌توان گفت که سری زمانی تولید شده توسط هر دو مدل از نظر مقدار کمینه، بیشینه، میانگین و پراکندگی شباهت و نزدیکی زیادی با سری زمانی مشاهداتی دارد.

و مارس دارای کم تخمینی بوده‌اند. همچنین با توجه به نمودار انحراف از معیار مقادیر دمای محاسبه شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF نسبت به انحراف از معیار مقادیر دمای مشاهداتی می‌توان گفت، تغییرات سری زمانی تولید شده توسط مدل NCEP در ماه‌های فوریه، آوریل، می، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شباهت بیشتری نسبت به سری زمانی تولید شده توسط مدل



شکل ۳- نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده پارامتر دما در بخش واسنجی توسط مدل ECMWF

Figure 3- The graph of the simulated values of the temperature parameter in the calibration section by the ECMWF model



شکل ۴- نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده پارامتر دما در بخش واسنجی توسط مدل NCEP

Figure 4- Diagram of the simulated values of the temperature parameter in the calibration section by the NCEP model

نتایج بخش اعتبارسنجی دو مدل ECMWF و NCEP در شبیه‌سازی پارامتر دمای متوسط در بازه زمانی سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد.

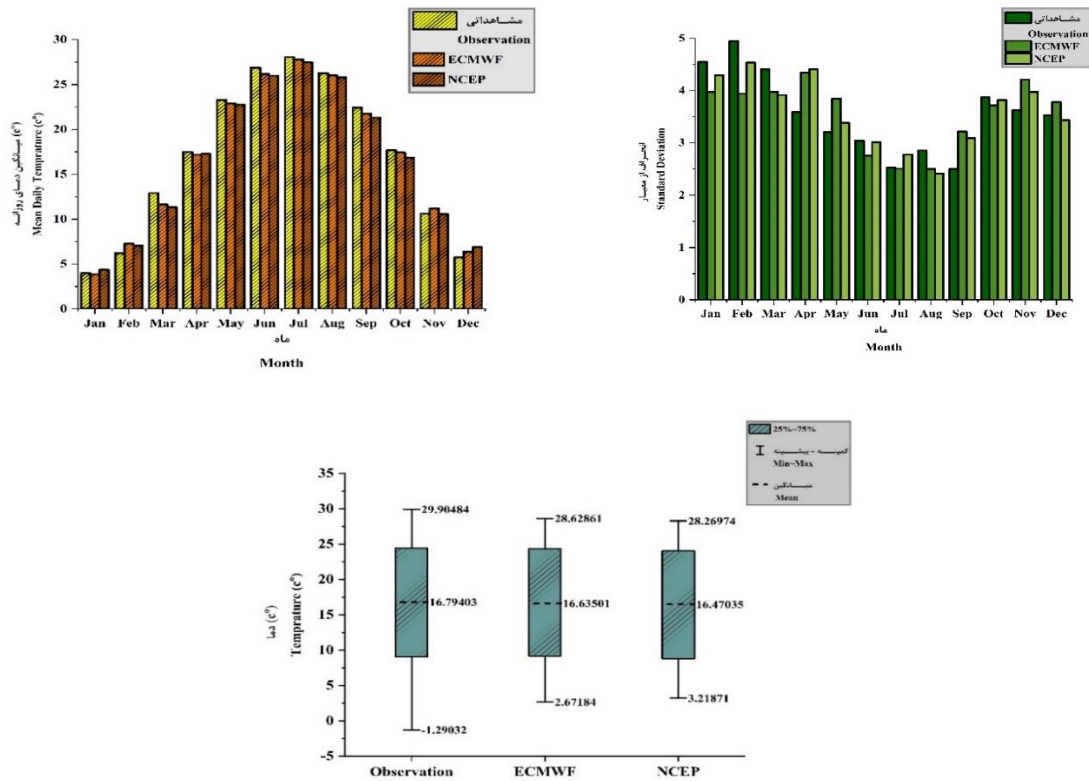
به منظور انتخاب مدل برتر، عملکرد دو مدل در بخش اعتبارسنجی با استفاده از معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR^2 مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۵

جدول ۵- نتایج اعتبارسنجی مدل های NCEP و ECMWF در ریزمقیاس سازی پارامتر دمای متوسط در سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵
 Table 5- The results of the validation of NCEP and ECMWF models in the microscaling of the average temperature parameter in the period of 2008 to 2015

	RMSE	BR ²	NS	KGE
ECMWF	4.9	0.73	0.69	0.85
NCEP	5.03	0.7	0.67	0.83

نمودار جعبه ای سری های زمانی تولید شده به منظور بررسی شباهت و نزدیکی به سری زمانی مشاهداتی در بخش اعتبارسنجی در شکل ۵ و نمودار مقادیر ریزمقیاس سازی شده پارامتر دما در بخش های اعتبارسنجی توسط مدل ECMWF و NCEP در شکل های ۶ و ۷ نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۵، مشخص می شود که مدل ECMWF عملکرد بهتری نسبت به مدل NCEP در بخش اعتبارسنجی داشته است، چراکه مقادیر معیارهای ارزیابی NS، RMSE، KGE و BR² در مدل ECMWF به ترتیب ۰/۶۹، ۴/۹، ۰/۸۵، ۰/۷۳ و در مدل NCEP به ترتیب ۰/۶۷، ۵/۳، ۰/۸۳ و ۰/۷ محاسبه شده است. همچنین نمودارهای مقدار میانگین و انحراف از معیار و



شکل ۵- نمودار جعبه ای و نمودارهای تغییرات میانگین و انحراف از معیار سری های زمانی تولید شده و مشاهداتی در دوره اعتبارسنجی (۲۰۰۸-۲۰۱۵)

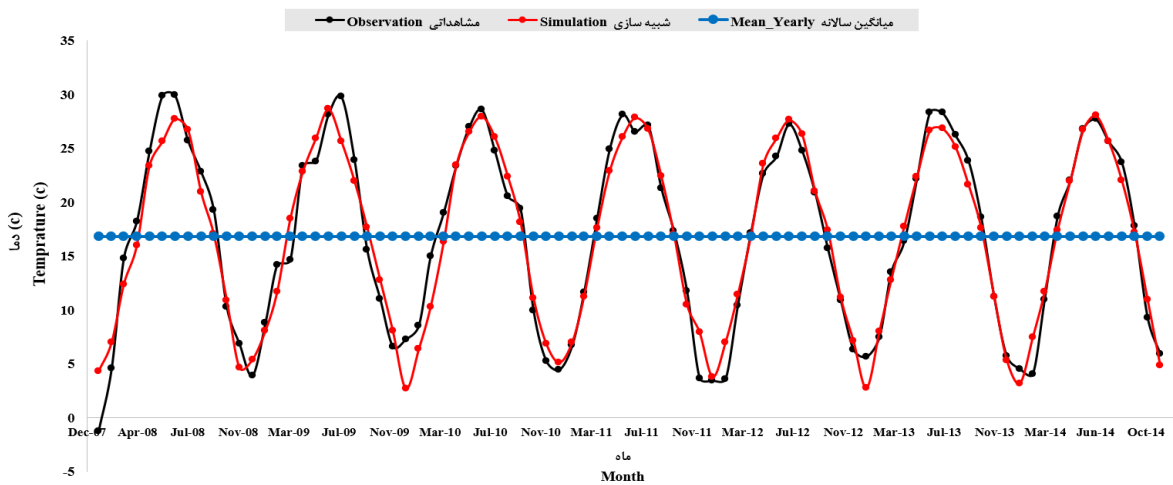
Figure 5- Box diagram and graphs of average changes and standard deviation of produced and observed time series in the validation period (2008-2015)

مشاهداتی می توان گفت که مدل NCEP در ماه های فوریه، آپریل و نوامبر از مدل ECMWF عملکرد بهتر و در سایر ماه های سال مدل ECMWF مقادیر دقیق تری را نسبت به مدل NCEP برآورد کرده است. لازم

با توجه به شکل ۵ و نمودار مقدار میانگین دمای روزانه در هر ماه از سال های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ و از مقایسه مقدار میانگین سری زمانی تولید شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF نسبت به مقدار میانگین سری زمانی

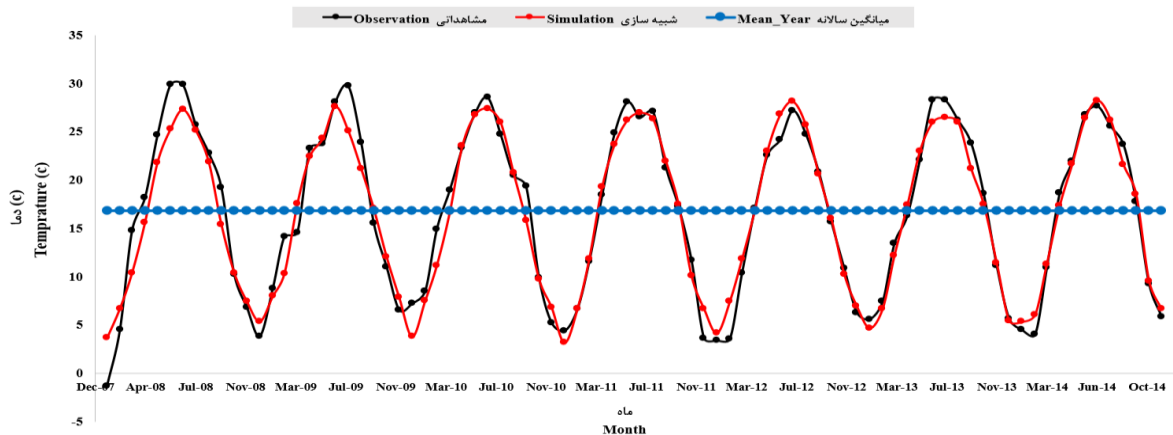
زمانی تولید شده توسط مدل NCEP به مقادیر مشاهداتی دارد و در سایر ماه‌ها این مدل NCEP است که سری زمانی دقیق‌تری را تولید کرده است. از طرفی با بررسی نمودار جعبه‌ای مقادیر مدل‌شده و مقادیر مشاهداتی می‌توان گفت که علی‌رغم نزدیکی مقادیر کمینه و بیشینه میانگین داده‌های مدل‌شده و داده‌های مشاهداتی، این مدل ECMWF است که از نظر میزان پراکندگی و مقدار میانگین سری زمانی تولیدی، عملکرد بهتری نسبت به مدل NCEP داشته است.

به ذکر است که هر دو مدل در ماه‌های فوریه، نوامبر و دسامبر دارای بیش تخمینی و در ماه‌های مارس، آوریل، می، ژوئن، ژولای، آگست، سپتامبر و اکتبر دارای کم تخمینی بوده‌اند. همچنین با توجه به نمودار انحراف از معیار مقادیر دمای محاسبه شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF نسبت به انحراف از معیار مقادیر دمای مشاهداتی می‌توان گفت، تغییرات سری زمانی تولیدشده توسط مدل ECMWF در ماه‌های مارس، آوریل، ژولای و آگست شباهت بیشتری نسبت به سری



شکل ۶- نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده پارامتر دما در بخش اعتبارسنجی توسط مدل ECMWF

Figure 6- Diagram of the simulated values of the temperature parameter in the validation section by the ECMWF model

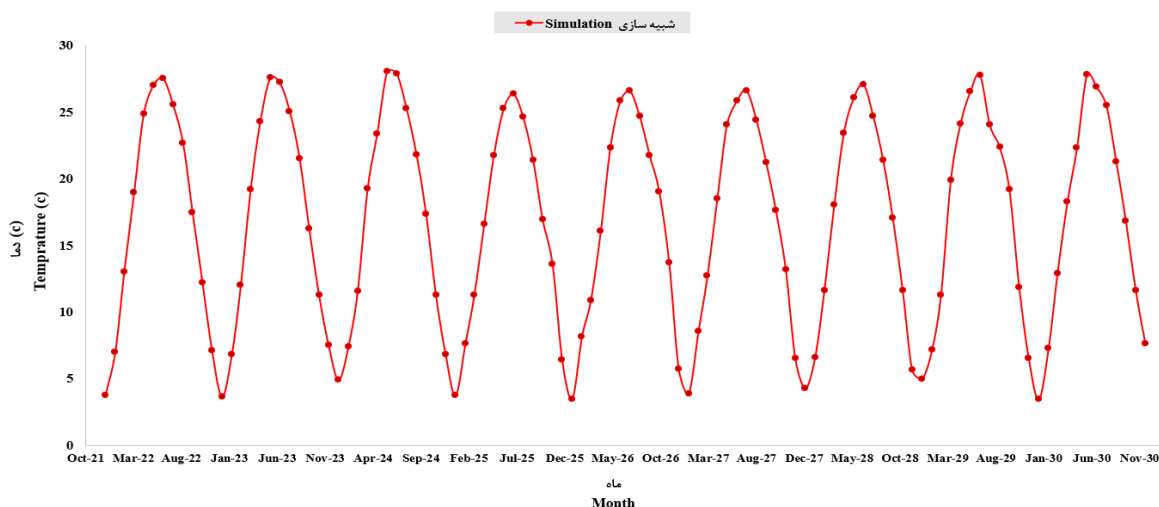


شکل ۷- نمودار مقادیر شبیه‌سازی شده پارامتر دما در بخش اعتبارسنجی توسط مدل NCEP

بنابراین با توجه به جدول ۵ و با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته بر روی سری‌های زمانی تولید شده توسط دو مدل NCEP و ECMWF در بخش اعتبارسنجی می‌توان گفت مدل ECMWF در این بخش عملکرد

بهتری داشته و در مجموع به‌عنوان مدل برتر انتخاب می‌گردد. در نتیجه به‌منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی مقدار دمای متوسط از پارامترهای P5-f, P500, mslp, P5-u, P850, P8-u و P5-u مدل ECMWF استفاده گردید.

شکل ۸ مقادیر دمای شبیه سازی شده از سال ۲۰۲۲ تا سال ۲۰۳۰ را نشان می دهد.



شکل ۸ - مقادیر دمای ریزمقیاس سازی شده از سال ۲۰۲۲ تا سال ۲۰۳۰

Figure 8 - Downscaled temperature values from 2022 to 2030

NCEP در برآورد مقدار دمای متوسط شهرستان بیرجند نسبتاً عملکرد بهتری دارد چراکه مقادیر معیارهای ارزیابی BR^2 ، KGE ، $RMSE$ ، NS به ترتیب $0/185$ ، $4/86$ ، $0/69$ در مدل ECMWF به ترتیب $0/185$ ، $4/86$ ، $0/69$ و در مدل NCEP به ترتیب $0/17$ ، $4/79$ ، $0/7$ و در بخش اعتبارسنجی برای مدل ECMWF به ترتیب $0/185$ ، $4/9$ ، $0/69$ و در مدل NCEP به ترتیب $0/183$ ، $5/3$ ، $0/67$ محاسبه شدند. همچنین بررسی نمودارهای جعبه‌ای، مقدار میانگین و انحراف از معیار سری های زمانی تولید شده توسط دو مدل در بخش واسنجی و اعتبارسنجی نشان داد که هر دو مدل از نظر میزان پراکندگی، مقدار کمینه و بیشینه و میانگین داده‌های تولیدی مقادیر مشابهی نسبت به سری زمانی مشاهداتی تولید کرده‌اند و از نظر مقدار میانگین و واریانس داده‌های تولید شده در هر ماه در بازه واسنجی و اعتبارسنجی، مدل ECMWF عملکرد نسبتاً بهتری را از خود ارائه داد؛ بنابراین مدل ECMWF به عنوان مدل برتر انتخاب و شبیه‌سازی دمای متوسط شهرستان بیرجند در بازه سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ با استفاده از این مدل و تحت سناریو

با توجه به شکل ۸، پیش‌بینی می‌شود میزان متوسط دما در بازه ۸ سال آینده، افزایش حدوداً ۳ درجه‌ای نسبت به متوسط دوره پایه آماری داشته باشد.

بحث

این پژوهش به منظور بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل گردش عمومی NCEP و ECMWF در ریزمقیاس سازی پارامتر دمای متوسط شهرستان بیرجند تحت گزارش ششم تغییر اقلیم و برآورد دمای متوسط این شهرستان در بازه سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۳۰ با مدل گردش عمومی برتر انجام گرفت. در این پژوهش به منظور ریزمقیاس سازی پارامتر دمای متوسط، از اطلاعات دمای ایستگاه سینوپتیک بیرجند در بازه سال‌های ۱۹۹۰ تا پایان سال ۲۰۲۱ در مقیاس روزانه استفاده شد. به طوری که سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ برای بخش واسنجی و سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ برای بخش اعتبارسنجی در نظر گرفته و به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها از معیارهای NS ، $RMSE$ ، KGE و BR^2 در بخش های واسنجی و اعتبارسنجی استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل ECMWF نسبت به مدل

دماهای بیشینه و کمینه نیز افزایش خواهند یافت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که در برآورد دمای متوسط شهرستان بیرجند، مدل ECMWF نسبت به مدل NCEP عملکرد بهتری از خود نشان در بخش‌های واسنجی و صحت‌سنجی نشان داد. همچنین بررسی نمودارهای جعبه‌ای، مقدار میانگین و انحراف از معیار سری زمانی‌های تولید شده توسط دو مدل ECMWF و NCEP در بخش‌های واسنجی و صحت‌سنجی نشان داد که هر دو مدل عملکرد مشابهی از خود نشان دادند اما از نظر مقدار میانگین و واریانس داده‌های تولید شده در هر ماه، مدل ECMWF عملکرد بهتری از خود نشان داده و بنابراین به عنوان مدل برتر انتخاب گردید؛ بنابراین براساس مطالب بیان شده در بخش بحث، درخصوص پیش‌بینی صورت گرفته با استفاده از سناریو SSP245 در رابطه با نحوه افزایش دما مشخص شد که شهرستان بیرجند در افق آینده نزدیک شاهد افزایش ۳ درجه‌ای خواهد بود. به‌منظور بررسی دقیق‌تر اثر تغییر اقلیم بر مقادیر داده‌های هواشناسی در شهرستان بیرجند، پیشنهاد می‌گردد نحوه تغییرات بارندگی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

References

Amirabadizadeh, M., Yaghoobzadeh, M., Hashemi, S. & khozaymehnezhad, H. (2019). Assessment linear and data-driven models in downscaling of precipitation and temperature in South khorasan Province. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, 2(1), 68-82. (in Persian)

Ansari Mahabadi, S., Massah Bavani, A. R. & Bagheri, A. (2018). Improving adaptive capacity of social-ecological system of Tashk-Bakhtegan Lake Basin to climate change effects – A methodology based on Post-Modern Portfolio Theory. *Ecology & Hydrobiology*. 18(4), 365-

انتشاری SSP245 مدل CanEcm5 انجام شد. Javanmard Ghassab و همکاران (2017) نیز در پژوهشی با ارزیابی پیش‌بینی میان‌مدت بارش مدل‌های عددی جهانی پایگاه TIGGE در حوضه کارون بزرگ، نشان دادند که مدل ECMWF نسبت به مدل NCEP عملکرد بهتری دارد. آنها نشان دادند که مدل ECMWF در ارزیابی نقطه‌ای، منطقه‌ای نسبت به مدل NCEP عملکرد بهتری داشته‌است. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که مدل ECMWF در ارزیابی خطای جابجایی، حجم الگوی مکانی مدل‌های عددی جهانی، نسبت به مدل NCEP عملکرد بهتری داشته‌است. نتایج پیش‌بینی صورت گرفته در این تحقیق نشان داد که دمای متوسط شهرستان بیرجند افزایش حدوداً ۳ درجه‌ای نسبت به متوسط دوره پایه آماری دارد. در این خصوص نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش Amirabadizadeh و همکاران (2019) مطابقت دارد، چراکه در پژوهش مذکور که با استفاده از مدل SDSM در شهرستان بیرجند انجام شده است، به این نتیجه رسیدند که برای افق آینده نزدیک 2021-2049 در شهرستان بیرجند، ضمن کاهش میزان بارندگی سالانه،

378.

<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.11.002>

Ansari, S., Dehban, H., Zareian, M. & Farokhnia, A. (2022). Investigation of temperature and precipitation changes in the Iran's basins in the next 20 years based on the output of CMIP6 model. *Iranian Water Researches Journal*, 16(1), 11-24. <https://doi.org/10.22034/iwrj.2022.11204>. (in Persian)

Chim, K., Tunnicliffe, J., Shamseldin, A. & Chan, K. (2021). Identifying future climate change and drought detection using CanESM2 in the upper Siem Reap River, Cambodia. *Dynamics of Atmospheres and*

- Oceans*, 94–101182.
<https://doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2020.101182>
- Chai, T. & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific model development*, 7(3), 1247-1250.
<https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>, 2014
- Doulabian, S., Golian, S., Toosi, A. S. & Murphy, C. (2021). Evaluating the effects of climate change on precipitation and temperature for Iran using RCP scenarios. *Journal of Water and Climate Change*, 12(1), 166-184.
<https://doi.org/10.2166/wcc.2020.114>
- Fallah-Ghalhari, G., Shakeri F. & DadashiRoudbari, A. (2019). Impacts of climate changes on the maximum and minimum temperature in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 138(3-4), 1539-1562. <https://doi.org/10.1007/s00704-019-02906-9>
- Golkar Hamzee Yazd, HR., Salehnia, N., Kolsoumi, S. & Hoogenboom, G., (2019). Prediction of climate variables by comparing the k-nearest neighbor method and MIROC5 outputs in an arid environment, *Clim Res* 77, 99-114.
<https://doi.org/10.3354/cr01545>
- Gupta, H.V., Kling, H., Yilmaz, K.K. & Martinez, G.F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 377: 1. 80-91.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>
- IPBES. (2019).“Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.”In, edited by S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio, H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnar, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. R. Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas, 56. Bonn: IPBES Secretariat.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPCC (2012) Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, Mastrandrea MD, Mach KJ, Plattner G-K, Allen SK, Tignor M, Midgley PM (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.
- Javaherian, MR., Ebeahimi, H. & Amininezhad, B. (2021). Prediction of changes in climatic parameters using CanESM2 model based on Rcp scenarios (case study): Lar dam basin. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 445-454.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.012>
- Jeong, D. I., Yu, B. & Cannon, A. J. (2023). Climate change impacts on linkages between atmospheric blocking and North American winter cold spells in CanESM2 and CanESM5. *Climate Dynamics*, 60(1-2), 477-491. <https://doi.org/10.1007/s00382-022-06307-z>
- Kavwenje, S., Zhao, L., Chen, L. & Chaima, E. (2022). Projected temperature and precipitation changes using the LARS-WG statistical downscaling model in the Shire River Basin, Malawi. *International Journal of Climatology*, 42(1), 400-415.
<https://doi.org/10.1002/joc.7250>
- Kim, YH., Min, SK., Zhang, X., Zwiers, F., Alexander, LV., Donat, MG. & Tung YS (2016) Attribution of extreme temperature changes during 1951–2010. *Clim Dyn* 46(5–6), 1769–1782.
<https://doi.org/10.1007/s00382-015-2674-2>
- Krause, P., Boyle, D. P. & Base, F. (2005). Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment, *Adv. Geosci.* 5, 89-97.
<https://doi.org/10.5194/adgeo-5-89-2005>
- Mohammed, Z. M. & Hassan, W. H. (2022). Climate change and the projection of future temperature and precipitation in southern Iraq using a LARS-WG model. *Modeling Earth Systems and Environment*, 1-14.
<https://doi.org/10.1007/s40808-022-01358-x>
- Naderi, S., Goodarzi, M. & Ghadami Dehno, M., (2018). Effects of Climate Change on

- Climate Parameters in Seymare Basin, *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 11(39), 69-76. (in Persian)
- Nash JE. & Sutcliffe, JV. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *J Hydrol* 10(3), 282–290. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(70\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(70)90255-6)
- Ostad-Ali-Askari, K., Ghorbanizadeh Kharazi, H., Shayannejad, M. & Zareian, M. J. (2020). Effect of climate change on precipitation patterns in an arid region using GCM models: case study of Isfahan-Borkhar Plain. *Natural Hazards Review*, 21(2), 04020006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000367](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000367)
- Rakhimova, M., Liu, T., Bissenbayeva, S., Mukanov, Y., Gafforov, K. S., Bekpergenova, Z. & Gulakhmadov, A. (2020). Assessment of the impacts of climate change and human activities on runoff using climate elasticity method and general circulation model (GCM) in the Buqtyrma river Basin, Kazakhstan. *Sustainability*. 12(12):4968. <https://doi.org/10.3390/su12124968>
- Razzaghian, H., Shahedi, K. & Habib nejad roshan, M. (2017). Evaluation of the climate change effect on Babol-rood watershed runoff using IHACRES model. *Irrigation and Water Engineering*, 7(2), 159-172. (in Persian)
- Reboita, M. S., Kuki, C. A. C., Marrafon, V. H., de Souza, C. A., Ferreira, G. W. S., Teodoro, T. & Lima, J. W. M. (2022). South America climate change revealed through climate indices projected by GCMs and Eta-RCM ensembles. *Climate Dynamics*. 58(1), 459-485. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05918-2>
- Sharafati A. Nabaei S. & Shahid S. (2020). Spatial assessment of meteorological drought features over different climate regions in Iran. *International Journal of Climatology*. 40(3), 1864-1884. <https://doi.org/10.1002/joc.6307>
- Steffen, W., K. Richardson, J. Rockström, S. E. Cornell, I. Fetzer, E. M. Bennett, R. Biggs, S. R. Carpenter, W. De Vries. & C. A. De Wit. (2015). “Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet.” *Science* 347: 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Van Oldenborgh GJ, Mitchell-Larson E, Vecchi GA, De Vries H, Vautard R. & Otto, F. (2019) Cold waves are getting milder in the northern midlatitudes. *Environ Res Lett* 14(11), 114004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab4867>.
- Venter, O., E. W. Sanderson, A. Magrath, J. R. Allan, J. Beher, K. R. Jones, H. P. Possingham, W. F. Laurance, P. Wood. & B. M. Fekete. (2016). “Sixteen Years of Change in the Global ECOLOGICAL MONOGRAPHS35 of 37 Terrestrial Human Footprint and Implications for Biodiversity Conservation.” *Nature Communications* 7, 1–11. <https://doi.org/10.1038/ncomms12558>
- Wilby, R. L. Dawson, C. W. and Barrow, E. M. (2002). “SDSM—a Decision Support tool for the assessment of regional Climate change impacts”, *J. Environmental Modeling and Software*, 17. 147-159. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(01\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(01)00060-3)
- Yaghoobzadeh, M., Khashei, A., Ramazeni, Y. & Hosseini, S. A. (2022). The selection of the best from climate change model in the estimation of climatology variables for east region of the country by use fifth report data. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 10(37), 68-78. <https://sid.ir/paper/381961/en> (in Persian).
- Zareian, M. (2022). Effects of Climate Change on Temperature and Precipitation in Yazd Province Based on Combined Output of CMIP6 Models, *Journal of Hydrology and Soil Science*, 26(2), 91-105. <http://jstnar.iut.ac.ir/article-1-4156-en.html> (in Persian)
- Zarrin, A., dadashi-rodbari, A. & Salehabadi, N. (2021). Projected temperature anomalies and trends in different climate zones in Iran based on CMIP6. *Iranian Journal of Geophysics*, 15(1), 35-54. [doi: 10.30499/ijg.2020.249997.1292](https://doi.org/10.30499/ijg.2020.249997.1292). (in Persian)

Application of systems thinking approach in the extreme events analysis (Case study: Karoun Basin)

Payam Amouzegari¹, Arash Malekian^{1*}, Khaled Ahmadaali¹, Mehdi Ghorbani¹, Seyed Hamzeh Safavi Homami²

1- Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Department of Regional Studies, Faculty of Law and Political Science, University of Tehran, Tehran, Iran

*Corresponding Author: Malekian@ut.ac.ir

(Received: 26 December 2023

Revised: 18 January 2024

Accepted: 23 January 2024)

Extended Abstract

Introduction: The growing global population and increasing demands have significantly intensified the pressure on natural resources and created inherent instability in watershed ecosystems and the complex ecological processes essential for habitat preservation, biodiversity conservation, erosion mitigation, soil formation, water retention, environmental stability, and cultural fulfillment have encountered disruptions. The inter-connected adaptability challenges within human-natural systems, intensified by climate change, bring more uncertainty that complicates the planning and management of ecosystem services in the watersheds. This uncertainty often results in flawed decision-making in water resources utilization and environmental management, contributing to instability and a shift toward critical thresholds in watersheds. This study adopts a systemic approach to analyze the Karoun Basin as a dynamic human-nature system, exploring five systemic analysis patterns and their impacts on water resource management paradigm.

Materials and methods: The research progresses through three crucial steps. Firstly, the current status of the Karoun Basin is outlined based on extensive literature studies, characterizing the water system as a complex, adaptive entity. Secondly, leveraging a diverse range of research literature, five recognized structures in dynamic system analysis are explored. These structures offer a detailed understanding of the interconnectedness of human-nature systems, providing insights into the impact of human behavior on water resources management in the Karoun Basin. In the final step, using a systemic thinking approach, the study explores the occurrence of extreme events. This approach enhances the understanding of how extreme events interact with human activities, influencing the sustainability of the Karoun Basin.

Results and Discussion: The outcomes highlight the inherent risk of a linear approach to water resource management in the Karoun Basin, which is because of the lack of systemic thinking. This approach disrupts various relationships within the water system, leading to instability and worsening extreme events such as floods, droughts, and water disputes. The systemic investigation reveals recurrent behaviors that align with recognized structures in dynamic systems analysis, referred to as ancient patterns. Understanding and addressing these patterns are crucial for achieving sustainability and ensuring the continuous provision of ecosystem services.

Conclusion: Depending solely on short-term solutions, without considering long-term consequences in water resource management worsens water scarcity issues and intensifies social conflicts within watershed units. Solutions for Karoun Basin can be categorized into mitigating (hard) and adaptive (soft) scenarios. Mitigating measures address immediate needs, including advanced water storage and distribution infrastructure, while adaptive solutions incorporating policy measures are crucial for aligning the managed system with fluctuating water availability levels. A comprehensive resolution requires the simultaneous implementation of both strategies, recognizing the interconnected nature of human-nature systems and embracing sustainability principles.

Keywords: Adaptation, Climate change, Water resources, System archetypes

Citation: Amouzegari, P., Malekian, A., Ahmadaali, K., Ghorbani, M., & Safavi Homami, S. H. (2024). Application of systems thinking approach in the extreme events analysis (Case study: Karoun Basin). *Integrated Watershed Management*, 4 (1), 46-60. doi: 10.22034/iwm.2024.2018715.1120

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>).



کاربست رویکرد تفکر سیستمی در تحلیل وقایع حدی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون)

پیام آموزگاری^۱، آرش ملکیان^{۲*}، خالد احمدآلی^۱، مهدی قربانی^۱، سیدحمزه صفوی همامی^۲

۱- گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- گروه مطالعات منطقه‌ای، دانشکده حقوق و علوم سیاسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*نویسنده مسئول: Malekian@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵

چکیده مبسوط

مقدمه: رشد جمعیت و طبیعتاً افزایش نیاز و تقاضا موجب تحمیل فشار بر منابع طبیعی و ناپایداری در کارکرد حوزه‌های آبخیز شده است به طوری که رفتار اکوسیستم در حفاظت از زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، مهار فرسایش و رسوب، خاک سازی و ذخیره آب، مطبوعیت محیط زیستی، رفع نیازهای فرهنگی و به طور کلی ارائه مستمر خدمات اکوسیستمی دچار اختلال شده است. پویندگی و تغییرپذیری اجزای سیستم‌های انسانی-طبیعی که تغییرات اقلیمی آن را پیچیده تر کرده است، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی برای بهره‌وری پایدار از خدمات اکوسیستمی حوزه آبخیز را با عدم قطعیت همراه می‌سازد. به طوری که تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری از منابع آب و سایر کالاهای مشاع محیط زیستی توأم با خطا می‌شود. خطا در تصمیم‌گیری به تدریج زمینه را برای ظهور ناپایداری واحد حوزه آبخیز و حرکت به سمت آستانه‌ها مهیا می‌کند. در پژوهش کنونی با اتکا به رویکرد تفکر سیستمی حوزه آبخیز کارون به عنوان یک سیستم انسانی-طبیعی در نظر گرفته شده و پنج مورد از کهن‌الگوهای تحلیل سیستمی شامل تراژدی منابع مشترک، درمان‌های بدتر از درد، انتقال فشار از راه‌حل‌های اساسی به راه‌حل‌های موقتی، تشدید رقابت و تنزل اهداف به منظور واکاوی در سیاست‌گذاری‌های مدیریت منابع آب بررسی شده است. این ساختارها که در ادبیات تحلیل سیستم شناخته شده هستند به تصمیم‌گیران و مدیران برای حل بخش عمده‌ای از مشکلات یک سیستم کمک می‌کنند.

مواد و روش‌ها: پژوهش کنونی در سه گام اصلی انجام شده است. در گام اول پژوهش بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای وضعیت موجود حوزه آبخیز کارون بیان شده است و ماهیت سامانه آب از نظر قرارگیری در دسته‌ی سیستم پیچیده و یا سیستم سخت مشخص می‌شود. در گام دوم با استناد به ادبیات پژوهش پنج مورد از مهم‌ترین ساختارهای شناخته شده در تحلیل پویایی سیستم که کارایی مناسبی برای درک درهم تنیدگی سیستم‌های انسانی-طبیعی دارند به منظور بررسی اثرگذاری رفتار انسان در مدیریت منابع آبی حوزه آبخیز کارون بررسی شده است. در گام سوم بر اساس رویکرد تفکر سیستمی چگونگی رخداد وقایع حدی و نقش آن‌ها در پایداری حوزه آبخیز کارون بررسی شده است.

نتایج و بحث: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نگرش خطی در مدیریت منابع آب که معلول خلأ تفکر سیستمی است از طریق انقطاع در زنجیره‌ای از روابط گوناگون سامانه آب با دیگر اجزای اکوسیستم موجب ناپایداری و تشدید وقایع حدی مثل سیل، خشک‌سالی، نزاع بر سر آب و ... در حوزه آبخیز کارون شده است. واکاوی مبتنی بر تفکر سیستمی در این پژوهش نشان می‌دهد که برخی از رفتارهای تکراری در حوزه آبخیز کارون ساختارهای شناخته شده‌ای در رویکرد پویایی سیستمی هستند که تحت عنوان کهن‌الگوهای تحلیل سیستم در حوزه آبخیز کارون فعال هستند. کارکرد نهایی حوزه آبخیز کارون در گرو شناسایی، مهار و تغییر این ساختارها به سمت پایداری و ارائه مستمر خدمات اکوسیستمی است.

نتیجه‌گیری: پژوهش حاضر نشان می‌دهد که اتکا به اقداماتی که موجب دستیابی به نتایج دلخواه کوتاه‌مدت می‌شوند و عدم توجه به اثرات بلندمدت تصمیم‌سازی در مدیریت منابع آبی در نهایت به تقویت مشکل کمبود آب و بروز درگیری‌های اجتماعی در واحد حوزه آبخیز منجر خواهد شد. به طور کلی راهکارهای موجود برای مدیریت منابع آبی حوزه آبخیز کارون در دو گروه تسکین‌دهنده (مسکن) و درمان‌محور (سازگاران) دسته‌بندی می‌شوند. راهکارهای مسکن معمولاً از جنس سخت و شامل راه‌حل‌های فنی نظیر حفر چاه، سدسازی، انتقال آب و ... هستند که هدف آن‌ها تسکین درد کمبود آب از طریق افزایش عرضه آب در کوتاه‌مدت است و معمولاً توسط مدیران حوزه آب اعمال می‌شوند؛ اما راهکارهای سازگاران (انطباقی) معمولاً از جنس نرم و شامل راهکارهای سیاستی هستند که با هدف سازگاری سامانه تحت مدیریت با موجودی آب در سطوحی بالاتر از اختیار مدیران آب اعمال می‌شوند. حل مشکلات مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز کارون به اعمال توأم راهکارهای تسکینی و تطبیقی نیاز دارد.

کلمات کلیدی: سازگاری، تغییر اقلیم، منابع آب، کهن‌الگوی سیستمی

استناد: آموزگاری، پ.، ملکیان، آ.، احمدآلی، خ.، قربانی، م.؛ و صفوی همامی، س.ح. (۱۴۰۲). کاربرد تفکر سیستمی در تحلیل وقایع حدی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴۶-۶۰.



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

واحد حوزه آبخیز به عنوان محیطی پویا دربرگیرنده مجموعه‌ای از روابط درهم‌تنیده و جدایی‌ناپذیر بین انسان و سامانه آب است که در حیطه سیستم‌های انسانی-طبیعی دسته‌بندی می‌شود (Meadows, 2008). پویندگی و تغییرپذیری اجزای این سیستم‌ها که تغییرات اقلیمی^۱ آن را پیچیده‌تر کرده است، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی برای بهره‌وری پایدار از خدمات اکوسیستمی^۲ حوزه آبخیز را با عدم قطعیت همراه می‌سازد. این درهم‌ریختگی موجب شده تا تصمیم‌گیری برای بهره‌برداری عقلانی از منابع آب و سایر کالاهای مشاع محیط زیستی توأم با خطا شود (Pahl-Wostl, 2007; Sivakumar, 2011; Kundzewicz *et al.*, 2018). از طرفی رشد جمعیت و طبیعتاً افزایش نیاز و تقاضا موجب تحمیل فشار بر منابع طبیعی و ناپایداری در کارکرد حوزه‌های آبخیز شده است (Cropper & Griffiths, 1994; Timah *et al.*, 2008). به طوری که رفتار اکوسیستم در حفاظت از زیستگاه‌ها و تنوع زیستی، مهار فرسایش و رسوب، خاک‌سازی و ذخیره آب، مطبوعیت محیط‌زیستی، رفع نیازهای فرهنگی و به‌طور کلی ارائه مستمر خدمات اکوسیستمی دچار اختلال شده است (Alilou *et al.*, 2019). این در حالی است که در مسیر توسعه ایران قدرت سیاسی تصمیم‌گیران نسبت به مقوله‌های آمایش سرزمین و ملاحظات آبی اولویت داشته و توسعه استان‌های مستقر در حوزه‌های آبخیز کشور به صورت نامتوازن انجام شده است (Ashraf *et al.*, 2017)؛ بنابراین احتمال رخداد وقایع حدی^۳ نظیر سیل، خشک‌سالی، فرونشست و منازعات اجتماعی افزایش یافته و بستر خطرناکی برای تداوم تخریب منابع طبیعی و محیط‌زیست ایران شکل گرفته است (Maghrebi *et al.*, 2020) وقایع حدی به دنبال ناپایداری اکوسیستم و در جهت رسیدن به تعادل در

حوزه آبخیز آشکار می‌شوند (Albeverio *et al.*, 2006). استناد به آخرین گزارش‌های علمی هیات بین‌المللی تغییر اقلیم^۴، در آینده‌ی نزدیک تغییرات آب و هوایی برای خاورمیانه کاهش بارش‌ها را به دنبال دارد و این منطقه خشک‌تر می‌شود. لذا کمبود فیزیکی منابع آب در ایران نیز تشدید می‌شود (Kahil *et al.*, 2015; MansouriDaneshvar *et al.*, 2019). از طرف دیگر توسعه ناهمگون کشور موجب کمبود اقتصادی آب شده است به طوری که در برخی از مناطق کشور مثل استان خوزستان زیرساخت‌های موردنیاز برای بهره‌وری و استحصال از آب در نظر گرفته نشده است (Madani *et al.*, 2016). با توجه به تهدید پیری در هرم سنی جمعیت کشور و تلاش جدی دولت برای افزایش جمعیت، روزبه‌روز سرانه آب برای شهروندان ایرانی کمتر می‌شود (Mehri *et al.*, 2020). آن‌طور که از روند افزایشی سدسازی و طرح‌های انتقال آب پیداست، می‌توان استنباط داشت که سیاست‌های کلان کشور در چند دهه اخیر روی مدیریت عرضه آب تمرکز داشته است و رویکرد کاهش مصرف آب در تنظیم سیاست‌های کلان آبی مدنظر نبوده است (Madani *et al.*, 2016). انکار پیچیدگی ذاتی سامانه‌های انسانی-طبیعی و درک نکردن روابط درهم‌تنیده سامانه آب با دیگر زیرسیستم‌های حوزه آبخیز باعث کاهش چشمگیر موجودی منابع آب شده است به طوری که تنوع زیستی در معرض خطر انقراض قرار گرفته است و جوامع انسانی نیز گرفتار خشک‌سالی‌های انسان‌ساخت^۵ شده‌اند (AghaKouchak *et al.*, 2015; AghaKouchak *et al.*, 2021). از طرفی عطش توسعه موجب شده تا بدون توجه به وضعیت رو به افول منابع آبی کشور، حقایق‌های قانونی و البته غیرمعمول فراوانی برای ذینفع‌ها تعریف شود. به طوری که می‌توان گفت کشور ایران با ورشکستگی آبی^۶ روبرو شده است

4. Intergovernmental Panel on Climate Change
5. Anthropogenic drought
6. Water-Bankrupt

1. Climate change
2. Ecosystem services
3. Extreme events

اساسی‌ترین پژوهش‌ها Hjorth و Bagheri (۲۰۰۶) مفاهیم پویایی سیستم را در سیستم‌های پیچیده بررسی کردند و دریافتند که تغییر طرز تفکر خطی به غیرخطی پیش‌نیاز اصلی توسعه پایدار است. در پژوهش دیگری Winz و همکاران (۲۰۰۹) ادبیات پویایی سیستم را در تحلیل سامانه آب بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که مطالعه سیستم‌های پیچیده و پویا مثل سامانه آب بدون رویکرد تفکر سیستمی همراه با خطا می‌شود. همچنین Mirchi و همکاران (۲۰۱۲) با تکیه بر لزوم به‌کارگیری تفکر سیستمی برای مدیریت منابع آب الگوهای تحلیل سیستم مثل تراژدی منابع مشترک^۳، محدودیت رشد^۴، موفقیت برای موفق^۵ و درمان‌های بدتر از درد^۶ را بررسی کردند. در پژوهش دیگری Gohari و همکاران (۲۰۱۳) با تکیه بر مفاهیم پویایی سیستم و الگوی درمان‌های بدتر از درد به تحلیل سیستمی طرح‌های انتقال آب در حوزه آبخیز زاینده‌رود پرداختند و دریافتند که این طرح‌ها پاسخی کوتاه‌مدت و مسکن به مشکل کم‌آبی بوده و در بلندمدت موجب تشدید تنش آبی و منازعات اجتماعی در این حوزه شده است. رویکرد تفکر سیستمی به‌ویژه در حوزه سیاست‌گذاری منابع آب مدنظر پژوهشگران متعددی قرار گرفته است (Simonovic & Fahmy, 1999; Xu et al., 2002; Stewart et al., 2004; Sehlke & Jacobson, 2005; Madani & Mariño, 2009; Hassanzadeh et al., 2012; Kotir, 2017; Anandhi & Kannan, 2018; Mashaly & Femald, 2020; Ram & Iefan, 2021; Polaine et al, 2022; WanRosely & Voulvoulis, 2023; Eidin et al., 2023). مرور ادبیات پژوهش نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر و با شدت یافتن مشکلات گوناگون حوزه آب در سرتاسر جهان، پژوهشگران در تلاش هستند تا نگاه جزیره‌ای به سامانه آب را به یک نگاه سیستمی و اکوسیستم محور تغییر دهند. هم‌فکر با جامعه علمی در پژوهش

یعنی میزان تقاضا و مصرف آب از میزان ورودی آب به اکوسیستم بیشتر شده است (Madani et al., 2016). لذا مدیریت منابع آب ایران به یک دوراهی تلخ رسیده است که مدیریت انسانی بزرگ‌ترین نقش را در نابودی منابع آبی آن داشته است (Noori et al., 2021)؛ یا باید شیوه مدیریت موجود ادامه پیدا کند که در این صورت تداوم تخریب سرزمین را به دنبال دارد یا اینکه سیاست جدیدی برای مدیریت منابع آب کشور اتخاذ شود (Madani et al., 2016) که لازمه آن درک پیچیدگی سیستم انسانی-طبیعی و کشف روابط درهم‌تنیده سامانه آب با سایر زیرسیستم‌های حوزه آبخیز است (Mirchi et al., 2012). یکی از رویکردهای مدیریتی قابل‌اتکا و موردپذیرش جامعه جهانی برای درک پیچیدگی روابط درهم‌تنیده موجود در هر اکوسیستم رویکرد مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز^۱ است (Heathcote, 2009; Haregeweyn et al., 2012; Mirchi et al., 2012). این رویکرد بیانگر تشبیه حوزه آبخیز به یک کلان سیستم بوده که متشکل از زیرسیستم‌های متعددی است و عملکرد نهایی سیستم برآیندی از نحوه ارتباط و تعامل بین اجزاء سیستم است (Forrester, 1961, 1970; Meadows et al., 1972; Richmond, 1993; Ford, 1999; Serman, 2010). برای پی بردن به چگونگی روابط مابین این زیرسیستم‌ها از رویکرد تفکر سیستمی^۲ استفاده می‌شود که نوعی از نگرش جامع در مواجهه با پویایی سیستم است (Meadows, 2008) و می‌تواند جنبه‌های مختلف اثرگذار در عملکرد حوزه آبخیز را جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب شناسایی کند (Hjorth & Bagheri., 2006; Simonovic, 2012). همسو با توافق قطعی جامعه علمی مبنی بر وجود ارتباط تنگاتنگ بین سامانه آب با سایر حوزه‌های دیگر پژوهشگران در زمینه‌های مختلف رویکرد تفکر سیستمی را برای مطالعه سامانه آب بکار گرفته‌اند. در یکی از

3. Tragedy of the Commons
4. The Limits to Growth
5. Success to the Successful
6. Fixes that Backfire

1. Integrated Watershed Management, IWM
2. Systems thinking

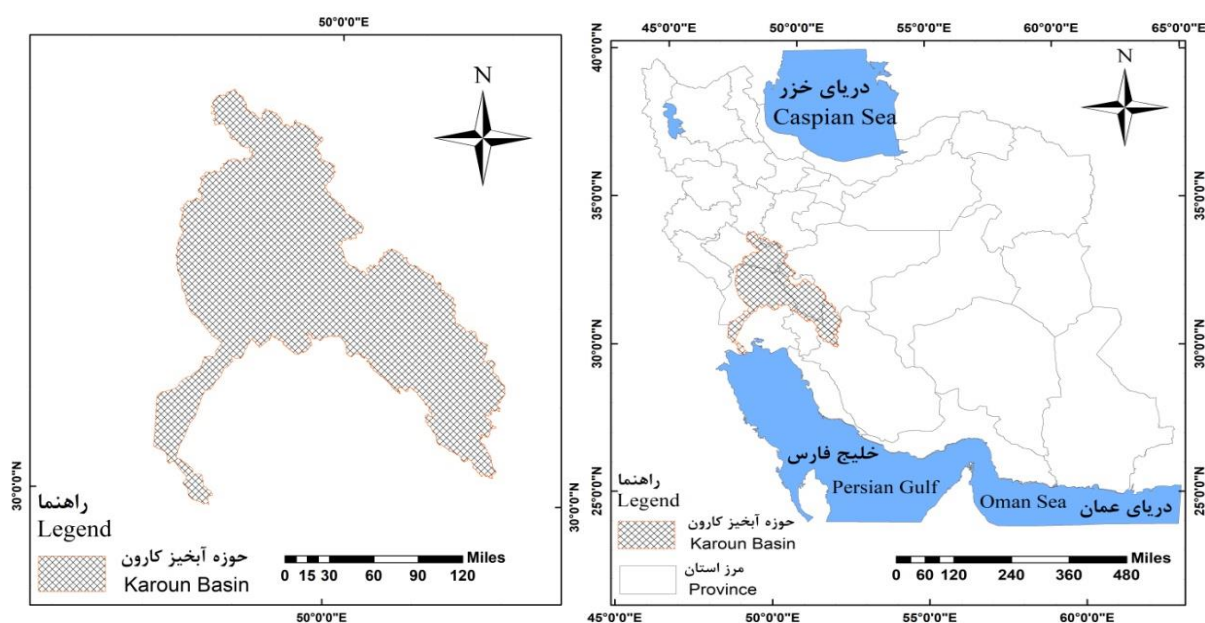
ایران واقع شده است (شکل ۱). این حوضه بارش‌های جوی را از محدوده هشت استان کشور به سمت خلیج فارس زهکشی می‌کند و با اروندرود نیز ارتباط دارد. وجود منابع آبی غنی، تنوع فرهنگی، وجود سازندهای کارستی و مسئله فرار آب، مقوله سدسازی و انتقال آب حوزه آبخیز کارون را نسبت به سایر حوزه‌های آبخیز کشور چالش‌زا کرده است. در چند دهه اخیر مجموعه‌ای از سیاست‌گذاری‌های مدیریتی نشأت گرفته از نگاهی جزءنگر فشار وارد بر منابع آبی این حوزه آبخیز را تشدید کرده است (Yousefi *et al.*, 2018). به همین دلیل پژوهش حاضر با تکیه بر رویکرد تفکر سیستمی سیاست‌گذاری‌های کلان مدیریت منابع آب و تبعات آن در پایداری حوزه آبخیز کارون بزرگ را مورد بررسی قرار می‌دهد.

پیش‌رو با اتکا به رویکرد تفکر سیستمی و کهن ساختارهای شناخته‌شده در آن که نوآوری پژوهش کنونی است به واکاوی سیاست‌گذاری‌های کلان مدیریت منابع آب و تبعات آن در شکل‌گیری وقایع حدی در قالب یک حوزه آبخیز پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

با توجه به گستره وسیع کشور ایران و به‌منظور درک آسان‌تر پیچیدگی ذاتی مدیریت منابع آب در مقاله کنونی رویکرد تفکر سیستمی در مورد حوزه آبخیز کارون بزرگ به‌عنوان یکی از پرچالش‌ترین حوزه‌های آبخیز کشور بررسی شده است. کارون بزرگ یکی از حوزه‌های آبخیز درجه دو کشور است که با مساحتی حدود ۶۶۴۹۹ کیلومترمربع در غرب و جنوب‌غربی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کارون
Figure 1- Geographical location of Karoun Basin

روش تحقیق

در گام اول پژوهش بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای وضعیت موجود حوزه آبخیز کارون بیان شده است و ماهیت سامانه آب از نظر قرارگیری در دسته‌ی سیستم پیچیده^۱ و یا سیستم سخت^۲ مشخص می‌شود (Hjorth & Bagheri, 2006). در گام دوم با استناد به ادبیات پژوهش پنج مورد از مهم‌ترین ساختارهای شناخته‌شده در تحلیل پویایی سیستم‌های کارایی مناسبی برای درک درهم تنیدگی سیستم‌های انسانی-طبیعی دارند (Wolstenholme, 2003; Senge, 2006; Mirchi et al., 2012). به‌منظور بررسی اثرگذاری رفتار انسان در مدیریت منابع آبی حوزه آبخیز کارون بررسی شده است.

۱. الگوی تراژدی منابع مشترک، نشان‌دهنده وضعیتی است که استفاده از منابع مشاع موجب شکل‌گیری رقابتی مخرب بین ذینفعان می‌شود (Hardin, 1968; Loaiciga, 2004; Madani, 2010).

۲. الگوی درمان‌های بدتر از درد تداعی‌کننده حالتی است که راه‌حل‌های پیشنهادی برای بهبود کارکرد سیستم به پیچیده‌تر شدن مسئله منجر شود (Madani & Marino, 2009; Gohari et al., 2013).

۳. الگوی انتقال فشار از راه‌حل‌های اساسی به راه‌حل‌های موقت بیانگر ساختار مشخصی از سیستم است که باعث وابسته شدن به راه‌حل‌های موقت و کنار گذاشتن راه‌حل‌های اساسی می‌شود (Wolstenholme, 2003).

۴. الگوی تشدید رقابت حالتی از رشد نامتوازن اجزای سیستم است و موجب می‌شود تا در حوزه مورد رقابت رشد فزاینده حاصل شود اما این رشد در ازای تضعیف در سایر زمینه‌ها است (Senge, 2006).

۵. الگوی تنزل اهداف منعکس‌کننده وضعیتی از سیستم است که موجب کاهش تدریجی تحقق اهداف

از پیش تعریف‌شده و در نتیجه راضی شدن به وضع موجود است (Wolstenholme, 2003). در گام سوم با اتکا به رویکرد تفکر سیستمی به توضیح چگونگی رخداد وقایع حدی و نقش آن‌ها در پایداری حوزه آبخیز کارون پرداخته شده است.

نتایج

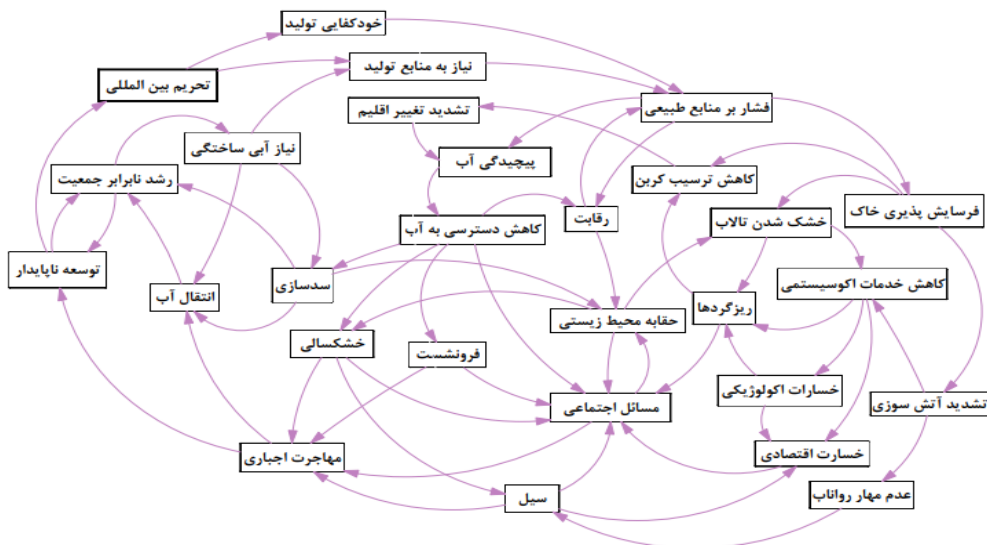
استناد به مطالعات کتابخانه‌ای در شرایط کنونی توسعه ناپایدار موجب شده تا منابع آبی و سایر کالاهای مشاع محیط‌زیستی در حوزه آبخیز کارون تحت تأثیر ملاحظات سیاسی در معرض رقابت بین استان‌های واقع در این حوزه قرار گیرند. مطالعات صرفاً فنی در حیطه سدسازی و رونق طرح‌های انتقال آب بدون توجه به تفکر سیستمی و اعمال ملاحظات محیط‌زیستی نشان می‌دهد که حوزه آبخیز کارون از جانب سیاست‌گذاران و مدیران معادل یک سیستم سخت و ایستا در نظر گرفته شده است. درحالی‌که حوزه آبخیز کارون در گروه سیستم‌های پیچیده و پویا دسته‌بندی می‌شود. از آنجایی‌که نحوه‌ی رفتار با هر کدام از این دو نوع سیستم کاملاً متفاوت است، لذا سیاست‌گذاری‌های کلان مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز کارون با خطا همراه بوده و موجب توسعه نامتوازن شده است که پیامد آن تشدید وقایع حدی نظیر سیل، خشک‌سالی، نزاع بر سر آب، فرونشست زمین و... در حوزه آبخیز کارون است (شکل ۲).

تفکر سیستمی در حوزه آبخیز کارون و تعمق در شیوه تعامل زیرسیستم‌های گوناگون مرتبط با سامانه آب، نشان می‌دهد ساختارهای شناخته‌شده متعددی از کهن‌الگوهای سیستمی^۳ در این حوزه شکل گرفته و فعال است (جدول ۱).

1. Complex System

2. Complicated System

3. System archetypes



شکل ۲- رویکرد تفکر سیستمی حاکم در حوزه آبخیز کارون
 Figure 2- Systems thinking approach in Karoun Basin

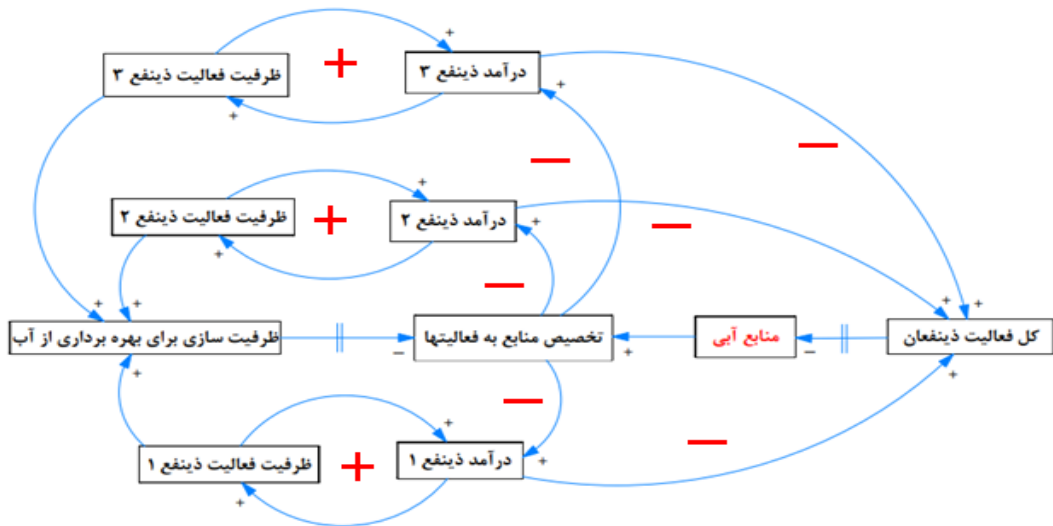
جدول ۱- کهن‌الگوهای تحلیل سیستمی در حوزه آبخیز کارون بزرگ

Table 1- System archetypes in Karoun Basin

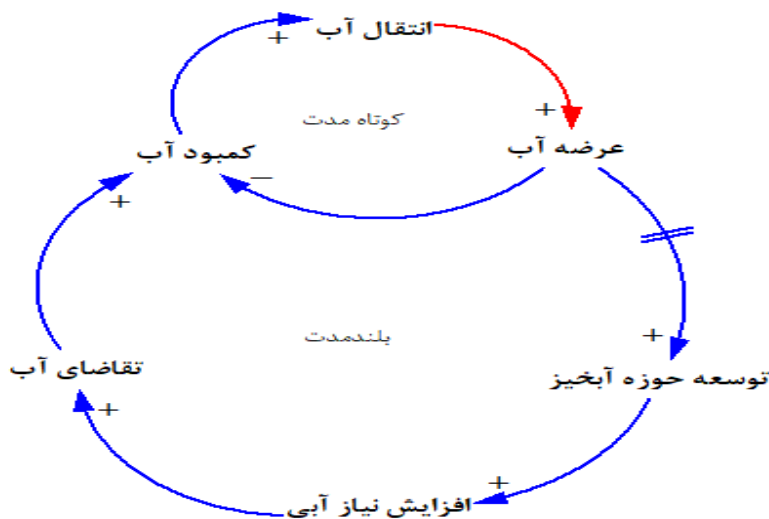
سیستم	کهن‌الگوهای سیستمی	شواهد موجود (علائم)	وضعیت (فعال/غیرفعال)
	تراژدی منابع مشترک	رقابت بر سر منابع مشاع و محدود	فعال
حوزه آبخیز کارون	درمان‌های بدتر از درد	تسکین مقطعی و تشدید مشکل کم‌آبی	فعال
	انتقال فشار	حذف علائم (کوتاه‌مدت) و تقویت عوامل کمبود آب (بلندمدت)	فعال
	تشدید رقابت	رشد پروژه‌های هیدرولیکی در ازای تضعیف در سایر زمینه‌ها	فعال
	تنزل اهداف	کاهش انتظارات و راضی شدن به حفظ وضع موجود	فعال

تراژدی منابع مشترک: همانند سایر مناطق کشور در حوزه آبخیز کارون نیز توسعه منوط به وجود منابع آب است. با توجه به رشد جمعیت، توسعه ناپایدار، کاهش کیفیت آب، اثر منفی تغییرات اقلیم بر میزان دسترسی به آب و سایر عواملی که در اضمحلال منابع آبی حوزه آبخیز کارون اثرگذاری داشته‌اند می‌توان چنین اظهار داشت که سرانه منابع آب در این حوضه کاهش یافته است. از طرفی منابع آب عام‌المنفعه و مشاع هستند لذا رقابت بر سر منابع آبی مشترک شدت گرفته و موجب بروز درگیری‌های اجتماعی و نزاع بر سر منابع آب شده است. محدودیت و کم شدن منابع آب حوزه آبخیز کارون در نهایت باعث کاهش

رشد و به آسیب دیدن تمام ذینفع‌های آب منتهی شده است (شکل ۳).
درمان‌های بدتر از درد: در استان‌های مختلف واقع در حوزه آبخیز کارون رویکردهای تسکین‌محور که در پی عرضه آب هستند بر رویکردهای درمان‌محور که در پی بهینه‌سازی مصرف آب هستند، ترجیح داده شده‌اند. این رویکردها با وجود اینکه در کوتاه‌مدت موجب مخفی نگه‌داشتن علائم توسعه ناپایدار شده‌اند اما در بلندمدت موجب تقویت عوامل توسعه ناپایدار شده‌اند و پیچیدگی مدیریت منابع آبی حوزه آبخیز کارون را بیشتر کرده‌اند (شکل ۴).



شکل ۳- کهن‌الگوی تراژدی منابع مشترک در حوزه آبخیز کارون
Figure 3- Tragedy of the commons system archetypes in Karoun Basin

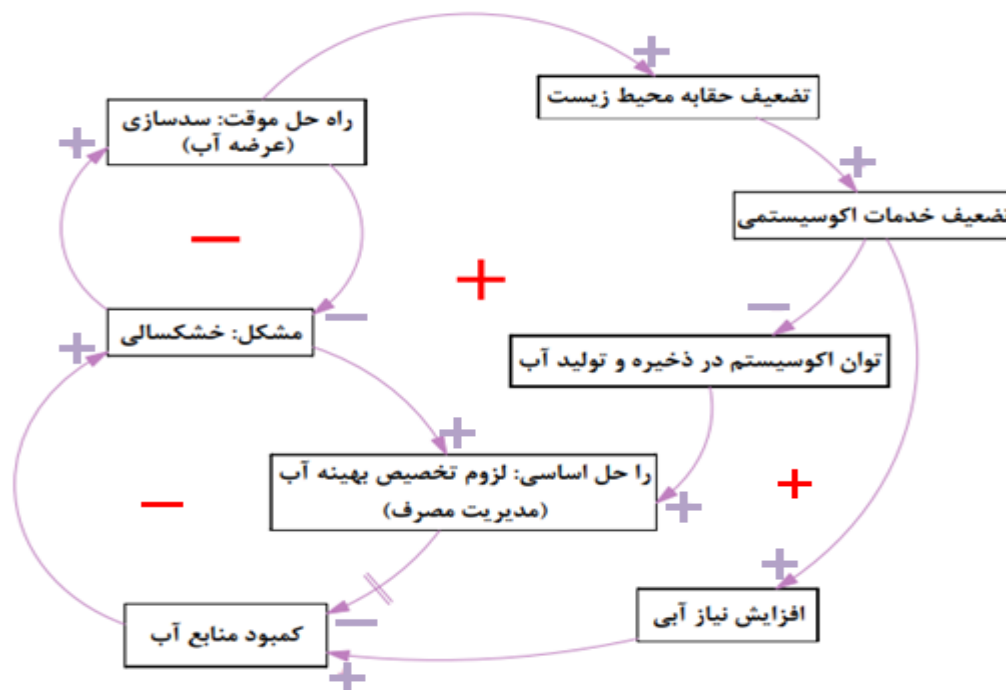


شکل ۴- کهن‌الگوی درمان‌های بدتر از درد در حوزه آبخیز کارون
Figure 4- Fixes that backfire system archetypes in Karoun Basin

تشدید رقابت: یکی از تله‌هایی که مدیران و تصمیم‌گیران حوزه آبخیز کارون را گرفتار کرده است تمرکز روی موفقیت ناشی از اجرای پروژه‌های عظیم هیدرولیکی شامل طرح‌های انتقال آب و سدسازی‌ها در ازای تضعیف در سایر زمینه‌ها اعم از کنترل فرسایش خاک، مهار سیلاب، حفظ تنوع زیستی و... است (جدول ۲).

انتقال فشار از راه‌حل‌های اساسی به راه‌حل‌های موقت

تلاش تصمیم‌گیران و مدیران برای از بین بردن علائم و نشانه‌های مشکل و وابستگی به راه‌حل‌های موقت موجب کنار گذاشته شدن توجهات نسبت به درمان ریشه‌ای مشکلات منابع آبی در حوزه آبخیز کارون شده است (شکل ۵).



شکل ۵- الگوی انتقال فشار از راه‌حل‌های اساسی به راه‌حل‌های موقت در حوزه آبخیز کارون
Figure 5- Transferring pressure system archetypes in Karoun Basin

جدول ۲- کهن‌الگوی تشدید رقابت در حوزه آبخیز کارون

Table 2- Intensification of competition system archetypes in Karoun Basin

منابع	وضعیت کلی عملکرد اقدام		اقدامات مدیریتی در اکوسیستم
	مدیریتی	شکست	
	موفقیت		
(Gohari et al, 2013)	*		حفر چاه
(Maghrebi et al, 2020)	*		سدسازی
	*		انتقال آب
(Noori et al, 2021)	*		حفظ جنگل‌ها و مراتع
(Madani et al, 2016)	*		مهار سیلاب
(Yousefi et al, 2018)	*		حفاظت کیفی رودخانه‌ها
	*		حفاظت کمی و کیفی آبخوان‌ها
(Farashi and Shariati, 2017)	*		حفاظت از تنوع زیستی
(Yousefi et al, 2019)	*		حفاظت از تالاب‌ها
(Ghanian et al, 2022)	*		حفاظت از خدمات اکوسیستمی

به حالتی که هم‌افزایی بین کهن‌الگوهای تحلیل سیستمی از طریق ابهام در مرز تفکیک علائم و عوامل مرتبط با مسائل آبی موجب پیچیدگی مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز کارون شده است (جدول ۳).

به‌طور کلی این ساختارها از طریق درهم‌ریختگی مجموعه‌ای از حلقه‌های بازخوردی مثبت و منفی در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت شکل گرفته و بنابر پویندگی که دارند موجب بازتولید همدیگر شده

جدول ۳- کهن‌الگوهای تحلیل سیستمی در حوزه آبخیز کارون

Table 3- System archetypes in Karoun Basin

سیستم	علائم	عوامل	کهن‌الگو (ساختار شناخته‌شده)
حوزه آبخیز کارون	رقابت و درگیری و نزاع بر سر دسترسی به منابع آب	کمبود منابع آب و تخصیص بیشتر از توان حوضه	تراژدی منابع مشترک
	خشکیدگی اکوسیستم و تقویت ریشه مشکل در بلندمدت	عدم نظر گرفتن اثر بلندمدت تصمیمات	درمان‌های بدتر از درد
	وابستگی به راه‌حل موقت مثل انتقال آب و... رشد در زمینه سدسازی و انتقال آب در ازای تضعیف در سایر زمینه‌ها شامل، مهار فرسایش، حفظ تنوع زیستی و...	عدم اجرای راه‌حل اساسی عدم در نظر داشتن همه اجزای حوزه آبخیز و رشد نامتوازن	انتقال فشار
	رها شدن هدف تبیین شده (خودکفایی گندم) و راضی شدن به حفظ وضعیت موجود (تأمین آب شرب)	درک نادرست از وضع موجود و هدف‌گذاری اشتباه	تشدید رقابت
	کارکرد نهایی حوزه آبخیز کارون در گرو شناسایی، مهار و تغییر این ساختارها به سمت پایداری و ارائه مستمر خدمات اکوسیستمی است که نیازمند	به‌کارگیری ترکیبی از راه‌حل‌های مدیریتی است (جدول ۴).	تنزل اهداف

جدول ۴- راه‌حل‌های مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز کارون

Table 4- Water resource management solutions in Karoun Basin

مشکل	کمبود آب
راهکارهای مدیریتی	رویکرد ترکیبی (تسکینی-سازگارانه)
جنس	رویکرد تسکین‌دهنده (مسکن)
شیوه اجرا	رویکرد درمان‌محور (سازگارانه)
زمان اثرگذاری	نرم
هدف	سیاستی
مثال	بلندمدت
حوزه اختیارات	مدیریت مصرف
	سازگاری با کمبود آب
	بالا تر از اختیارات مدیران آب

بحث

تفکر سیستمی است از طریق انقطاع در زنجیره‌ای از روابط گوناگون سامانه آب با دیگر اجزای اکوسیستم موجب ناپایداری و تشدید وقایع حدی مثل سیل، خشک‌سالی، نزاع بر سر آب و... در حوزه آبخیز کارون شده است که با نتایج پژوهش Hjorth و Bagheri (۲۰۰۶)، Winz و همکاران (۲۰۰۹) و Gohari و همکاران (۲۰۱۳) تطابق دارد. توقف درگیری‌های

به‌منظور حفظ پایداری و جلوگیری از برهم ریختن نظم ذاتی حوزه آبخیز کارون بایستی هرگونه تصمیم‌گیری برای بهره‌وری از خدمات اکوسیستمی از جمله استحصال آب در چارچوب تفکر سیستمی گرفته شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نگرش خطی در مدیریت منابع آب که معلول خلأ

اجتماعی و جلوگیری از منازعات آبی در حوزه آبخیز کارون مستلزم بازنگری در برنامه‌های توسعه در قالب تخصیص منابع آبی بین ذینفعان مبتنی بر وضعیت موجود و توان اکوسیستم است. واکاوی مبتنی بر تفکر سیستمی در این پژوهش نشان می‌دهد که برخی از رفتارهای تکراری در حوزه آبخیز کارون ساختارهای شناخته‌شده‌ای در رویکرد پویایی سیستمی هستند که تحت عنوان کهن‌الگوهای تحلیل سیستم در حوزه آبخیز کارون فعال هستند. این ساختارها به صورت تدریجی زمینه را برای تکثیر خطا در تصمیم‌گیری و قرارگیری در مدار تخریب مهیا ساخته‌اند که با نتایج Wolstenholme (۲۰۰۳)؛ Senge (۲۰۰۶)؛ Madani و Marino (۲۰۰۹)؛ Madani (۲۰۱۰) و Mirchi و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد. برای تصمیم‌سازی و مدیریت جامع حوزه آبخیز کارون بایستی سیاست‌های اعمالی در مدیریت منابع آب را مبتنی بر از بین بردن این ساختارها تدوین نمود و تلاش شود تا بجای مخفی نمودن نشانه‌ها و علائم، عوامل بروز تخریب از بین برده شود (جدول ۳). این پژوهش نشان می‌دهد که اتکا به اقداماتی که موجب دستیابی به نتایج مطلوب کوتاه‌مدت می‌شوند و عدم توجه به اثرات بلندمدت تصمیم‌سازی در مدیریت منابع آبی در نهایت به تقویت مشکل کمبود آب و بروز درگیری‌های اجتماعی در واحد حوزه آبخیز منجر خواهد شد که با نتایج Lowi (۱۹۹۵) و Madani (۲۰۱۹) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی راهکارهای موجود برای مدیریت منابع آبی حوزه آبخیز کارون در دو گروه تسکین‌دهنده (مسکن) و درمان‌محور (سازگارانه) دسته‌بندی می‌شوند. راهکارهای مسکن معمولاً از جنس سخت و شامل راه‌حل‌های فنی نظیر حفر چاه، سدسازی، انتقال آب و... هستند که هدف آن‌ها تسکین درد کمبود آب از طریق افزایش عرضه آب در کوتاه‌مدت است و معمولاً

توسط مدیران حوزه آب اعمال می‌شوند؛ اما راهکارهای سازگارانه (انطباقی) معمولاً از جنس نرم و شامل راهکارهای سیاستی هستند که با هدف سازگاری سامانه تحت مدیریت با موجودی آب در سطوح بالاتر از اختیار مدیران آب اعمال می‌شوند. حل مشکلات مدیریت منابع آب در حوزه آبخیز کارون به اعمال توأمان راهکارهای تسکینی و تطبیقی هم به صورت واکنشی و هم به صورت کنش‌گرایانه نیاز دارد. از راه‌حل‌های تطبیقی یا رویکرد کنش‌گرایانه معمولاً استقبال نمی‌شود چراکه اعمال آن‌ها مستلزم داشتن دید کلان و درک درهم‌ریختگی سیستم‌های انسانی-طبیعی است که به حوزه اختیاراتی وسیع‌تر از حوزه منابع آب نیاز دارد. این در حالی است که موضوع آب به‌طور کلی در سطح عالی سیاست‌گذاری، موضوعی غیراضطراری تلقی می‌شود که در مقایسه با موضوعات حوزه‌های اقتصاد، دفاع، بهداشت و... فاقد اولویت است؛ بنابراین در اکثر موارد، تغییرات جدی صورت گرفته در حوزه منابع آب متکی به وقوع رخداد‌های حدی نظیر سیل، خشک‌سالی، تنش‌های اجتماعی و نزاع بر سر آب، مهاجرت و... هستند چراکه این رخدادها می‌توانند با ایجاد حس اضطرار اولویت موضوع آب را در سطوح سیاست‌گذاری و عمومی به‌طور موقت بالا ببرد. وقایع حدی در واقع پنجره فرصت را برای تغییراتی می‌گشایند که اعمال آن‌ها در شرایط عادی از لحاظ سیاسی پرهزینه است و تمایلی برای اجرای آن‌ها از جانب سیاست‌گذاران وجود ندارد؛ بنابراین وقایع حدی با وجود تحمیل هزینه‌های چشمگیر در کوتاه‌مدت، می‌توانند موجب بهبود عملکرد سامانه‌های آب در حوزه آبخیز کارون شوند؛ اما تکیه بر وقوع رخداد‌های حدی برای پیشرفت با رویکرد واکنشی می‌تواند بسیار پرهزینه و خطرناک باشد چراکه تغییرات واکنشی معمولاً پرهزینه‌تر از تغییرات کنش‌گرایانه و پیشگیرانه هستند و بعلاوه رخداد‌های حدی گاهی اوقات می‌تواند سامانه‌های فیزیکی و اجتماعی را به‌طور کامل نابود کنند. برای

تداوم در حس اضطرار در مورد مسئله آب در سطح عمومی و سیاسی بهره برد.

References

- AghaKouchak, A., Feldman, D., Hoerling, M., Huxman, T. & Lund, J. (2015). Water and climate: Recognize anthropogenic drought. *Nature*, 524(7566), 409-411. <https://doi.org/10.1038/524409a>
- AghaKouchak, A., Mirchi, A., Madani, K., Di Baldassarre, G., Nazemi, A. & Alborzi, A. (2021). Anthropogenic drought: Definition, challenges, and opportunities. *Review of Geophysics*, 59(2), e2019RG000683. <https://doi.org/10.1029/2019RG000683>
- Albeverio, S., Jentsch, V. & Kantz, H. (Eds). (2006). *Extreme events in nature and society*. Springer Science & Business Media.
- Alilou, H., Rahmati, O., Singh, V. P., Choubin, B., Pradhan, B., Keesstra, S. & Sadeghi, S.H.R. (2019). Evaluation of watershed health using Fuzzy-ANP approach considering geo-environmental and topohydrological criteria. *Journal of Environmental Management*, 232, 22-36. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.019>
- Anandhi, A. & Kannan, N. (2018). Vulnerability assessment of water resources—translating a theoretical concept to an operational framework using systems thinking approach in a changing climate: case study in Ogallala Aquifer. *Journal of Hydrology*, 557, 460-474. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.032>
- Ashraf, B., AghaKouchak, A., Alizadeh, A., Mousavi Baygi, M., R. Moftakhari, H., Mirchi, A. & Madani, K. (2017). Quantifying anthropogenic stress on groundwater resources. *Scientific reports*, 7(1), 12910. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12877-4>
- Cropper, M. & Griffiths, C. (1994). The interaction of population growth and environmental quality. *The American Economic Review*, 84(2), 250-254.
- Eidin, E., Bielik, T., Touitou, I., Bowers, J., McIntyre, C., Damelin, D. & Krajcik, J. (2023). Thinking in terms of change over time: opportunities and challenges of using
- تغییر رویکرد واکنشی به کنشگرایانه می‌توان از اطلاع‌رسانی و آموزش عمومی برای تقویت و ایجاد system dynamics models. *Journal of Science Education and Technology*, 1-28. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10047-y>
- Farashi, A. & Shariati, M. (2017). Biodiversity hotspots and conservation gaps in Iran. *Journal for nature conservation*, 39, 37-57. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2017.06.003>
- Ford, F. A. (1999). *Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. Island press.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics mit press cambridge*. MA.
- Forrester, J. W. (1970). *Urban dynamics*. IMR; Industrial Management Review (pre-1986), 11(3), 67.
- Ghanian, M., Ghoochani, O. M., Noroozi, H. & Cotton, M. (2022). Valuing wetland conservation: a contingent valuation analysis among Iranian beneficiaries. *Journal for Nature Conservation*, 66, 126140. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126140>
- Gohari, A., Eslamian, S., Mirchi, A., Abedi-Koupaei, J., Bavani, A. M. & Madani, K. (2013). Water transfer as a solution to water shortage: a fix that can backfire. *Journal of Hydrology*, 491, 23-39. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.021>
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons: the population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science*, 162(3859), 1243-1248. <https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243>
- Haregeweyn, N., Berhe, A., Tsunekawa, A., Tsubo, M. & Meshesha, D. T. (2012). Integrated watershed management as an effective approach to curb land degradation: a case study of the Enabered watershed in northern Ethiopia. *Environmental management*, 50, 1219-1233. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9952-0>
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M. & Hassanzadeh, Y. (2012). Determining the main factors in declining the Urmia Lake

- level by using system dynamics modeling. *Water Resources Management*, 26, 129-145. <https://doi.org/10.1007/s11269-011-9909-8>
- Heathcote, I. W. (2009). *Integrated watershed management: principles and practice*. John Wiley & Sons.
- Hjorth, P. & Bagheri, A. (2006). Navigating towards sustainable development: A system dynamics approach. *Futures*, 38(1), 74-92. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.04.005>
- Kahil, M. T., Dinar, A. & Albiac, J. (2015). Modeling water scarcity and droughts for policy adaptation to climate change in arid and semiarid regions. *Journal of Hydrology*, 522, 95-109. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.12.042>
- Kotir, J. (2017). *Systems thinking and modelling for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, West Africa*. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.04.005>
- Kundzewicz, Z. W., Krysanova, V., Benestad, R. E., Hov, Ø., Piniewski, M. & Otto, I. M. (2018). Uncertainty in climate change impacts on water resources. *Environmental Science & Policy*, 79, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.10.008>
- Loaiciga, H. A. (2004). Analytic game—theoretic approach to ground-water extraction. *Journal of Hydrology*, 297(1-4), 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.04.006>
- Lowi, M. R. (1995). *Water and power: The politics of a scarce resource in the Jordan River basin* (No. 31). Cambridge University Press.
- Madani, K. (2010). Game theory and water resources. *Journal of hydrology*, 381(3-4), 225-238.
- Madani, K. (2019). The value of extreme events: What doesn't exterminate your water system makes it more resilient. *Journal of Hydrology*, 575, 269-272. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.049>
- Madani, K. & Mariño, M. A. (2009). System dynamics analysis for managing Iran's Zayandeh-Rud River basin. *Water resources management*, 23, 2163-2187. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9376-z>
- Madani, K., AghaKouchak, A. & Mirchi, A. (2016). Iran's socio-economic drought: challenges of a water-bankrupt nation. *Iranian studies*, 49(6), 997-1016. <https://doi.org/10.1080/00210862.2016.1259286>
- Maghrebi, M., Noori, R., Bhattarai, R., Mundher Yaseen, Z., Tang, Q., AlAnsari, N. & Madani, K. (2020). Iran's agriculture in the anthropocene. *Earth's Future*, 8(9), e2020EF001547. <https://doi.org/10.1029/2020EF001547>
- Mansouri Daneshvar, M. R., Ebrahimi, M. & Nejadsoleymani, H. (2019). An overview of climate change in Iran: facts and statistics. *Environmental Systems Research*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3>
- Mashaly, A. F. & Fernald, A. G. (2020). Identifying capabilities and potentials of system dynamics in hydrology and water resources as a promising modeling approach for water management. *Water*, 12(5), 1432. <https://doi.org/10.3390/w12051432>
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea green publishing.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*.
- Mehri, N., Messkoub, M. & Kunkel, S. (2020). Trends, determinants and the implications of population aging in Iran. *Ageing International*, 45(4), 327-343. <https://doi.org/10.1007/s12126-020-09364-z>
- Mirchi, A., Madani, K., Watkins, D. & Ahmad, S. (2012). Synthesis of system dynamics tools for holistic conceptualization of water resources problems. *Water resources management*, 26, 2421-2442. <https://doi.org/10.1007/s11269-012-0024-2>
- Noori, R., Maghrebi, M., Mirchi, A., Tang, Q., Bhattarai, R., Sadegh, M. & Madani, K. (2021). Anthropogenic depletion of Iran's aquifers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(25), e2024221118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2024221118>

- Pahl-Wostl, C. (2007). Transitions towards adaptive management of water facing climate and global change. *Water resources management*, 21, 49-62. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9040-4>.
- Polaine, X. K., Dawson, R., Walsh, C. L., Amezcaga, J., Peña-Varón, M., Lee, C. & Rao, S. (2022). Systems thinking for water security. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 39(3), 205-223. <https://doi.org/10.1080/10286608.2022.2108806>
- Ram, S. A. & Irfan, Z. B. (2021). Application of System Thinking Causal Loop Modelling in understanding water Crisis in India: A case for sustainable Integrated Water resources management across sectors. *Hydro Research*, 4, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.hydres.2021.02.001>
- Richmond, B. (1993). Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System dynamics review*, 9(2), 113-133. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>
- Sehlke, G. & Jacobson, J. (2005). System dynamics modeling of transboundary systems: the Bear River basin model. *Groundwater*, 43(5), 722-730. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.2005.00065.x>
- Senge, P. M. (2006). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Broadway Business.
- Simonovic, S. P. (2012). *Managing water resources: methods and tools for a systems approach*. Routledge.
- Simonovic, S. P. & Fahmy, H. (1999). A new modeling approach for water resources policy analysis. *Water resources research*, 35(1), 295-304. <https://doi.org/10.1029/1998WR900023>
- Sivakumar, B. (2011). Global climate change and its impacts on water resources planning and management: assessment and challenges. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 25, 583-600. <https://doi.org/10.1007/s00477-010-0423-y>
- Sterman, J. (2010). *Business dynamics* (p. 982). Irwin/McGraw-Hill c2000.
- Stewart, S., Valdés, J., Gastelum, J., Brookshire, D., Aparicio, J., Hidalgo, J. & Velazco, I. (2004). A decision support system for demand management in the Rio Conchos Basin, México. Proceedings of hydrology: science & practice for the 21st Century. *British Hydrological Society II*, 487-494.
- Timah, E. A., Ajaga, N., Tita, D. F., Ntonga, L. M. & Bongsiysi, I. B. (2008). Demographic pressure and natural resources conservation. *Ecological Economics*, 64(3), 475-483. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.024>
- Wan Rosely, W. I. H. & Voulvoulis, N. (2023). Systems thinking for the sustainability transformation of urban water systems. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 53(11), 1127-1147. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9040-4>
- Winz, I., Brierley, G. & Trowsdale, S. (2009). The use of system dynamics simulation in water resources management. *Water resources management*, 23, 1301-1323. doi.org/10.1007/s11269-008-9328-7
- Wolstenholme, E. F. (2003). Towards the definition and use of a core set of archetypal structures in system dynamics. *System Dynamics Review*, 19(1), 7-26. <https://doi.org/10.1002/sdr.259>
- Xu, Z. X., Takeuchi, K., Ishidaira, H. & Zhang, X. W. (2002). Sustainability analysis for Yellow River water resources using the system dynamics approach. *Water Resources Management*, 16, 239-261. <https://doi.org/10.1023/A:1020206826669>
- Yousefi, M., Kafash, A., Valizadegan, N., Ilanloo, S. S., Rajabzadeh, M., Malekoutikhah, S. & Ashrafi, S. (2019). Climate change is a major problem for biodiversity conservation: A systematic review of recent studies in Iran. *Contemporary Problems of Ecology*, 12, 394-403. <https://doi.org/10.1134/S1995425519040127>
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R. & Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, 30-39.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>

Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Rooud Watershed, Eskandari sub-watershed)

Zeinab Karimi*, Ali Talebi

Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yaz, Iran

*Corresponding Author: karimi.modares@gmail.com

(Received: 17 December 2023

Revised: 11 January 2024

Accepted: 06 February 2024)

Extended Abstract

Introduction: Eskandari sub-watershed is one of the most important water supply sources for agriculture, drinking and industry in Isfahan region and province. Therefore, better understanding of the problems within this watershed is crucial for planning and proper management. Moreover, a concerted effort to engage all stakeholders in the integrated management of this watershed is necessary. This research aims to investigate the reasons for the increase of runoff in the years 2011, 2021, and 2031, providing management solutions with the active participation of stakeholders.

Materials and methods: First, the height of the runoff was estimated using the curve number method. In this regard, Landsat 5 and 8 satellite images from 2011 and 2021 were used to prepare a land-use map of the Eskandari sub-watershed. Additionally, the prediction of land-use changes in the future (2031) was done using the Markov model. To prepare the curve number map, the combination of the land-use map and hydrological groups was used, and then the runoff height was estimated in the studied years. Following this, through collaborative workshops, stakeholders were asked to create a problems and objectives tree based on the main reasons for the runoff progress in the watershed, consulting with each other. Subsequently, based on the objective tree, the initial list of proposed solutions for the Eskandari sub-watershed was presented. The proposed solutions were then refined, classified, and prioritized by experts. Continuing with the goals of the current research, the most important indicators affecting the current situation of the Eskandari sub-watershed were selected based on the opinions of experts and stakeholders. To model, the multi-criteria decision-making method was used to select solutions and prioritize them. Therefore, initially, the researcher's questionnaire was distributed among stakeholders for scoring the selected solutions according to the assessment criteria. Finally, the results obtained from experts' scoring were prioritized using the TOPSIS method.

Results and Discussion: The results reveal a significant reduction in natural lands in the region. Consequently, by 2031, rangelands with good and mediocre cover have been completely destroyed, while those with poor cover, irrigation, and rainfed agriculture dominate the region. Based on soil science information, 57.18% of the area is related to hydrological group B with a medium runoff production capacity. Hydrological groups C and D, with percentages of 24.98 and 17.82, respectively, are the next priorities. Following this, by combining the hydrological group map of the watershed with the land-use map in GIS environment, the CN map with curve numbers ranging from 61 to 96 was obtained. Finally, the average infiltration in 2011, 2021, and 2031 was 79.15, 62.82, and 55.12 mm, respectively, while the average runoff in those years was 10.99, 13.15, and 13.38 mm, respectively. According to the results, the losses decrease over time, while the runoff increases. Residential lands and rocky outcrops have the highest amount of runoff production, i.e. 34.38 mm, whereas rangeland with good cover (0.33) has the lowest amount of runoff. In subsequent collaborative workshops, based on the opinions and consensus of stakeholders and experts, improper agriculture was identified as one of the main reasons for increase of runoff in the studied area. Due to a lack of water, insufficient income, and a lack of laws and supervision in the region, watershed farmers and residents are changing land use and cultivating low-yielding lands in an unprincipled manner. Also, in line with the research goals, 11 management solutions and 12 effective indicators (economic, social, and environmental sectors) were identified for the current situation of the watershed. The prioritization results based on the TOPSIS method showed that the solution of creating cover farming to increase surface coverage has been assigned the highest priority.

Conclusion: In this research, efforts have been made to address and mitigate the runoff in the study area. Management solutions have been presented based on the preferences and participation of stakeholders. Therefore, to prevent further runoff in the region, it is suggested to establish institutions tailored to the watershed's situation, considering patterns of cultivation and conservation agriculture, and integrating the cooperation of subordinate institutions and organizations.

Keywords: Objectives tree, Eskandari sub-watershed, TOPSIS method, Stakeholders, Curve number.

Citation: Karimi, Z., & Talebi, A. (2024). Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Rooud Watershed, Eskandari sub-watershed). *Integrated Watershed Management*, 4(1), 61-75. doi: 10.22034/iwm.2024.2018157.1119

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>).





تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیر آبخیز اسکندری)

زینب کریمی*، علی طالبی

گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

*نویسنده مسئول: karimi.modares@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۶

چکیده مبسوط

مقدمه: زیرآبخیز اسکندری یکی از مهم‌ترین منابع اصلی تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت در منطقه و استان اصفهان است. بنابراین، آگاهی و درک بهتر از مشکلات موجود در این زیرآبخیز می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح در این حوزه باشد. ضمن اینکه، تلاشی مضاعف در جذب تمام ذینفعان در مدیریت جامع این حوزه، امری ضروری است. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف بررسی دلایل پیشرفت رواناب در بازه سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ و ارائه راهکارهای مدیریتی با مشارکت ذینفعان برنامه‌ریزی شده است.

مواد و روش‌ها: ابتدا ارتفاع رواناب با استفاده از روش شماره منحنی برآورد شد. در این راستا، از تصاویر ماهواره‌ای Landsat 5 و 8 مربوط به سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ جهت تهیه نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری استفاده شد. هم‌چنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده (۲۰۳۱) با استفاده از مدل مارکوف انجام پذیرفت. سپس برای تهیه نقشه شماره منحنی از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک استفاده و سپس ارتفاع رواناب در سال‌های مورد مطالعه برآورد گردید. در ادامه، با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی، از ذینفعان خواسته شد ضمن مشورت با یکدیگر درخت مشکلات و اهداف را بر مبنای دلایل اصلی پیشرفت رواناب در حوزه ترسیم نمایند. سپس، بر اساس درخت اهداف فهرست اولیه راهکارهای پیشنهادی برای زیرآبخیز اسکندری ارائه شد. هم‌چنین، راهکارهای پیشنهادی از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت. در ادامه، بر اساس اهداف پژوهش حاضر، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت کنونی زیرآبخیز اسکندری بر اساس نظرات کارشناسان و ذینفعان انتخاب شدند. سپس، به منظور مدل‌سازی برای انتخاب راهکارها و اولویت‌بندی آن‌ها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. بنابراین ابتدا پرسشنامه محقق به منظور امتیازدهی به راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای ارزیابی بین ذینفعان توزیع شد. در نهایت، نتایج حاصل از امتیازدهی کارشناسان با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند.

نتایج و بحث: نتایج کاهش چشمگیر اراضی طبیعی را در منطقه نشان می‌دهد. به طوری که در سال ۲۰۳۱ مراتع با تاج پوشش خوب و متوسط کاملاً نابود شده‌اند و مراتع با تاج پوشش ضعیف و زراعت آبی و دیم در منطقه غالب شده‌اند. هم‌چنین، بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی ۵۷/۱۸ درصد سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیک B با توانایی تولید رواناب متوسط است. گروه‌های هیدرولوژیک C و D با ۲۴/۹۸ و ۱۷/۸۲ درصد به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند. در ادامه، از تلفیق نقشه گروه هیدرولوژیک خاک حوزه با نقشه کاربری اراضی در نرم‌افزار GIS، نقشه CN دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ به دست آمد. در نهایت، میانگین نفوذ در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۷۹/۱۵، ۶۲/۸۲ و ۵۵/۱۲ میلی‌متر و میانگین رواناب در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۱۳/۱۵، ۱۳/۳۸ و ۱۳/۳۸ میلی‌متر به دست آمد. طبق نتایج به‌دست‌آمده، مقدار تلفات با گذشت زمان کاهش و مقدار رواناب افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج، اراضی مسکونی و رخنمون سنگی بیش‌ترین میزان تولید رواناب یعنی ۳۴/۳۸ میلی‌متر و مرتع با تاج پوشش خوب (۰/۳۳) کم‌ترین میزان رواناب را به خود اختصاص داده‌اند. در ادامه با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی، بر اساس نظرات و هم‌فکری ذینفعان و کارشناسان، یکی از دلایل اصلی پیشرفت رواناب در منطقه را کشاورزی غیراصولی عنوان کردند. در واقع، به دلیل کم‌آبی، درآمد ناکافی، عدم وجود قوانین و نظارت در منطقه؛ آبخیز‌نشینان به تغییر کاربری اراضی و کشت در اراضی کم‌بازه به صورت غیراصولی می‌پردازند. هم‌چنین، با توجه به اهداف پژوهش ۱۱ راهکار مدیریتی و ۱۲ شاخص مؤثر (بخش اقتصادی- اجتماعی و محیطی) در وضعیت کنونی حوزه به دست آمد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی بر اساس روش TOPSIS نشان داد که راهکار ایجاد زراعت پوششی بیش‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری: در این پژوهش سعی شده است به منظور جلوگیری یا کاهش پیشرفت رواناب در منطقه مورد مطالعه راهکارهای مدیریتی بر اساس ترجیحات و مشارکت ذینفعان ارائه شود. بنابراین، به منظور جلوگیری از پیشرفت رواناب در منطقه ایجاد نهادهای مطابق با وضعیت حوزه در خصوص الگوهای کشت و کشاورزی حفاظتی و یکپارچه‌سازی همکاری‌های نهادها و سازمان‌های زیربند پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: درخت اهداف، زیرآبخیز اسکندری، روش TOPSIS، ذینفعان، شماره منحنی.

استناد: کریمی، ز؛ و طالبی، ع. (۱۴۰۳). تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب از گذشته تا آینده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زاینده‌رود- زیر آبخیز اسکندری). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴(۱)، ۷۵-۶۱.



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

کاربری اراضی، مقدار رواناب حاصل از یک بارش را در بخش‌های مختلف حوزه آبخیز برآورد می‌کند (Mahdavi, 2011). به عبارت دیگر، گروه هیدرولوژیکی خاک، نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی مهم‌ترین ویژگی‌های استفاده شده حوضه برای به دست آوردن CN می‌باشند. در این راستا، مطالعات متعددی توسط پژوهشگران مختلف در ایران و جهان انجام شده است. Soulis و Valiantzas (۲۰۱۲) مقادیر شماره منحنی را در دو سیستم ناهمگن در منطقه Lykorrema ایالات متحده آمریکا بر اساس داده‌های بارش و رواناب محاسبه کرده و بیان کردند که برآورد شماره منحنی در دو سیستم دقت قابل قبولی داشته است. Mostafazadeh و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به ارزیابی CN رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن در حوزه آبخیز جعفرآباد پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد میانگین مقادیر CN در فصل‌های تابستان و زمستان حدود ۷۳ و در فصل‌های بهار و پاییز به ترتیب ۲۳ و ۲۷ است. ضمن اینکه، مقدار CN در بارش‌هایی با شدت‌های بیش از ۱۰ و ۴۰ میلی‌متر در ساعت برآورد شدند. هم‌چنین، در رخدادهایی با ضریب رواناب ۸۰-۴۰ درصد، مقدار CN برآورد شده بیش از ۷۰ است. Satheeshkumar و همکاران (۲۰۱۷) میزان رواناب شمال هند را با استفاده از روش CN برآورد کردند. نتایج آن‌ها کاربرد این مدل را برای تخمین رواناب در حوزه آبخیز مذکور تأیید کردند. هم‌چنین، Bahrami و Imeni (۲۰۱۹) در پژوهشی به برآورد ارتفاع رواناب سالیانه و حداکثر دبی اوج سیل حوضه حصارک و مقایسه مقادیر رواناب برآورد شده با استفاده از روش ICAR، Justin، Sousa، Angeli di و SCS-CN در حوزه آبخیز حصارک پرداختند. نتایج مقایسه مقادیر رواناب برآورد شده در روش‌های مختلف با مقادیر رواناب مشاهداتی نشان داد روش SCS-CN انطباق بیشتری با رواناب و دبی مشاهداتی دارد. Lotfi Far (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به بررسی توان

تخمین رواناب یکی از مهم‌ترین فرآیندهایی است که در مدیریت جامع آبخیز برای اهداف مختلف از جمله مدیریت و کنترل رواناب، برنامه‌ریزی منابع آب یک آبخیز و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dehban *et al.*, 2022). ضمن اینکه، مدیریت صحیح و برنامه‌ریزی به‌موقع و اصولی رواناب می‌تواند در راستای حل مشکلات آب آشامیدنی، کشاورزی، صنعت و خشک‌سالی بسیار مفید باشد (Javadi *et al.*, 2011). در این راستا، روش‌های مرسوم اندازه‌گیری رواناب در ایران به خاطر عدم دسترسی به اکثر حوزه‌های آبخیز، یک امر پرهزینه، وقت‌گیر و مشکل است. علاوه بر این، در بیش‌تر حوزه‌های آبخیز ایران، ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش یا رواناب وجود ندارد و یا داده‌های موجود ناقص می‌باشند (Hossein Zadeh *et al.*, 2017). بدین منظور، برای برآورد رواناب از روش‌های تجربی مختلفی استفاده می‌شود. از جمله این روش‌ها، تخمین رواناب با استفاده از نفوذپذیری خاک، روش استدلالی، روش مبتنی بر سطح حوضه به روش کریگر، فولر و ایکار و هم‌چنین روش مبتنی بر شماره منحنی (CN)^۱ است (Bahrami & Imeni, 2019) که در بین این روش‌ها، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا^۲ (SCS) معروف به روش شماره منحنی به‌صورت دقیق‌تر و مطمئن‌تر کاربرد فراوانی در اقلیم‌های مختلف دنیا دارد (Chow Vent *et al.*, 1988). در هیدرولوژی، CN برای تعیین مقدار نفوذ بارش در زمین یا آبخوان و مقدار بارشی که تبدیل به رواناب می‌شود استفاده می‌گردد. زمانی که مقدار CN بالا باشد به معنای رواناب بالا و نفوذ کم است. اگر مقدار CN پایین باشد رواناب کم و نفوذ بالا است. در واقع، این روش با در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک، وضعیت هیدرولوژیکی زمین و نیز

1. Curve Number

2. Soil Conservation Service

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیرآبخیز اسکندری (۵۰°۲۰' تا ۵۰°۳۰' طول شرقی و ۳۲°۴۲' تا ۳۳°۱۱' عرض شمالی) دارای مساحتی بالغ بر ۱۶۴۹ کیلومتر مربع، میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۹ میلی‌متر و دمای ۹/۸ درجه سانتی‌گراد است. این زیرآبخیز در حوزه آبخیز زاینده‌رود و در استان اصفهان واقع شده است. هم‌چنین، رودخانه پلاسجان که از ارتفاعات استان اصفهان سرچشمه می‌گیرد، در این زیرآبخیز جاری است و سپس به ایستگاه هیدرومتری اسکندری می‌رسد (Effectiveness studies of watershed operation in Zayandehroud dam basin, 2021). موقعیت و اطلاعات مهم در مورد این زیرآبخیز در شکل ۱ ارائه شده است.

روش تحقیق

ابتدا، نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست 5 و 8 مربوط به سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ تهیه شد. در ادامه، با شناخت کلی تصویر و با استفاده از روش‌های مختلف پردازش تصویر، هر یک از کلاس‌ها در مرحله‌های جداگانه و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده از یکدیگر تفکیک شدند (Karimi et al., 2022). سپس، با توجه به اهداف طرح و نوع پوشش‌های موجود در زیرآبخیز اسکندری، طبقه‌های مختلف تصویر با استفاده از روش حداکثر احتمال^۳ طبقه‌بندی گردیدند (Lillesand & Kiefer, 2003). هم‌چنین، پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در آینده (۲۰۳۱) با استفاده از مدل مارکوف^۴ انجام پذیرفت (Singh et al., 2015). روش زنجیره‌ای مارکوف، تصاویر پهنه‌بندی کاربری اراضی را تحلیل و یک خروجی به شکل ماتریس احتمالی تغییرات و یک تصویر خروجی از ماتریس احتمالی تغییرات برای سال افق را ارائه می‌دهد.

تولید رواناب در حوزه آبخیز رازآور کرمانشاه با روش SCS و کلاس‌بندی و وزن‌دار کردن مؤثرترین عوامل سیل‌خیزی پرداخت. نتایج حاصل از پژوهش ایشان نشان داد که عوامل زمین‌شناسی با میانگین $R=۳/۳۳$ و پوشش گیاهی با میانگین $R=۲/۲۰$ و ضریب رواناب CN با میانگین $R=۷۲/۷۳$ مؤثرترین عوامل در تولید رواناب حوضه می‌باشند.

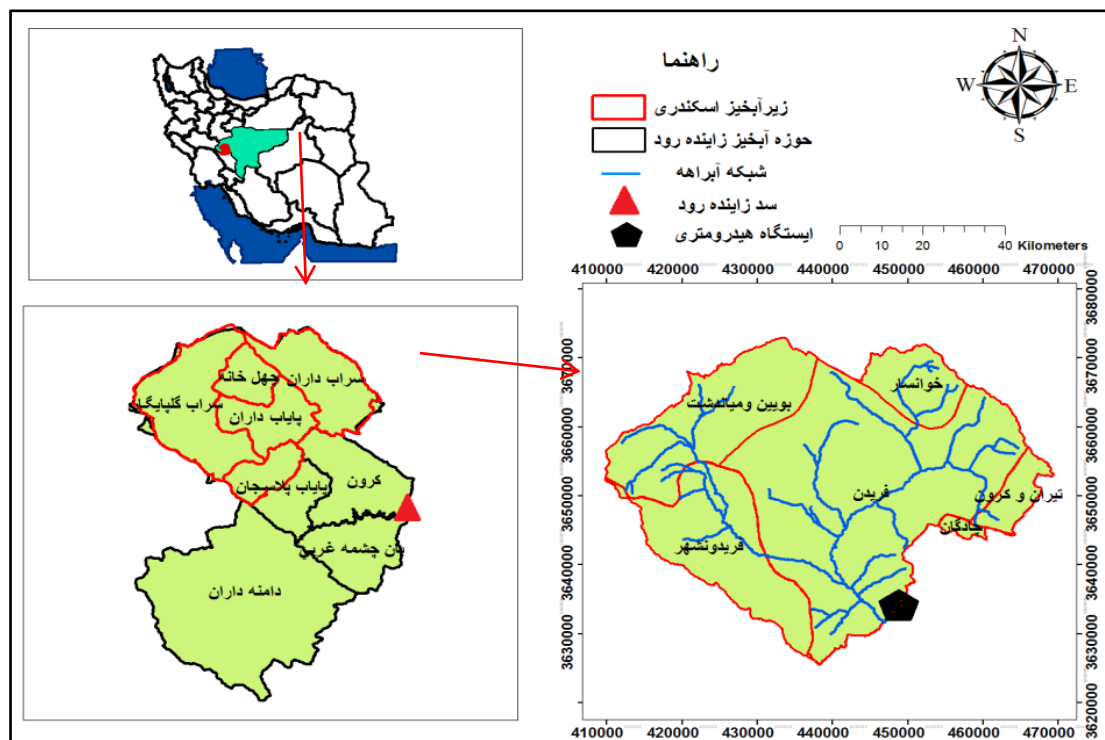
هم‌چنین، Baghel و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به برآورد توان تولید رواناب بر اساس روش CN در حوزه آبخیز Mand طی دوره آماری ۲۰۱۵-۲۰۱۹ پرداختند. مقدار رواناب برآورد شده با روش CN در منطقه مورد مطالعه ۵۰۷۰/۰۰ میلی‌متر مکعب به دست آمد. هم‌چنین، بر اساس روش AHP میزان تولید رواناب در ۱۳ زیرآبخیز منطقه مورد مطالعه یکسان نبوده و زیرحوضه‌های ۷ و ۱۱ بیش‌ترین میزان رواناب را تولید می‌کنند. ضمن اینکه، روش مورد مطالعه در پژوهش می‌تواند به‌طور گسترده در حوزه‌های آبخیز جهان استفاده شود.

جمع‌بندی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد اگرچه پژوهش‌های متعددی در خصوص استفاده از روش CN به‌منظور برآورد رواناب و تأکید استفاده از این روش به دلیل دقت بالای آن نسبت به سایر روش‌ها صورت گرفته است، اما کمتر پژوهشی به بررسی تدوین راهکارهای مدیریتی در راستای افزایش رواناب در حوزه آبخیز پرداخته است.

بر این اساس پژوهش حاضر با اهداف ذیل در زیرآبخیز اسکندری، واقع در حوزه آبخیز زاینده‌رود برنامه‌ریزی شده است:

۱- برآورد ارتفاع رواناب در زمان گذشته (۲۰۱۱)، فعلی (۲۰۲۱) و آینده (۲۰۳۱)؛

۲- تدوین راهکارهای مدیریتی با مشارکت ذینفعان در خصوص دلایل افزایش رواناب طی دوره آماری مورد مطالعه.



شکل ۱- موقعیت و اطلاعات مهم زیرآبخیز اسکندری در ایران و حوزه آبخیز زاینده‌رود

Figure 1- Location and important information of Eskandari sub-watershed in Iran and Zayandeh roud watershed

در ادامه، مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته برای منطقه مورد مطالعه برآورد شد. این مقدار در سال ۲۰۱۱ و ۲۰۲۱ به ترتیب ۴۷ و ۴۰ میلی‌متر محاسبه گردید. همچنین؛ پیش‌بینی حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سال ۲۰۳۱، ۳۹/۳۰ میلی‌متر در نظر گرفته شد. به عبارت دیگر؛ پیش‌بینی بارش بر اساس میانگین ۱۰ ساله حداکثر بارش ۲۴ ساعته از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ و همچنین، با فرض ثابت بودن سایر شرایط و با توجه به اطلاعات و داده‌های سناریوی تغییر اقلیم در حوزه آبخیز زاینده‌رود انجام پذیرفت (Enteshri & Najafabadi, 2019).

در نهایت، مقدار تلفات (نگهداشت) و ارتفاع رواناب حاصل از بارندگی با استفاده از رابطه ۱ و ۲ برآورد شد (Verma et al., 2021). در این روابط، S تلفات کل (حداکثر توان نگهداری و نفوذ در خاک) برحسب میلی‌متر (mm)، Q ارتفاع رواناب (mm) و P حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته (mm) است.

ماتریس احتمال تغییر نشان می‌دهد که با چه احتمالی هر کلاس از کاربری اراضی طبقه‌بندی شده در آینده به کاربری دیگری تغییر خواهد یافت (Ghadery et al., 2020). سپس، نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک^۱ منطقه مورد مطالعه بر اساس اطلاعات خاک زیرآبخیز اسکندری و جدول ۱ تهیه شد (Kumar et al., 2021).

جدول ۱- وضعیت گروه‌های هیدرولوژیک خاک

Table 1- The status of hydrological soil groups

تولید رواناب	نوع خاک	شدت نفوذ (inch/h)	گروه‌های هیدرولوژیک
کم	شنی و قلوه‌سنگی	3<	A
متوسط	شنی لومی- شنی رسی	1.5-3	B
نسبتاً زیاد	لومی، لومی رسی دارای لایه سخت در عمق خاک	0.5-1.5	C
زیاد	رسی، خاک‌های شور، سنگ، جاده آسفالت، بتون، خاک‌های کم‌عمق	0.5>	D

1. Hydrologic soil groups

رفع مشکل یادداشت می‌شود (Karimi & Talebi, 2022).

سپس، بر اساس درخت اهداف فهرست اولیه راهکارهای پیشنهادی برای زیرآبخیز اسکندری ارائه شد. هم‌چنین، راهکارهای پیشنهادی از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت. در ادامه، بر اساس اهداف پژوهش حاضر، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت کنونی زیرآبخیز اسکندری بر اساس نظرات کارشناسان و ذینفعان انتخاب شدند. سپس، به منظور مدل‌سازی برای انتخاب راهکارها و اولویت‌بندی آنها از روش تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد (Karimi et al., 2022). بنابراین ابتدا پرسشنامه محقق به منظور امتیازدهی به راهکارهای منتخب با توجه به معیارهای ارزیابی بین ذینفعان توزیع شد. در نهایت، نتایج حاصل از امتیازدهی کارشناسان با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند. TOPSIS یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به طور گسترده‌ای در موقعیت‌های تصمیم واقعی به کار گرفته می‌شود (Yang & Hung, 2007).

نتایج

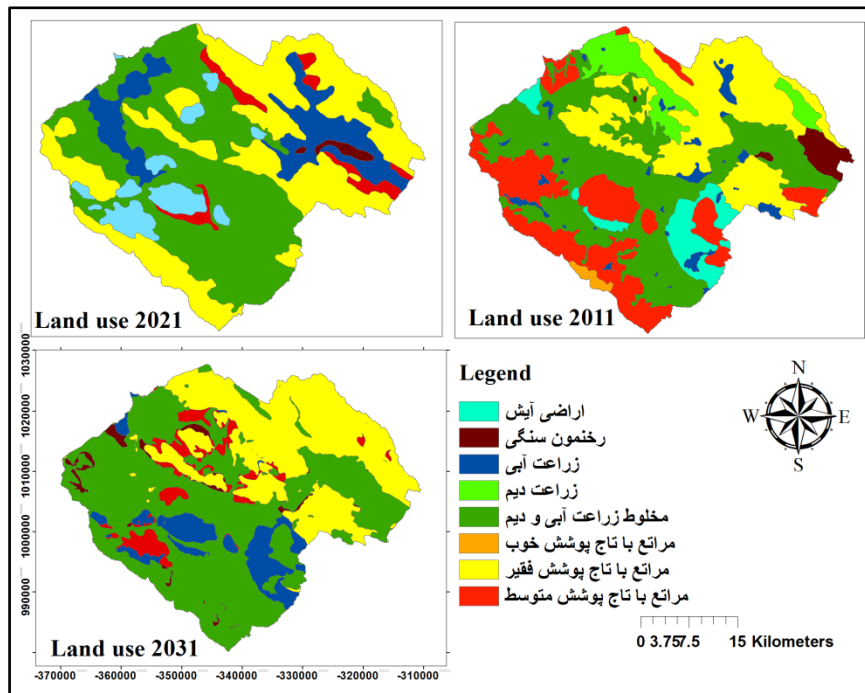
ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در زمان گذشته، حاضر و آینده تهیه شد (شکل ۲). بر اساس نتایج، با گذشت زمان از پوشش طبیعی منطقه کاسته و اراضی کشاورزی در منطقه روند افزایشی داشته است. به طوری که مراتع با پوشش خوب و متوسط کاملاً از منطقه مورد مطالعه حذف و مراتع با تاج پوشش ضعیف و زراعت آبی و دیم در منطقه غالب شده‌اند.

$$S = \frac{25400}{CN} - 25.4 \quad (1)$$

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S} \quad P > 0.2S \quad (2)$$

مرحله دوم: تدوین راهکارهای عملیاتی

در این مرحله، ابتدا گروه کارشناسی و ذینفعان زیرآبخیز اسکندری شناسایی شدند که شامل رهبران و اعضای شوراهای روستا، کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، آب منطقه‌ای، محیط‌زیست، جهاد کشاورزی و اعضای هیئت علمی دانشگاه یزد و صنعتی اصفهان بودند. لازم به ذکر است، انتخاب و حضور ذینفعان مختلف با توجه به ترجیحات و انتظارات متفاوت یک چالش جدی در پژوهش حاضر بود. بنابراین؛ از روش ماتریس علاقه- قدرت ذینفعان که بر مبنای دو معیار قدرت تأثیرگذاری و منفعتی که برای ذینفعان از فعالیت‌ها در حوضه ایجاد می‌شود، در پژوهش حاضر استفاده شده است. بر اساس این روش، ذینفعان در چهار گروه از لحاظ قدرت و منفعت (زیاد-کم) در ماتریس قرار می‌گیرند. سپس، ذینفعانی که بیش‌ترین تأثیرگذاری را در حوزه آبخیز داشتند، برای پژوهش حاضر در اولویت قرار گرفتند. در ادامه، با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی از ذینفعان خواسته شد ضمن مشورت با یکدیگر درخت مشکلات و اهداف را بر مبنای دلایل اصلی افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه ترسیم نمایند. مشکل اصلی در درخت مشکلات روی تنه درخت فرضی یادداشت شد. سپس در ریشه‌های این درخت علت مشکل و در شاخه‌های آن پیامدهای مشکل یادداشت می‌شود (Sheikh et al., 2018). هم‌چنین، در تنه درخت اهداف، ریشه‌ها و در شاخه‌ها به ترتیب کاهش یا رفع مشکل، علت به وجود آورنده مشکل و دستاوردهای ناشی از کاهش یا

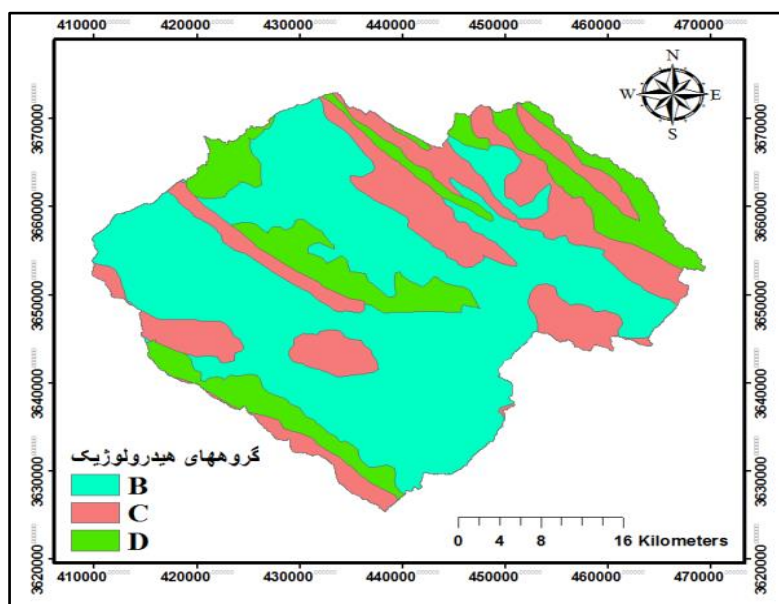


شکل ۲- نقشه کاربری اراضی زیرآبخیز اسکندری در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱، و ۲۰۳۱

Figure 2- Land use map of Eskandari sub-watershed in 2011, 2021 and 2031

(توانایی تولید رواناب کم) است و بیش‌ترین سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیکی B با ۵۷/۱۸ درصد است. هم‌چنین، گروه‌های هیدرولوژیکی C و D با ۲۴/۹۸ و ۱۷/۸۲ درصد به ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

سپس، بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک زیرآبخیز اسکندری تعیین شد (شکل ۳). منطقه مورد مطالعه شامل گروه‌های هیدرولوژیکی B، C و D است. مساحت هر یک از این گروه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج، منطقه مورد مطالعه فاقد گروه هیدرولوژیکی A



شکل ۳- نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک زیرآبخیز اسکندری

Figure 3- Map of soil hydrological groups of Eskandari sub-watershed

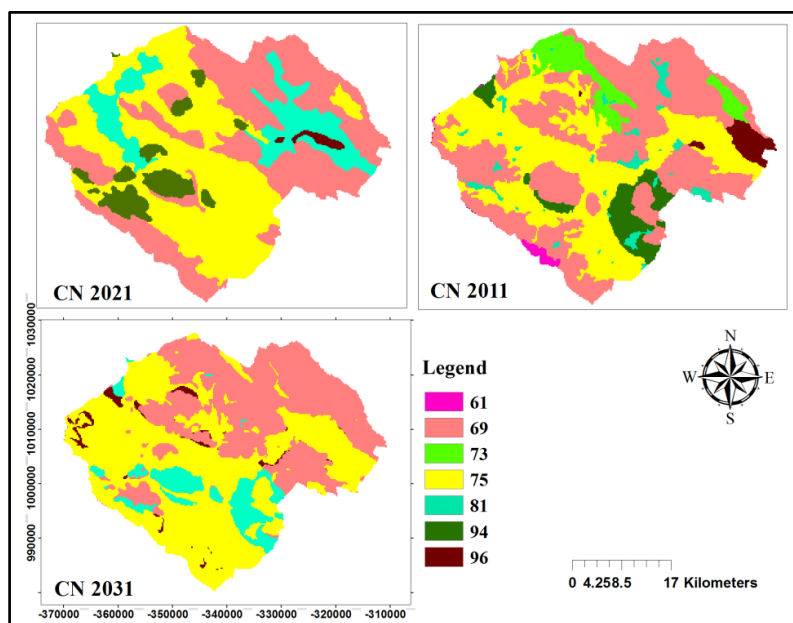
جدول ۲- مساحت گروه‌های هیدرولوژیک خاک در حوزه آبخیز اسکندری

Table 2- The area of soil hydrological groups in the Eskandari sub-watershed

D	C	B	A	گروه‌های هیدرولوژیک
29331.10	41106.60	94078.50	0	مساحت (ha)
17.82	24.98	57.18	0	مساحت (%)

۴). با توجه به نقشه CN، منطقه مورد مطالعه در سال ۲۰۱۱ دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ و در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ دارای شماره منحنی ۶۹ تا ۹۶ است.

در ادامه، از تلفیق نقشه گروه هیدرولوژیک خاک حوزه با نقشه کاربری اراضی در محیط GIS و امتیازدهی بر اساس جدول تعیین CN، نقشه شماره منحنی برای سال‌های مورد مطالعه تهیه شد (شکل



شکل ۴- نقشه شماره منحنی زیرآبخیز اسکندری در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱

Figure 4- Curve number map Eskandari sub-watershed in 2011, 2021 and 2031

به‌دست‌آمده، مقدار تلفات با گذشت زمان کاهش و مقدار رواناب افزایش می‌یابد.

در نهایت، مقادیر تلفات و ارتفاع رواناب در کاربری‌های مختلف برای سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ در منطقه مورد مطالعه برآورد شد (جدول ۳). طبق نتایج

جدول ۳- مقادیر تلفات و ارتفاع رواناب در کاربری‌های مختلف زیرآبخیز اسکندری

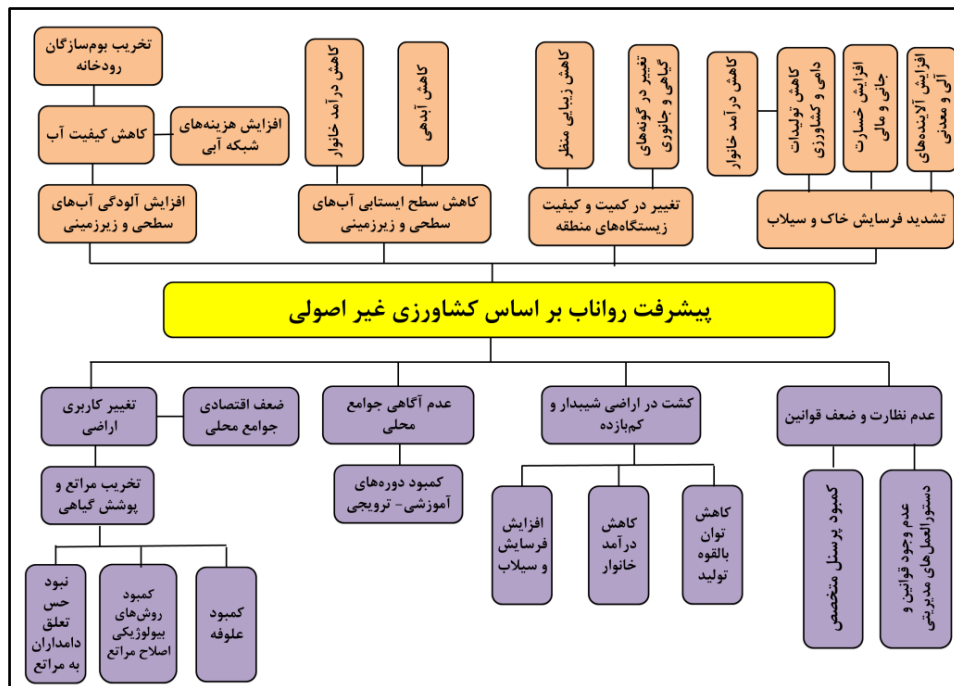
Table 3- Amounts of losses and height of runoff in different land uses of Eskandari sub-watershed

ارتفاع رواناب (mm/day)	تلفات (mm)	نوع کاربری	سال
4.40	89.24	زراعت آبی	2011
3.90	93.94	زراعت دیم	
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
0.33	162.39	مراتع خوب	
2.24	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
7.46	67.51	مرتع با تاج پوشش فقیر	
25.50	16.21	ارضای آیش	
34.38	5.18	رخنمون سنگی	
10.99	79.15	میانگین	

4.40	89.24	زراعت آبی	2021
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
2.24	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
7.46	67.51	مرتع با تاج پوشش فقیر	
25.50	16.21	اراضی آیش	
34.38	5.18	رخنمون سنگی	
13.15	62.82	میانگین	
8.62	59.58	زراعت آبی	
4.93	84.66	مخلوط زراعت آبی و دیم	
2.07	114.11	مرتع با تاج پوشش متوسط	
11.25	48.38	مرتع با تاج پوشش فقیر	2031
33.69	5.18	رخنمون سنگی	
13.38	55.12	میانگین	

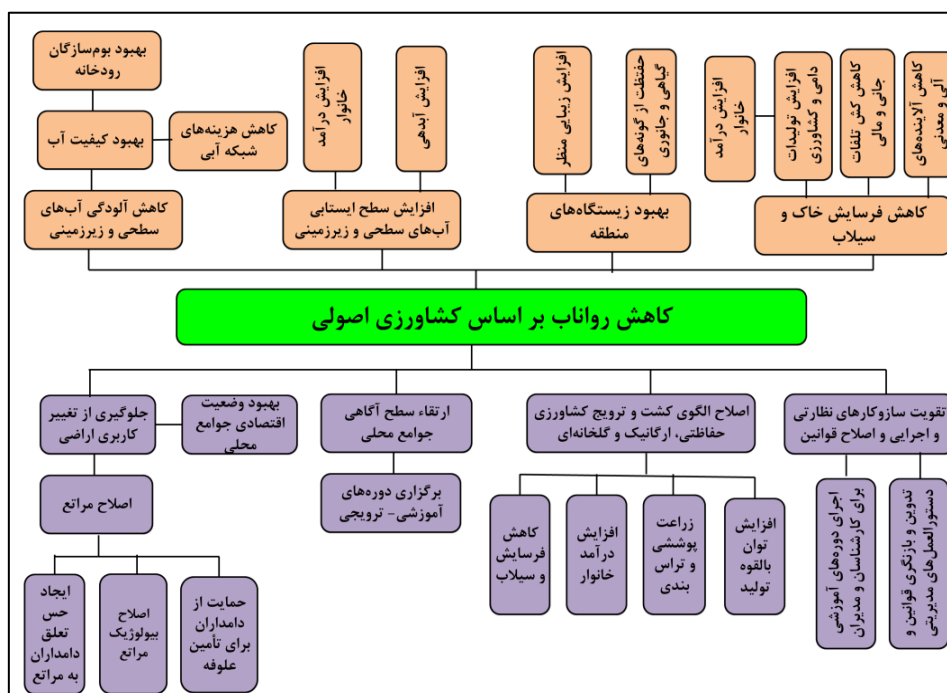
رواناب در منطقه کشاورزی غیراصولی در اراضی زراعی زیرآبخیز اسکندری است.

در ادامه، نتایج مربوط به درخت مشکلات و اهداف در شکل ۵ و ۶ ارائه شده است. بر اساس نظرات کارشناسی و ذینفعان، مهم‌ترین دلیل اصلی افزایش



شکل ۵- درخت مشکلات افزایش رواناب بر مبنای کشاورزی غیراصولی

Figure 5- The problem tree of increasing runoff based on unproper agriculture



شکل ۶- درخت اهداف افزایش رواناب بر مبنای کشاورزی غیراصولی

Figure 6- The objective tree of increasing runoff based on proper agriculture

برای زیرآبخیز اسکندری در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است، راهکار اصلاح الگوی آبیاری و کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه هر دو اولویت دوم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، اولویت‌بندی راهکارها بر اساس طیف لیکرت انجام پذیرفت.

در مرحله بعد، فهرست راهکارهای پیشنهادی بر اساس درخت اهداف از نظر کارشناسی مورد پالایش، طبقه‌بندی و اولویت‌بندی قرار گرفت و فهرست راهکارهای مدیریت زیرآبخیز اسکندری مطابق جدول ۴ به دست آمد. طبق اطلاعات به‌دست‌آمده، ۱۱ راهکار مدیریتی توسط نظرات کارشناسی و ذینفعان

جدول ۴- فهرست راهکارهای پیشنهادی پس از طبقه‌بندی و اولویت‌بندی

Table 4- List of proposed solutions after classification and prioritization

راهکارها	
۱- ترویج کشاورزی ارگانیک و گلخانه‌ای	
۲- اصلاح الگوی آبیاری	
۲- کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه	
۳- تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی	
۴- برگزاری دوره‌های آموزشی- ترویجی به‌منظور ارتقای آگاهی و توانمندسازی جوامع محلی	
۵- آموزش کارشناسان و تسهیلمان متخصص به‌منظور افزایش توانمندی	
۶- نظارت و اعمال قوانین به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی	
۷- تراس‌بندی در اراضی شیب‌دار به‌منظور حفاظت آب‌و خاک و افزایش تولید	
۸- تدوین برنامه جامع کاهش فقر	
۹- ایجاد زراعت پوششی به‌منظور افزایش پوشش سطح	
۱۰- تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به‌منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی	

مورد مطالعه در دو بخش اجتماعی- اقتصادی و محیطی شناسایی شدند (جدول ۵).

در ادامه، بر اساس نظرات کارشناسی و ذینفعان مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر وضعیت منطقه

جدول ۵- لیست شاخص‌های اثربخشی به‌منظور ارزیابی راهکارها

Table 5- List of effectiveness indicators to evaluate solutions

شاخص‌های اثربخشی	بخش
- عدم رعایت حق‌آبه، تولیدات کشاورزی و دامی، معیشت‌های جایگزین، مشارکت جوامع محلی، دسترسی به خدمات، مهاجرت	اجتماعی- اقتصادی
- برداشت بیش‌ازحد از منابع آب، تغییر کاربری اراضی، وضعیت پوشش گیاهی، تجاوز به حریم رودخانه‌ها، سیل و خشک‌سالی، فرسایش خاک	محیطی

در ادامه، به‌منظور امتیازدهی به راهکارها، از پرسشنامه محقق ساخته‌شده، بر اساس روش TOPSIS استفاده شد. سطرهای این پرسشنامه را شاخص‌های اثربخشی و ستون‌های آن را راهکارهای

منتخب تشکیل می‌دهند. در ادامه، پرسشنامه تهیه‌شده بین جمعی از ذینفعان زیرآبخیز اسکندری توزیع شد. نتایج اولویت‌بندی راهکارها بر اساس روش TOPSIS در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- اولویت‌بندی راهکارهای پیشنهادی با استفاده از روش TOPSIS

Table 6- Prioritization of suggested solutions using TOPSIS method

اولویت‌بندی	راهکارها
1	ایجاد زراعت پوششی به‌منظور افزایش پوشش سطح
2	نظارت و اعمال قوانین به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی
3	تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی
4	اصلاح الگوی آبیاری
5	تراس‌بندی در اراضی شیب‌دار به‌منظور حفاظت آب‌و خاک و افزایش تولید
6	کشت محصولات سازگار با شرایط منطقه
7	ترویج کشاورزی ارگانیک و گلخانه‌ای
8	برگزاری دوره‌های آموزشی- ترویجی به‌منظور ارتقای آگاهی و توانمندسازی جوامع محلی
9	آموزش کارشناسان و تسهیلاتگران متخصص به‌منظور افزایش توانمندی
10	تدوین برنامه جامع کاهش فقر
11	تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به‌منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی

بحث

پوشش خوب و متوسط کاملاً نابود خواهند شد. ضمن اینکه، مساحت اراضی زراعی آبی و دیم افزایش یافته است که مؤید تخریب اراضی طبیعی و افزایش رواناب در منطقه است. در این راستا؛ نتایج پژوهش با یافته‌های Machado و همکاران (۲۰۲۲) و Yulianto و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر تأثیر مثبت وقوع تغییر کاربری اراضی بر افزایش رواناب مطابقت دارد. Machado و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی که در برزیل انجام داده بودند، دلایل تفاوت در مقادیر رواناب را به تنوع و تغییر کاربری اراضی نسبت دادند. ضمن اینکه، Yulianto و همکاران (۲۰۲۲) اثر معنی‌دار افزایش رواناب را در حوضه‌های اندونزی به

یکی از روش‌های بررسی چگونگی شکل‌گیری رواناب، روش CN است که در آن به پوشش گیاهی (کاربری اراضی) و شرایط خاک توجه شده است. در این راستا، در پژوهش حاضر، از روش CN برای برآورد رواناب استفاده شد؛ بنابراین، به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا نقشه‌های کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ تهیه شد. سپس پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در سال ۲۰۳۱ بر اساس مدل مارکوف انجام پذیرفت. نتایج کاهش چشمگیر اراضی طبیعی را در منطقه نشان می‌دهد. به‌طوری‌که در سال ۲۰۳۱ مراتع با تاج

نفوذ در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۷۹/۱۵، ۶۲/۸۲ و ۵۵/۱۲ میلی‌متر به دست آمد. با توجه به نتایج، اراضی مسکونی و رخنمون سنگی بیش‌ترین میزان تولید رواناب یعنی ۳۴/۳۸ میلی‌متر را دارد. هم‌چنین، اراضی آیش (۲۵/۵۰)، مرتع با تاج پوشش فقیر (۷/۴۶)، مخلوط زراعت آبی و دیم (۴/۹۳)، زراعت آبی (۴/۴۰)، زراعت دیم (۳/۹۰)، مرتع با تاج پوشش متوسط (۲/۲۴) و خوب (۰/۳۳) به ترتیب بیش‌ترین میزان رواناب را به خود اختصاص داده‌اند. هم‌چنین، میانگین رواناب در سال ۲۰۱۱، ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ به ترتیب ۱۰/۹۹، ۱۳/۱۵ و ۱۳/۳۸ میلی‌متر به دست آمد. نتایج حاصل با یافته‌های Karimi و همکاران (۲۰۲۲) مبنی بر افزایش رواناب در اراضی زراعی مطابقت دارد.

در ادامه با تشکیل کارگاه‌های مشارکتی؛ بر اساس نظرات و هم‌فکری ذینفعان و کارشناسان، یکی از دلایل اصلی افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه را کشاورزی غیراصولی عنوان کردند. در واقع، به دلیل کم‌آبی، درآمد ناکافی، عدم وجود قوانین و نظارت در منطقه؛ آبخیزنشینان به تغییر کاربری اراضی و کشت در اراضی کم بازده به‌صورت غیراصولی می‌پردازند. این امر، منجر به کاهش پوشش گیاهی طبیعی، افزایش رواناب، افزایش فرسایش آبی و بادی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و مخاطرات طبیعی دیگر می‌شود. ضمن اینکه، منطقه مورد مطالعه به دلیل وقوع رگبارهای شدید و کوتاه‌مدت و هم‌چنین ریزش بارش‌های طولانی‌مدت در اثر بالا رفتن درجه حرارت در معرض خطر سیلاب قرار دارد. بنابراین با توجه به دخالت‌های بی‌رویه انسان در منطقه و کاهش اراضی طبیعی و محافظتی، اجرای اقدامات مدیریتی به‌منظور کاهش یا حل مشکلات رواناب ضروری است. بر این اساس، درخت مشکلات و اهداف با توجه به این مشکل ترسیم گردید. در ادامه، با توجه به اهداف پژوهش ۱۱ راهکار مدیریتی و ۱۲ شاخص مؤثر (بخش اقتصادی- اجتماعی و محیطی) در وضعیت

تغییر کاربری اراضی نسبت داده و بیان نمودند که علاوه بر تخریب اراضی طبیعی بایستی تفاوت مکانی را در برنامه‌ریزی‌ها مد نظر قرار داد.

در ادامه، نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تعداد کشاورزان نیز در منطقه افزایش یافته است. در این راستا، نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش با مطالعات Soleimani و Hojati (۲۰۱۷) در این زمینه هم‌خوانی دارد. در ادامه، با تلفیق لایه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیک خاک، نقشه CN برای سال‌های مورد مطالعه تهیه شد. بر اساس اطلاعات خاک‌شناسی، ۵۷/۱۸ درصد سطح منطقه مربوط به گروه هیدرولوژیک B با توانایی تولید رواناب متوسط است. هم‌چنین، گروه C و D با توانایی تولید رواناب نسبتاً زیاد و زیاد در اولویت‌های بعدی قرار دارند.

با توجه به نقشه CN، زیرآبخیز اسکندری دارای شماره منحنی ۶۱ تا ۹۶ است. در واقع اراضی مسکونی و رخنمون سنگی به دلیل نفوذپذیری خیلی کم، بالاترین مقدار CN را در منطقه مورد مطالعه دارند و بعداز آن مراتع با تاج پوشش خوب، دارای بالاترین CN هستند. هم‌چنین، منطقه مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۲۱ و ۲۰۳۱ دارای شماره منحنی ۶۹ (مراتع با تاج پوشش فقیر) تا ۹۶ است. ضمن اینکه، با تغییر کاربری مراتع با تاج پوشش خوب (۶۱) و متوسط (۶۹) به زراعت آبی (۸۱)، مخلوط زراعت آبی و دیم (۷۵)، زراعت دیم (۷۳) و اراضی آیش (۹۴) مقدار CN افزایش یافته است.

در ادامه، پس از تهیه نقشه‌های CN، از طریق روابط ذکرشده در روش پژوهش و مقادیر به‌دست‌آمده از CN منطقه، مقدار تلفات (نفوذ) برحسب میلی‌متر محاسبه شد. مقدار نفوذ در منطقه مورد مطالعه از ۱۶۲/۳۹ میلی‌متر تا ۵/۱۸ میلی‌متر متغیر است. کمترین مقدار نفوذ مربوط به اراضی مسکونی و رخنمون سنگی و بیش‌ترین مقدار نفوذ منطبق با مراتع خوب محاسبه شده است. هم‌چنین، میانگین

- کاهش فرسایش خاک؛
- بهبود زیستگاه‌های منطقه؛
- بهبود وضعیت اقتصادی جوامع محلی؛
- جلوگیری از تخریب و تغییر اراضی طبیعی؛
- ظرفیت‌سازی و افزایش آگاهی جوامع محلی؛
- مشارکت بیشتر جوامع محلی و کارشناسان؛
- اصلاح الگوی کشت و کشت گیاهان سازگار با شرایط منطقه؛
- متنوع سازی محصولات کشاورزی.

بنابراین؛

۱- تقویت قوانین نظارتی به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی طبیعی به اراضی کم بازده پیشنهاد می‌شود.

۲- ایجاد نهادهای مطابق با وضعیت حوضه در خصوص الگوهای کشت و کشاورزی حفاظتی پیشنهاد می‌شود.

۳- به‌منظور جلوگیری از افزایش رواناب در منطقه، یکپارچه‌سازی همکاری‌های نهادها و سازمان‌های زیربند پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه یزد به‌منظور حمایت مالی و از اعضای هیئت‌علمی دانشگاه یزد و اصفهان و کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان برای ارائه داده‌ها و اطلاعات و همچنین اعضای شورا، رهبران و جوامع محلی منطقه مورد مطالعه در راستای مشارکت در کارگاه‌ها و هم‌فکری تشکر می‌کنند.

References

Baghel, S., Kothari, M., Tripathi, M. P., Das, S., Kumar, A. & Kuriqi, A. (2023). Water conservation appraisal using surface runoff estimated by an integrated SCS-CN and MCDA-AHP technique. *Journal of Earth System Science*, 132 (3), 127. <https://doi.org/10.1007/s12040-023-02133-x>.

کنونی حوضه به دست آمد. نتایج حاصل از اولویت‌بندی بر اساس روش TOPSIS نشان داد که راهکار ایجاد زراعت پوششی به‌منظور افزایش پوشش سطح، بیش‌ترین اولویت را به خود اختصاص داده است. همچنین، راهکارهای نظارت و اعمال قوانین به‌منظور جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و تدوین دستورالعمل‌های کشاورزی حفاظتی در اولویت دوم و سوم قرار دارند. ضمن اینکه، راهکار تشکیل تعاونی‌های بازاریابی به‌منظور عرضه و تقاضای محصولات کشاورزی و دامی کم‌ترین اولویت را از دیدگاه کارشناسی و ذینفعان به خود اختصاص داده است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش سعی شده است به‌منظور جلوگیری یا کاهش افزایش رواناب در منطقه مورد مطالعه راهکارهای مدیریتی بر اساس ترجیحات و مشارکت ذینفعان ارائه شود. ضمن اینکه، محدودیت شدید حاکم بر منابع آب و پیش‌بینی خشک‌سالی در آینده، احتمال به خطر افتادن معاش و رفاه اقتصادی کشاورزان را بالا برده است. لذا با اجرای برنامه‌های مدیریتی، دستاوردهای ذیل حاصل خواهد شد:

- تدوین و بازنگری قوانین و دستورالعمل‌های مدیریتی؛
- استفاده از آبخیزنشینان در برنامه‌های پایش و ارزیابی؛
- کاهش رواناب و افزایش نفوذ در خاک؛

Bahrami, Sh. & Imeni, S. (2019). Evaluation of Several Empirical Models in Estimating Annual Runoff (Case Study: Hesarak Catchment in Northwest of Tehran). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 30 (2), 55-74. <https://doi.org/10.22108/gep.2019.116956.1151> (In Persian)

- Chow Vent, e., Maidment, D. & Mays Larry, W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill international editions civil Engineering series, pp: 572.
- Dehban, H. Modaresi, F. & Ebrahimi, K. (2022). Evaluation of Fuzzy Logic in Verifying of Runoff Curve Number Estimation Based on Remote Sensing of Gorganrood Basin. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*, 15 (55), 1-10. (In Persian)
- Effectiveness studies of watershed operation in Zayandehroud dam basin. Groundwater report; 2021. (In Persian)
- Enteshri Najafabadi, S. (2019). *Compilation of water resources management framework in Zayandeh Roud watershed with emphasis on social, economic and environmental aspects*. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Isfahan. (In Persian)
- Ghaderi, Sh., Zare Chahuki, M.A., Azarnivand, H., Tavili, A. & Raigani, B. (2020). Prediction of land use changes using CA-Markov model (case study: Eshtehard). *Journal of Rangeland Scientific*, 14 (1), 147-160.
- Hossein Zadeh, M.M. & Nourozi Tiola, R. (2017). Estimation of runoff height using curve number method and Arc CN-Runoff tool, case study: Keshar Watershed, Tehran. *Journal of Geography and Development (GD)*, 15(53), 151-164. (In Persian)
- Javadi, M.R., Mirdar Harijani, F. & Chatersimab, Z. (2011). Estimation of runoff height using curve number method in Arc GIS software environment with Arc CN-Runoff tool. *Journal of Application of Remote Sensing and Geographic Information System in Quarterly Planning*, 2 (3), 55-62. (In Persian)
- Karimi, Z. & Talebi A. (2022). Integrated land management or Integrated watershed management. *Extension and Development of Watershed Management*, 10, 37: 57-66. <https://doi.org/20.1001.1.20089597>. 1401.10.37.9.1. (In Persian)
- Karimi, Z., Sadoddin, A. & Sheikh, V. (2022). Effects of watershed management practices on the quadric services of Chehel-Chai Watershed, Golestan Province. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(4): 18-36. <https://doi.org/10.22098/MMWS.2022.10523.1087>. (In Persian)
- Kumar, A., Kanga, S., Taloor, A. K., Singh, S. K. & Durin, B. (2021). Surface runoff estimation of Sind river basin using integrated SCS-CN and GIS techniques. *Hydrology Research*, 4, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.hydrres.2021.08.001>.
- Lillesand, T.M. & Kiefer R.W. (2003). *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1017/S0016756800012024>.
- Lotfi Far, T. (2022). Classification and weighing of Razavar Runoff coefficient in Kermanshah. *Journal of Geographical Sciences*, 18 (40), 106-131. (In Persian)
- Machado, R.E., Cardoso, T.O. & Mortene, M.H. (2022). Determination of runoff coefficient (C) in catchments based on analysis of precipitation and flow events. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(2), 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.09.001>
- Mahdavi, M. (2011). *Applied hydrology*. Volume Two, Seventh Edition, Tehran, Tehran University Press. 727 pp.
- Mostafazadeh, R., Mirzaei, Sh. & Nadiri, P. (2016). Determining the curve number of precipitation and runoff events and its changes with precipitation components in a forest watershed. *Journal of Water and Soil Sciences*, 21 (4), 15-28. (In Persian)
- Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S. & Kannan, R. (2017). Rainfall-runoff estimation using SCS- CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(24), 1-8. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0301-4>
- Sheikh, V.B., Zaregarizi, A., Asadinalivan, A., Alvandi, A. & Khosravi, G.R. (2018). Strategic document of comprehensive management of Chelchai watershed (with IWM approach). <https://civilica.com/doc/1012164/>. (In Persian)
- Singh S.K., Mustak S., Srivastava P.K., Szabo S. & Islam T. (2015). Predicting spatial and decadal LULC changes through cellular automata Markov Chain models using earth observation datasets

- and geo-information. *Environ. Processes*; 2, 61–78. <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0062-x>
- Soleimani, A. & Hojati, M. (2017). Investigation and Quantification of Variations of Landscape Measures using Remote Sensing and Biodiversity Indices (Case Study: Dez Protected Area). *Human & Environment*, (46), 67-76. <https://doi.org/20.1001.1.15625532.1397.16.3.5.0>. (In Persian)
- Soulis, K.X & Valiantzas, J.D. (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watershed-the two-CN system approach. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 1001-1015. <https://doi.org/10.5194/hess-16-1001-2012>
- Verma, R.K., Verma, S., Mishra, S.K. & Pandey, A. (2021). SCS-CN-based improved models for direct surface runoff estimation from large rainfall events. *Journal of Water Resource Management*, 35(7), 2149–2175. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02831-5>.
- Yang, T. & Hung, C.C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem, *Robotics and Computer Integrated*, 23 (1), 126-137. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2005.12.002>
- Yulianto, F., Khomarudin, M.R., Hermawan, E., Nugroho, N.P., Chulafak, G.A., Nugroho, G. & Priyanto, E. (2022). Spatial and temporal distribution of estimated surface runoff caused by land use/land cover changes in the upstream Citarum watershed, West Java, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 9(2), 3293-3305. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2022.092.3293>

Evaluation of the Sensitivity of the Empirical Model of MPSIAC Parameters on Sediment Yield in the Basin

Mehdi Hayatzadeh^{1*}, Vahid Moosavi², Esmaeil Soheili³

1- Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.

2- Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

3- Department of Agricultural Engineering, Faculty of Basic Sciences, University of Darab, Shiraz university, Iran.

*Corresponding Author: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir

(Received: 03 December 2023

Revised: 24 January 2024

Accepted: 06 February 2024)

Extended Abstract

Introduction: The study of erosion and sedimentation is a crucial aspect and an integral part of watershed studies in a basin. The methods employed to prevent erosion and sedimentation play a significant role in basin management planning. However, due to the lack of accurate statistics on erosion and sediment amounts, it becomes necessary to utilize estimation models for assessing erosion and sedimentation. These models are often region-specific and may have a wide range of uncertainty in different areas. One notable benefit of modeling, regardless of its type, is its ability to analyze natural processes within the basin. On the other hand, understanding erosion and sedimentation processes in a region can be an effective step in managing, planning, and prioritizing available resources. In this research, the aim was to determine the sensitivity of the MPSIAC model to the relationships among its parameters. Additionally, the goal was to assess the model's sensitivity to changes in these parameters and their impact on sedimentation. By identifying the influential ground and atmospheric parameters, it becomes possible to prioritize their effect on water sedimentation in the region.

Materials and methods: Through the sensitivity analysis of the model, it is possible to identify the flexibility of the model to the changes of its various parameters. It is also possible to determine the relationships between model variables and prioritize the parameters affecting the model output. Sensitivity analysis can be used in the calibration stage, in such a way that results are accurate, and time and cost are saved. In this study, to analyze the sensitivity of the MPSIAC model, first, the nine parameters of the model were examined. Then, according to the arrangement of different parameters in the structure of this model, the parameters were numbered from X1 to X9. Then, the score range of each parameter was entered in its calculation table according to the modified model of PSIAC. In this step, the average of each parameter was calculated according to its upper and lower limits. To achieve this, the nine parameters of the model were standardized, and the sedimentation rate was estimated by varying each parameter within its lower and upper limits while keeping the other parameter(s) fixed at their averages. With each change, the sediment discharge was calculated.

Results and Discussion: In the analysis of the results, the slope of the curves of the standardized parameters relative to the dependent variable (specific sediment) is considered. So that, any part of the curve that has more slope changes means that the model is more sensitive to minor changes in that parameter in that interval. In this study, the results of this sensitivity analysis reveal that the slope factor and runoff volume have a considerable influence on sediment yield. For slopes up to approximately 15%, the slope parameter has a relatively smaller impact compared to other parameters. However, as the slope value increases, its effect becomes more pronounced, indicating that high slopes (greater than 15%) have the greatest impact on sedimentation. The runoff factor exhibits a sudden increase in sensitivity at higher flow rates.

Conclusion: In examining the effect of different parameters on the model performance, the parameters that had the largest slope of changes can be considered as the most effective parameters in sedimentation of the basin. In other words, the model demonstrates high sensitivity to slight changes in specific peak discharge values above 20 m³/s/km². Therefore, implementing integrated (biomechanical) management measures to control slope steepness and reduce runoff volume can be an effective strategy for mitigating sedimentation. Therefore, based on the results, the role of land factors is very important, such as slope and then runoff, in the erodibility and sediment production in basins. Of course, it should be noted that climatic parameters directly and indirectly affect the amount of peak flood discharge and should not be neglected for their importance and influence in flooding and subsequently the erodibility of the watershed.

Keywords: Sensitivity Analysis, MPSIAC Model, Sediment Yield, Water Erosion

Citation: Hayatzadeh, M., Moosavi, V., & Soheili, E. (2024). Evaluation of the Sensitivity of the Empirical Model of MPSIAC Parameters on Sediment Yield in the Basin. *Integrated Watershed Management*, 4(1), 76-90. doi: 10.22034/iwm.2024.2016898.1117

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 میزان حساسیت پارامترهای مدل تجربی MPSIAC بر رسوبدهی حوزه آبخیز

مهدی حیات زاده*^۱، وحید موسوی^۲، اسماعیل سهیلی^۳

۱- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

۲- گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران

*نویسنده مسئول: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

چکیده مبسوط

مقدمه: مطالعه فرسایش و رسوب یکی از پارامترهای اصلی و جزء تفکیک‌ناپذیر مطالعات آبخیزداری یک حوزه آبخیز به شمار می‌رود. روش‌های جلوگیری از پدیده فرسایش و رسوب، پیکره برنامه‌ریزی مدیریت حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهد. از طرفی عدم وجود آمار دقیق از مقدار فرسایش و رسوب، استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش و رسوب را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. چنین مدل‌هایی اغلب منطقه‌ای بوده و در سایر مناطق می‌تواند بازه عدم قطعیت زیادی داشته باشد. یکی از دستاوردهای مهم مدل‌سازی فارغ از نوع آن، کمک به تحلیل فرایندهای طبیعی در حوزه آبخیز است. از طرفی آگاهی از فرایندهای فرسایش و رسوب در یک منطقه می‌تواند گام مؤثری در مدیریت، برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی منابع موجود باشد. به‌طور کلی در این تحقیق سعی شده تا با آنالیز حساسیت مدل تجربی پسیاک اصلاح‌شده (مدل برآورد فرسایش و رسوب) نسبت به پارامترهای به‌کاررفته در آن، حساسیت مدل نسبت به تغییرات پارامترهای آن‌ها شناسایی و تأثیر آن‌ها بر رسوبدهی مشخص شود. از طرفی با مشخص شدن پارامترهای زمینی و جوی تأثیرگذار می‌توان به اولویت‌بندی میزان اثرگذاری آن‌ها بر میزان رسوبدهی آبی منطقه اقدام نمود.

مواد و روش‌ها: آنالیز حساسیت روشی است که به وسیله آن، اثر تغییر ضرایب پارامترهای موجود در مدل‌ها را بر خروجی مدل می‌توان بررسی نمود و نیز روابط بین متغیرهای مدل با یکدیگر را تعیین و پارامترهای مؤثر بر خروجی مدل را اولویت‌بندی کرد. آنالیز حساسیت را می‌توان در مرحله واسنجی مورد استفاده قرار داد، به‌گونه‌ای که موجب دقت نتایج و صرفه‌جویی در وقت و هزینه گردد. بدین منظور با استفاده از استاندارد نمودن پارامترهای ۹ گانه مدل، میزان رسوبدهی از طریق تغییر مقادیر هر یک از پارامترها بین حد پایین و بالای آن برآورد گردید و پارامتر دیگر (یا پارامترهای دیگر) در میانگین خود ثابت و با هر تغییر، دبی رسوب محاسبه گردید.

نتایج و بحث: در تحلیل نتایج، میزان شیب منحنی‌های استاندارد شده پارامترهای مختلف نسبت به متغیر وابسته (رسوب ویژه) در نظر گرفته می‌شود؛ به‌طوری‌که هر قسمت از منحنی که تغییرات شیب بیشتری داشته باشد، حاکی از آن است که مدل نسبت به تغییرات جزئی آن پارامتر در آن بازه حساس‌تر است. نتایج حاصل از این آنالیز حساسیت حاکی از تأثیرگذاری بالای فاکتور شیب و حجم رواناب در رسوبدهی است؛ به‌طوری‌که تأثیر مقادیر پارامتر شیب تا حدود شیب ۱۵ درصد در خروجی مدل از دیگر پارامترها کمتر است، از طرفی با بالا رفتن مقدار شیب وضعیت تغییر کرده به‌طوری‌که می‌توان گفت شیب‌های بالا (بیش از ۱۵ درصد)، بیشترین تأثیر را در میزان رسوب تولیدی حوزه آبخیز دارند. تأثیر عامل رواناب نیز به‌یک‌باره در مقادیر دبی‌های بالا شیب تندی به خود گرفته است.

نتیجه‌گیری: پس از تفسیر و مطالعه گراف‌های حاصل از تغییرات رسوب ویژه و پارامترهای استاندارد شده مؤثر بر مقدار خروجی، پارامترهایی که گراف‌هایی با بیشترین مقدار شیب را نشان دادند؛ به‌عنوان مؤثرترین پارامترهای تأثیرگذار بر رسوبدهی حوزه آبخیز انتخاب شدند. به‌عبارت‌دیگر، مدل نسبت به تغییرات جزئی در میزان دبی اوج ویژه در مقادیر بالاتر از ۲۰ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع حساسیت بالایی را از خود نشان می‌دهد. لذا توجه به اقدامات مدیریتی در دامنه‌ها به‌صورت تلفیقی (بیومکانیکی) در جهت تعدیل شیب دامنه و کاهش حجم رواناب می‌تواند گامی مؤثر در جهت کاهش رسوبدهی حوزه آبخیز به شمار آید. این اقدام با توجه به ماهیت فیزیکی هر حوزه آبخیز می‌تواند در دامنه‌های منتهی به سرشاخه‌ها صورت پذیرد. لذا در تفسیر نتایج تحقیق حاضر می‌توان نقش فاکتورهای زمینی مثل شیب و به دنبال آن رواناب را در فرسایش‌پذیری و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز را بسیار بااهمیت دانست. البته لازم به ذکر است که پارامترهای اقلیمی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در میزان دبی اوج سیل تأثیرگذار بوده و نباید از اهمیت و تأثیرگذاری آن‌ها در سیل‌خیزی و به دنبال آن فرسایش‌پذیری حوزه آبخیز غافل شد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز حساسیت، مدل پسیاک اصلاح‌شده، رسوبدهی، فرسایش آبی

استناد: حیات‌زاده، م.، موسوی، و. و سهیلی، ا. (۱۴۰۲). ارزیابی میزان حساسیت پارامترهای مدل تجربی MPSIAC بر رسوبدهی حوزه آبخیز. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (۱)، ۴(۱)، ۷۶-۹۰.



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

نسبت به سایر روش‌های تجربی از عوامل بیشتری که در فرسایش خاک و رسوب‌زایی مؤثر هستند، استفاده نموده است. از معایب این روش می‌توان به لزوم ارزیابی صحیح هر یک از فاکتورها و اولویت‌بندی آن‌ها از نظر مؤثر بودن در تولید رسوب اشاره کرد که این مهم نیز با به‌کارگیری تجربه علمی و عملی فراوان در زمینه شناخت عوامل مختلف مؤثر در فرسایش خاک و رسوب‌زایی، قابل مرتفع کردن است و در صورت به کار بردن امتیاز صحیح هر فاکتور، این مشکل نیز برطرف خواهد شد (Shojaei *et al.*, 2017).

در زمینه روابط تجربی برآورد فرسایش و رسوب، فعالیت‌های تحقیقی زیادی صورت گرفته است. شرکت عمران و منابع آب آمریکا در ایران طی سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، روش پسیاک را برای مطالعه فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز دز به کار برد و به دلیل دقت نسبتاً خوب این روش در مقایسه با سایر روش‌ها، این مدل در اکثر حوزه‌های آبخیز کشور مورد استفاده قرار گرفت. Hasanlo (۲۰۰۳) با بررسی نقش عوامل ژئومورفولوژیکی در فرسایش آبی بخشی از حوزه آبخیز زنجان‌رود با استفاده از GIS نشان داد که با استفاده از مدل MPSIAC و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توان میزان فرسایش و رسوب را برآورد نمود و فرمول MPSIAC را برای مناطق مختلف واسنجی نمود، به طوری که رابطه به‌دست آمده همبستگی خوبی با نتایج مشاهداتی داشت. Khoda Rahimi (۲۰۰۵) با بررسی کارایی روش‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوزه آبخیز خارستان فارس، به برتری مدل MPSIAC نسبت به مدل EPM در این حوزه آبخیز دست‌یافت. Nourani و Mohsenzadeh (۲۰۱۷) در تحقیقی اقدام به برآورد رسوب ماهانه ایستگاه‌های حوضه آبی‌چای با استفاده از مدل پسیاک اصلاح‌شده و ریزمقیاس‌نمایی آبشاری نمودند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد بین بار رسوب برآورد شده با

هیچ پدیده خاکی در مقیاس جهانی مخرب‌تر از فرسایش ناشی از باد و آب نیست. پیامدهای فرسایش خاک توسط برخی از پژوهشگران به حدی خطرناک قلمداد شده است که شکوفایی و نابودی تمدن‌های پیشین را به این پدیده نسبت داده‌اند. امروزه نیز عقیده بر این است که فرسایش خاک توسط آب یکی از مسائل مهم و اصلی بازدارنده برای تحقق توسعه اقتصادی و اجتماعی به دلیل تخریب منابع زیست‌محیطی افزون بر عامل بازدارنده در دستیابی به امنیت غذایی در جهان است (Barker *et al.*, 2006).

درواقع فرسایش در مقابل خاک‌سازی^۱ قرار دارد. تا زمانی که میزان این دو باهم برابر است، تعادل برقرار است؛ ولی وقتی فرسایش بیشتر شد، خطرناک می‌شود (Refahi., 2003). اصولاً برآورد نزدیک به واقعیت مقدار فرسایش و رسوب در یک ناحیه موضوع مهمی است که همواره چگونگی برآورد آن مورد توجه پژوهش‌گران بوده است؛ بنابراین مدل‌های مختلف به‌مرور تجدید شده و ضرایب و عوامل آن‌ها به‌وسیله تحقیقات مختلف بررسی و اصلاح شده‌اند. به همین علت مدل‌های بسیاری توسعه یافته‌اند که هر یک تعدادی از عوامل مؤثر فرسایش و رسوب را در بر دارد. یکی از این روابط، مدل پسیاک^۲ است که در بسیاری از حوزه‌های آبخیز کشور کاربرد دارد (Hasanlo., 2003). مدل پسیاک در سال ۱۹۶۸ میلادی توسط کمیته آب آمریکا ارائه شد. این مدل در سال ۱۹۸۲ توسط دانشمندان آمریکایی مورد تجدیدنظر قرار گرفت و برای هر یک از عوامل ۹ گانه، ضرایبی در نظر گرفته شد که مدل پسیاک اصلاح‌شده^۳ نام‌گذاری شد (Zabihi Silabi & Khaledi., 2021). در این روش بیشترین و مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در محاسبات وارد می‌گردد. برای محاسبه مقدار رسوب تولیدی، نیاز به ضریب خاص هیدرولوژیکی منطقه یا رسوب‌زایی نیست. این روش

1. Pedogenes
2. PSIAC
3. MPSIAC

دابی چین مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS و با توجه به پارامترهای بارندگی، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی، مدل اجرا شد. نتایج نشان داد که فرسایش‌پذیری خاک وابسته به نوع خاک و پوشش گیاهی است.

Khaledian و Niknami (۲۰۱۷) در تحقیقی به تعیین نقش بهینه‌سازی کاربری اراضی بر کاهش پتانسیل فرسایش و رسوب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی در حوضه چهل‌گزی سنندج پرداختند. نتایج تحلیل حساسیت سناریوها در این تحقیق نشان داد که در صورت بهینه‌سازی کاربری اراضی، پتانسیل فرسایش در وضعیت فعلی ۸۵ درصد افزایش می‌یابد؛ ولی در وضعیت اعمال مدیریت اراضی، ۱۷ درصد و در وضعیت استاندارد، ۳۲ درصد کاهش می‌یابد. نتایج تحلیل حساسیت در هر سه گزینه نشان داد که تغییر در مساحت اراضی مرتعی بیشترین تأثیر را در تغییرات پتانسیل فرسایش حوضه دارد. Memarian و Dehghan (۲۰۱۹) با استفاده از روش تصادفی مونت کارلو اقدام به برآورد عدم قطعیت و تحلیل حساسیت معادله منحنی سنج‌رسوب در ایستگاه هیدرومتری زشک نمودند. نتایج تحلیل حساسیت معادله سنج‌رسوب در رژیم جریان پرآب، کم‌آب و نرمال نشان‌دهنده تأثیرپذیری بالای مدل سنج‌رسوب نسبت به تغییرات ضریب a است، درحالی‌که این تأثیرپذیری نسبت به تغییرات ضریب b اندک است؛ ولی در رژیم جریان حداکثر معادله سنج‌رسوب تأثیرپذیری منظم‌تر غیرخطی و بالایی را نسبت به تغییرات ضریب b نشان می‌دهد. معادله سنج‌رسوب عدم قطعیت بسیار بالایی را در رژیم جریان حداقل (کمتر از ۰/۳ مترمکعب بر ثانیه) نشان داد به طوری که در این نوع از جریان تقریباً هیچ‌یک از داده‌های مشاهداتی رسوب در محدوده تخمین باند عدم قطعیت مدل قرار نمی‌گیرند.

لذا به‌منظور استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد فرسایش و رسوب به‌ویژه مدل‌ها و روش‌های

مدل پسیاک اصلاح‌شده و ریزمقیاس شده با مدل آبشاری، با نتایج مشاهداتی و ثبت‌شده به ترتیب همبستگی ۰/۷۲ و ۰/۶۵ وجود دارد. از طرفی بین عوامل نه‌گانه مدل پسیاک اصلاح‌شده، دو عامل فرسایش رودخانه‌ای و فرسایش سطحی بیشترین تأثیرگذاری را دارند. MotamediRad و همکاران (۲۰۲۳) به‌منظور برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوزه آبریز کال اسماعیل دره از مدل‌های RUSLE و پسیاک اصلاح‌شده استفاده نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها، ضمن تأیید کارایی هر دو مدل مورد استفاده، شدت رسوب‌دهی و میزان فرسایش در منطقه مورد مطالعه را در بازه خیلی کم نشان داد.

فرآیند آنالیز حساسیت مدل‌های تجربی که اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات عوامل به‌کاررفته و میزان وابستگی خروجی مدل به این عوامل ارائه می‌نماید، مرحله مهمی در واسنجی و بهینه‌سازی مدل‌ها برای شرایط مختلف به شمار می‌رود (Jamali, 2001). پژوهش‌هایی توسط محققان مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. به‌عنوان مثال، Chi و همکاران (۲۰۰۵) اقدام به تحلیل حساسیت دو مدل هیدرولوژیکی (SEAD و GURUH) نمودند و به این نتیجه رسیدند که این کار واسنجی مدل را به‌مراتب ساده‌تر و دقیق‌تر کرده و کاربرد آن را در حوزه‌های آبخیز دیگر بیشتر نموده است. Bahremand و همکاران (۲۰۰۷) در استفاده از مدل هیدرولوژیکی WetSpa در حوزه آبخیزی در اسلواکی اقدام به تحلیل حساسیت پارامترهای آن نمودند و دریافتند که برخی از پارامترها در نتایج مدل از حساسیت به‌مراتب بیشتری برخوردارند. Foglia و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که تحلیل حساسیت مدل بارش- رواناب TOPKAPI و ارزیابی پارامترهای آن باعث افزایش چشم‌گیر کارایی مدل و نیز سادگی و دقت واسنجی آن می‌گردد. Zhang و همکاران (۲۰۱۳)، حساسیت پارامترهای فرسایش‌پذیری خاک را در منطقه کوهستانی تونگبای

تجربی، علاوه بر کسب اطلاعات دقیق از مشخصات و ویژگی‌های حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه، شناخت شرایط و فاکتورهای دخیل در مدل‌های مورد نظر و تأثیر هر یک از آن‌ها در خروجی مدل نیز لازم است (Avarand *et al.*, 2006)؛ بنابراین با توجه به هدف مطالعات و امکانات موجود، مناسب‌ترین روش یا مدل که بیشترین تطبیق را با منطقه دارد، انتخاب می‌گردد. با توجه به کاربرد زیاد مدل MPIAC در سال‌های اخیر در برآورد فرسایش در کشور (به‌ویژه در بخش اجرا) اقدام به شناسایی حساسیت پارامترهای مختلف آن گردید. از آنجاکه اهمیت مدل‌سازی در فرسایش به‌جز مقادیر کمی آن، تحلیل فرایندهای آن است این تحقیق جهت آگاهی از فرایند فرسایش و رسوب و شناسایی مؤثرترین فاکتورها صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، مدل تجربی MPSIAC که کارایی آن در تحقیق‌های متعددی در نقاط مختلف کشور ایران به اثبات رسیده است (Daneshafraz *et al.*, 2017)؛ (Borooshke *et al.*, 2018 و Ebrahimi., 2019) مورد ارزیابی و آنالیز حساسیت قرار گرفته است.

مدل MPSIAC

مدل پیشنهادی اولیه برای تعیین هر فاکتور، حدود تغییراتی را مشخص کرده است که تا حدودی انتخابی بوده و متناسب با فاکتور رسوب‌دهی نیاز به قضاوت کارشناسی دارد. طی تحقیق Johnson و Gebhardt (۱۹۸۲)، فاکتورهای نه‌گانه این روش به‌صورت معادلات عددی درآمد. به‌عنوان مثال در مناطقی که به علت شرایط آب و هوایی و یا سایر عوامل خاک‌زایی مناسب، قشر سطحی زمین از خاک پوشیده شده باشد، دو عامل پوشش زمین و استفاده از زمین تأثیر قابل توجهی در فرسایش خاک و تولید رسوب دارند و به همین جهت است که نمرات آن‌ها از ۱۰- تا ۱۰+ متغیر است. علامت منفی این دو عامل، نشان‌دهنده تأثیر منفی آن‌ها در تولید رسوب است. به‌عبارت‌دیگر،

این دو عامل باعث کاهش تولید رسوب ناشی از ۵ عامل اول می‌شوند. البته در مدل اصلاح‌شده MPSIAC، امتیازهای منفی حذف گردیده است و مجموعه امتیازات بدون علامت منفی، درجه رسوب‌دهی را نشان می‌دهد. در بخش‌هایی از کشور که دارای بارندگی سالانه بیش از ۳۰۰ میلی‌متر هستند، این عامل اقلیمی به دلیل کشت و کار غیراصولی در اراضی کشاورزی و بخصوص اراضی دیم و همچنین چرای مفرط و بی‌رویه مراتع، بیشترین تأثیر را در فرسایش خاک و تولید رسوب دارا است (Ebrahimi., 2019).

بهره‌برداری غلط و غیراصولی از زمین مانند چرای مفرط و عملیات بیش‌ازحد کشاورزی در روی زمین زراعی (استفاده بیش‌ازحد و خارج از استعداد زمین)، نقش عوامل پستی‌وبلندی، وضعیت و فرسایش در سطح حوزه آبخیز و فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب (به ترتیب عوامل ردیف‌های ۵، ۸ و ۹) بیشتر نمایان می‌گردد و به همین دلیل هم تغییرات امتیاز این سه عامل از عوامل زمین‌شناسی سطحی، خاک، آب‌وهوا، رواناب (به ترتیب عوامل ردیف‌های ۱ تا ۴) بیشتر است. برای استفاده از مدل MPSIAC در برآورد وضعیت فرسایش و تولید رسوب در هر یک از واحدهای کاری و نهایتاً واحد هیدرولوژیک، ۹ عامل مؤثر در فرسایش و رسوب‌زایی برحسب شدت و ضعف نقش آن‌ها در فرسایش خاک و تولید رسوب باید مورد بررسی و ارزیابی دقیق قرار گیرند. نمره نهایی حاصل از مجموع ۹ عامل گفته‌شده در هر یک از واحدهای کاری، بیان‌گر شدت فرسایش خاک و میزان رسوب‌زایی در آن واحد است. در بررسی هر منطقه باید مشخص نمود که از ۹ عامل مربوطه، چه عواملی بیشترین تأثیر را در تولید رسوب دارا هستند و ترتیب عوامل نه‌گانه چگونه است. این عمل در دقت بررسی و ارزیابی آن تأثیر شایان توجهی داشته و باید توجه خاصی به آن معطوف داشت (Shojaei *et al.*, 2017). پس از به دست آوردن جمع امتیازات ۹ گانه (R) با فرمول پیشنهادی مدل (رابطه

(۲)، عوامل ۹ گانه پسیاک و جدول طبقه‌بندی شدت فرسایش پسیاک را نشان می‌دهد.

فرایند آنالیز حساسیت

آنالیز حساسیت به منظور تجزیه و تحلیل یک رابطه یا در حقیقت یک مدل خاص است. با تجزیه و تحلیل روابط یا مدل‌ها می‌توان تأثیر هر یک از پارامترها یا متغیرها را در خروجی مدل ارزیابی کرد (Talebi et al., 2010). با آنالیز حساسیت می‌توان به رابطه یا روابط بین پارامترها و فاکتورهایی که در خروجی مدل تأثیرگذار هستند، پی برد.

(۱)، مقدار رسوب‌دهی برحسب مترمکعب در کیلومتر مربع معلوم می‌گردد.

$$Q_s = 38.77e^{0.035R} \quad (1)$$

البته برای شرایط ایران فرمول Johnson & Gebhardt (۱۹۸۲) که بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های منطقه‌ای به دست آمده بود، پیشنهاد شده است (Khaledian & Niknami., 2017). مقدار رسوب‌دهی در این رابطه برحسب تن در هکتار به صورت رابطه (۲) تغییر یافته است:

$$Q_s = 0.253e^{0.036R} \quad (2)$$

در این معادله، Q_s مقدار رسوب‌دهی حوضه برحسب تن بر هکتار، e عدد نپرین و R جمع عوامل ۹ گانه مدل MPSIAC یا درجه رسوب‌دهی است. جدول‌های (۱) و

جدول ۱- پارامترهای نه‌گانه مدل پسیاک (اصلاح‌شده)

Table 1- The nine parameters of the MPSIAC model

شماره	عامل مؤثر در فرسایش (اصلاح شده)	ضریب اصلاح‌شده (MPSIC)	شرح و تفسیر
1	زمین‌شناسی سطحی با سنگ‌شناسی	$X1 = Y1$	در این عامل، تغییری داده نشده است
2	خاک	$X2 = 16.67K$	$K =$ عامل فرسایش‌پذیری خاک در فرمول USLE است. این ضریب را می‌توان از روی منحنی نیز به دست آورد که در این صورت، پنج عامل خاک شامل درصد سیلت، شن ریز، درصد شن، درصد مواد آلی، ساختمان خاک و قابلیت هدایت آب اندازه‌گیری می‌شود (این موارد بیشتر در مورد خاک‌های کشاورزی قابل استفاده است و از نظر آبخیزداری، همان فرمول اولیه قابل قبول است).
3	آب هوا	$X3 = 0.2 P2$	$P2 =$ بارندگی در مدت ۶ ساعت با دوره بازگشت ۲ ساله
4	رواناب (جریان‌های سطحی)	$X4 = 0.006R + 10Qp$	$Qp =$ دبی اوج ویژه سالانه (مترمکعب بر ثانیه بر کیلومتر مربع) $R =$ حجم رواناب سالانه (مترمکعب)
5	پستی و بلندی	$X5 = 0.33S$	$S =$ شیب متوسط حوزه آبخیز برحسب درصد
6	پوشش سطح زمین	$X6 = 0.2 Pb$	$Pb =$ درصد اراضی لخت و فاقد پوشش حوزه آبخیز (درصد)
7	استفاده از زمین	$X7 = 20 - 0.2Pc$	$Pc =$ درصد تاج پوشش
8	وضعیت سطح خاک و فرسایش	$X8 = 0.25 SSF$	$SSF =$ وضعیت سطح خاک و فرسایش به روش BLM، در این ضریب هفت عامل دخالت دادند که عبارت‌اند از فرسایش سطحی، لاشبرگ سطحی، پوشش گیاهی، آثار تخریب خاک و گیاه، فرسایش شیبی و ابعاد آن، جریان‌های سطحی و رسوبات آن، اشکال فرسایش خندقی و درصد آن
9	فرسایش رودخانه‌ای	$X9 = 1.67 SSFg$	$SSFg =$ فرسایش خندقی و به‌ویژه خندق‌های ایجادشده در مناطق کم شیب و مجاور رودخانه

خروجی مدل مشخص کرده و پارامترهایی را که حساس‌تر بوده و نیاز به توجه بیشتری دارند، نمایان می‌سازد. در این روش فرض بر این است که برآوردها، در روش تجربی مذکور صحیح بوده و تنها حساسیت فاکتورها در قالب کلی مدل سنجیده می‌شود (Dastorani & Hayatzadeh, 2010).

تأثیر هر یک از پارامترها در یک مدل شامل تأثیر آن‌ها به‌صورت منفرد و همچنین تأثیر جمعی آن‌ها در خروجی است. در حالت دوم میزان حساسیت مدل به تغییرات پارامترها، بسته به کنش و واکنش آن‌ها نسبت به هم متفاوت است. این روش تأثیر تغییرات هر یک از پارامترها به‌تنهایی و در ارتباط باهم را در تغییرات

جدول ۲- طبقه‌بندی شدت رسوبدهی مدل پسیاک

Table 2- Classification of sedimentation intensity of PSIAC model

تولید رسوب		مجموع ۹ عامل مؤثر (درجه رسوبدهی)	طبقه‌بندی کیفی فرسایش	کلاس فرسایش
Ton/Km ²	M ³ /Km ²			
> 2500	> 1450	زیاد	خیلی زیاد	1
1500-2500	450-1450	75-100	زیاد	2
500-1500	250-450	50-75	متوسط	3
200-500	95-250	50-250	کم	4
< 200	< 95	0-25	ناچیز (خیلی کم)	5

هم‌خوانی داشته باشند. مثلاً در مورد فاکتور خاک مقدار x_2 وابسته به مقادیر عامل فرسایش‌پذیری خاک (K) است که این مقادیر در بازه معقولی باید در نظر گرفته شود. مقادیر لحاظ شده برای متغیرهای مستقل که متغیرهای وابسته (X) را رقم می‌زند، برای مدل MPSIAC در جدول (۳) مشاهده می‌شود.

تعیین مقادیر ورودی پارامترها

آنالیز حساسیت روی داده‌های غیرحقیقی صورت می‌پذیرد. مقادیر به هر پارامتر، شامل بازه‌ای از آن پارامتر (حد پایین و بالا و محدوده بین این دو حد) می‌شود که جزء ساختاری مدل MPSIAC است. مقادیر ورودی این پارامترها باید با اصل و ذات رابطه

جدول ۳- تعیین مقادیر ورودی پارامترها برای مدل MPSIAC

Table 3- Determining the input values of the parameters for the MPSIAC model

میانگین	حد پایین	حد بالا	پارامترها (متغیر وابسته)
5	0	10	زمین‌شناسی سطحی (X1)
8.34	0	16.67	خاک (X2)
5	0	10	آب‌وهوا (X3)
125	0	250	رواناب (X4)
16.5	0	33	پستی‌وبلندی (X5)
10	0	20	پوشش زمین (X6)
10	0	20	استفاده از زمین (X7)
12.28	0	25	وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه (X8)
11.8	0	25.05	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب (X9)
میانگین	حد پایین	حد بالا	پارامترها (متغیر مستقل)
0.5	0	1	عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)
25	0	50	بارش 6 ساعته با دوره بازگشت 2 سال (p2)
25	0	50	ارتفاع رواناب سالانه (R)
12.5	0	25	دبی پیک ویژه سالانه (Qp)
50	0	100	شیب متوسط حوزه (S)

پارامترها (متغیر وابسته)	حد بالا	حد پایین	میانگین
درصد زمین لخت (pb)	100	0	50
درصد تاج پوشش (Pc)	100	0	50
SSF	100	0	50
SSSg	15	0	7.5

آنالیز حساسیت

با توجه به جدول (۳) و حد پایین و بالا و میانگین هر پارامتر، میزان رسوب‌دهی بدین گونه محاسبه می‌شود که یک پارامتر بین حد پایین و بالای خود تغییر می‌نماید، در صورتی که پارامتر (یا پارامترهای) دیگر در میانگین خود ثابت باقی می‌مانند و با هر تغییر، دبی رسوب محاسبه می‌گردد (Kousari *et al.*, 2010). بدین ترتیب می‌توان اثرات تغییر یک پارامتر بر روی خروجی (دبی رسوب) را به دست آورد. به عنوان مثال نحوه محاسبات به این شکل است که پارامتر زمین‌شناسی سطحی در حد بالا و پایین خود به صورت منظم تغییر می‌کند، در حالی که ۸ پارامتر دیگر در میانگین خود ثابت مانده و اثر این تغییرات بر دبی رسوب ثبت می‌شود. از طرف دیگر در فاز بعدی محاسبات، هر یک از پارامترها در حدود خود تغییر و سایر پارامترها در میانگین خود ثابت می‌مانند. سپس لازم است که مقادیر استاندارد شده پارامترها محاسبه شود. دلیل این کار این است که فاکتورها و پارامترهای مستقل به کاررفته در این روش، ذاتاً با یکدیگر چه از لحاظ اندازه و چه از لحاظ واحد تفاوت دارند (Kousari *et al.*, 2010) مثلاً فاکتور دبی پیک ویژه بر حسب مترمکعب در کیلومتر مربع بوده، در حالی که میزان تاج پوشش بر حسب درصد است و برای اینکه بتوان روابط بین آن‌ها را بررسی و روی نمودار به نمایش گذاشت، باید مقادیر هر ۹ پارامتر را استاندارد نمود. استاندارد کردن مقادیر متغیرهای وابسته ضمن اینکه باعث هم‌وزنی یا در حقیقت هم‌خوانی بهتر آن‌ها برای به نمایش درآوردن روی نمودار می‌شود، از خطای احتمالی (غیرواقعی شدن مقادیر محور y) که ایجاد خواهد شد، جلوگیری می‌کند.

استاندارد کردن پارامترها

از آنجاکه وزن هر یک از پارامترهای مستقل مورد نیاز برای برآورد دبی رسوب و همچنین اندازه و مقدار پارامترها با یکدیگر متفاوت هستند، لذا نمایش هم‌زمان تغییرات دبی رسوب در برابر تغییرات پارامترهای ورودی روی یک محور مختصات را مشکل می‌سازد. بدین منظور، پارامترها (بین دو حد پایین و بالا) را باید استاندارد و بدون بعد نمود. ابتدا باید داده‌ها نرمال سازی گردد که از رابطه (۳) برای این کار استفاده شده است.

$$n = \frac{(X_i - \bar{X})}{S_{td}} \quad (3)$$

در این رابطه، X_i متغیر نام پارامتر ورودی، \bar{X} و Std، به ترتیب میانگین و انحراف معیار ورودی مورد نظر هستند.

برای استاندارد کردن پارامترها، قدر مطلق فاصله غیرتجمعی در محور y ها یعنی همان مقادیر دبی رسوب ($|QS_2 - QS_1|$) برآورد می‌گردد و مقادیر قدر مطلق فاصله غیرتجمعی در محور x ها یعنی پارامترهای استاندارد شده محاسبه می‌گردد. در نهایت با تقسیم مقادیر محور y ها یعنی همان مقادیر دبی رسوب ($|QS_2 - QS_1|$) بر مقادیر محور x ها تغییرات شیب در محور y ها حاصل می‌گردد. برای هر یک از پارامترها نیز به همین ترتیب عمل شده است.

محاسبه تغییرات پارامترها

محاسبه تغییرات پارامترها برای نمایش هم‌زمان تغییرات دبی رسوب در برابر تغییرات هر پارامتر است. در این روش، محور y ها مربوط به تغییرات رسوب ویژه و محور x ها، مقادیر مربوط به پارامترهای استاندارد شده هستند. نمودار حاصل برای مقایسه کلی اثر تغییرات

رسوب ویژه در برابر تغییرات پارامترهای ورودی مناسب است، به طوری که هر منحنی یا هر قسمت از هر منحنی که شیب بیشتری داشته باشد، تأثیر بیشتری بر خروجی دارد.

نتایج

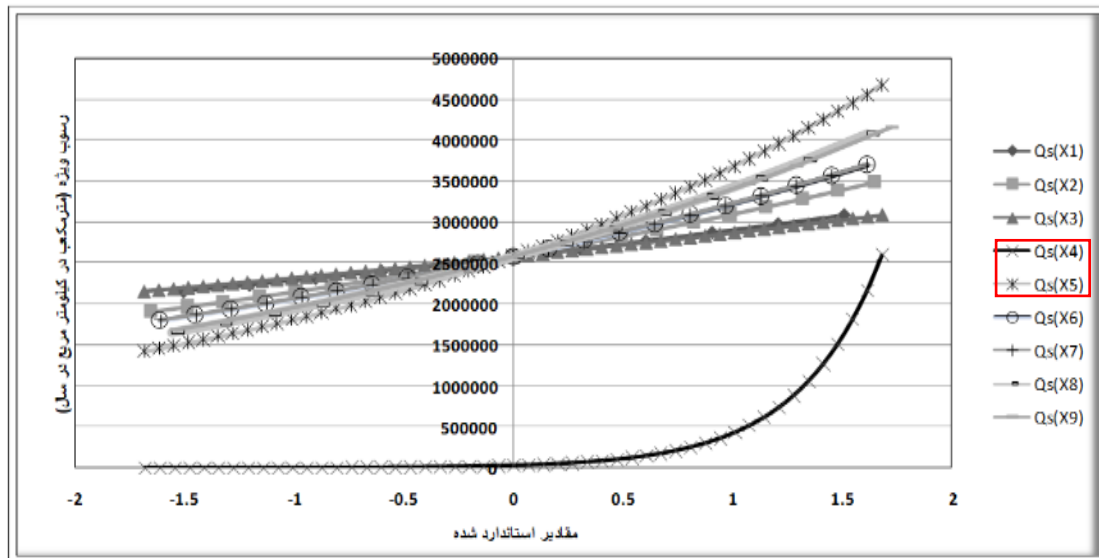
همان طور که اشاره شد، در مرحله اول میزان رسوب ویژه (QS) به ازای تغییرات هر یک از پارامترهای ۹ گانه و ثابت ماندن دیگر پارامترها (۸ پارامتر) در میزان متوسط خود، محاسبه گردیده است. ضمناً در همین مرحله از کار، پارامترهای متغیر به صورت گام به گام و طبق رابطه (۳) استاندارد شدند. جدول (۴) بخشی از محاسبات را نشان می دهد. شکل (۱) حساسیت مدل را نسبت به تغییرات پارامترهای نه گانه نشان می دهد. با بررسی و مشاهده شکل (۱) که تغییرات شیب خط پارامترهای نه گانه را نشان می دهد می توان دریافت که هر چند تأثیر تغییرات عامل شیب (البته در مقادیر زیاد) در خروجی مدل از دیگر فاکتورها بالاتر است، اما فاکتور رواناب (X4) نیز از این امر مستثنی نیست. شکل (۱)

جهت مقایسه نسبی تغییرات شیب پارامترهای مختلف کاربرد دارد و از طریق تغییر هر پارامتر بین حد بالا و پایین و ثابت ماندن سایر پارامترها در میانگین خود از طریق رابطه (۲) محاسبه شده است. همان طور که مشاهده می شود شیب خط پارامتر شیب (X5) و مقادیر بالای پارامتر رواناب (X4) در مقایسه با سایر پارامترها بیشتر است. مطابق شکل (۱)، تأثیر تغییرات پارامتر رواناب برای مقادیر بالا، در خروجی مدل سیر صعودی تندشونده با فرکانس بالایی دارد که این امر ناشی از تأثیرگذاری بسیار زیاد تغییرات پارامتر دبی پیک ویژه (QP) در خروجی مدل است. در این مطالعه برای درک بهتر این موضوع (تأثیر تغییرات جزئی دبی پیک در مقادیر رسوب برآوردی حوزه آبخیز از این مدل)، سعی شد تا این مهم به صورت شماتیک نمایش داده شود. بدین منظور بازه تغییرات فاکتور دبی پیک نسبت به مرحله قبلی به میزان کمی تغییر داده شد و از ۰-۲۵ به ۰-۳۰ افزایش داده شد. شکل (۲) حساسیت مدل را نسبت به تغییرات فاکتور رواناب که به عنوان یک متغیر وابسته به مقادیر دبی پیک است، نشان می دهد.

جدول ۴- مقادیر رسوب ویژه به ازای تغییر پارامترهای X1, X8, X9

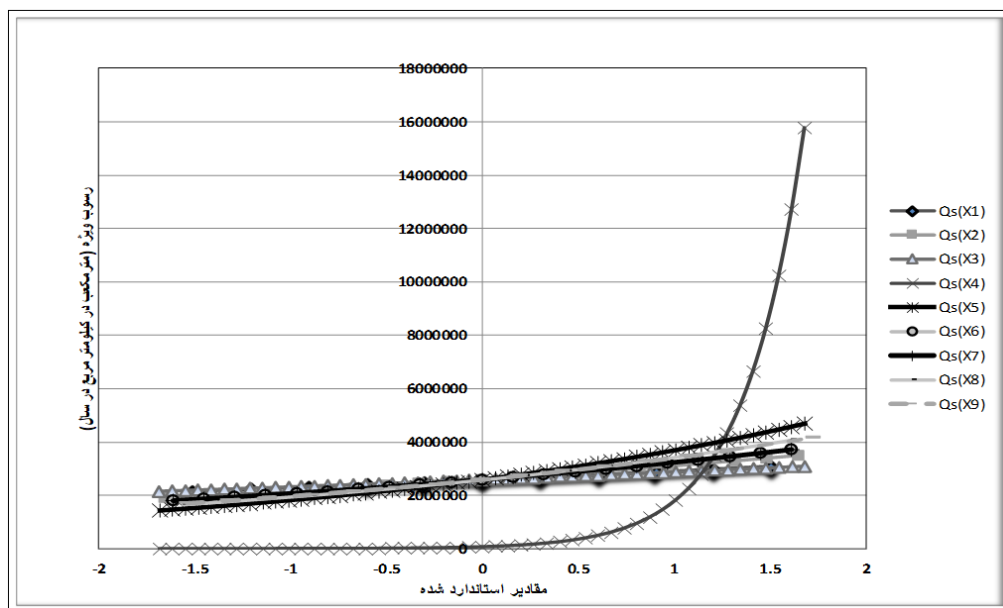
Table 4- Values of specific sediment for changing parameters X1, X8, X9

QS (X9)	Standard (x9)	QS (X8)	Standard (x8)	QS (X1)	Standard (x1)
1691180.924	-1.538634941	1662091.677	-1.558798646	2160305.548	-1.507556723
1795962.02	-1.32090352	1770160.682	-1.336717428	2239485.018	-1.206045378
1907235.076	-1.103172099	1885256.321	-1.114636209	2321566.571	-0.904534034
2025402.317	-0.885440678	2007835.466	-0.892554991	2406656.576	-0.603022689
2150890.887	-0.667709257	2138384.691	-0.670473773	2494865.298	-0.301511345
2284154.397	-0.449977836	2277422.213	-0.448392555	2586307.043	0
2425674.561	-0.232246415	2425499.937	-0.226311336	2681100.31	0.301511345
2575962.941	-0.014514993	2583205.658	-0.004230118	2779367.937	0.603022689
2735562.791	0.203216428	2751165.386	0.2178511	2881237.266	0.904534034
2905051.025	0.420947849	2930045.835	0.439932319	2986840.308	1.206045378
3085040.302	0.63867927	3120557.071	0.662013537	3096313.911	1.507556723
3276181.239	0.856410691	3323455.325	0.884094755
3479164.763	1.074142112	3539545.999	1.106175973
3694724.608	1.291873533	3769686.863	1.328257192
4166738.326	1.727336375	4087704.393	1.613790187



شکل ۱ - آنالیز حساسیت متغیرهای مدل MPSIAC

Figure 1 - Sensitivity analysis of MPSIAC model variables



شکل ۲ - آنالیز حساسیت متغیرهای مدل MPSIAC نسبت به تغییر فاکتور رواناب

Figure 2- Sensitivity analysis of MPSIAC model variables to the change of runoff factor

شیب یک آبراهه در بازه‌های مختلف آن مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. منحنی که در یک بازه مشخص شیب بیشتری داشته باشد، تأثیر آن بر رسوب ویژه بیشتر است. این تأثیر می‌تواند در جهت افزایش یا کاهش رسوب ویژه باشد. مثلاً شیب منحنی تغییرات رسوب

برای مقایسه بهتر اولویت تأثیر هر پارامتر بر خروجی رابطه، باید تغییرات شیب هر یک از این منحنی‌ها، در قسمت‌های مشابه با یکدیگر مقایسه گردند یعنی به ازای دامنه مشخصی از محور Xها، تغییرات محور Yها (برای هر منحنی) محاسبه گردد. دقیقاً مانند حالتی که

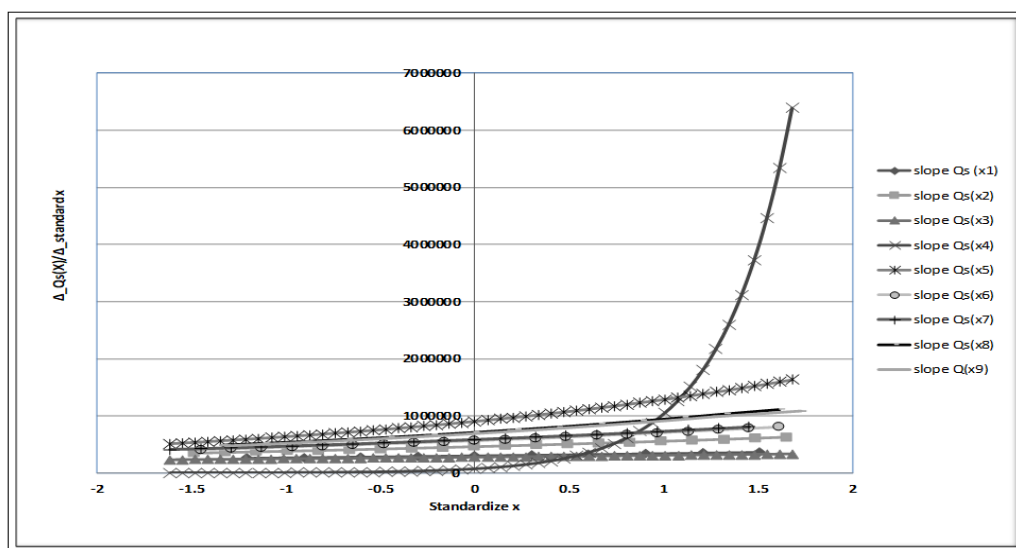
همان‌طور که در شکل (۳) قابل‌مشاهده است شیب جزئی منحنی‌های شیب (X4)، رواناب (X5) از همه بیشتر است درحالی‌که شیب منحنی فرسایش رودخانه‌ای (X9) کمتر از سایر پارامترها است. نتایج حاصله از این آنالیز حساسیت حاکی از آن است که عامل رواناب (X4) شرایط نسبتاً متفاوتی با سایر پارامترها دارد (شکل ۳). به‌عبارت‌دیگر مدل MPSIAC نسبت به تغییرات جزئی در میزان دبی اوج در مقادیر بالاتر از ۲۰ مترمکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع حساسیت بالایی را از خود نشان می‌دهد.

ویژه در برابر متغیر پستی‌وبلندی (شیب)، ابتدا به‌صورت خطی و سپس به‌صورت صعودی تندشونده است. پس برای مقایسه شیب‌های جزئی، باید از قدر مطلق شیب‌های جزئی خطوط استفاده گردد تا اولویت تأثیر بر رسوب ویژه چه به‌صورت کاهشی و چه به‌صورت افزایشی در بازه موردنظر مورد ارزیابی قرار گیرد. برای درک بهتر موضوع تغییرات جزئی شیب منحنی هر یک از فاکتورها، به‌عنوان نمونه محاسبات صورت گرفته برای فاکتور زمین‌شناسی سطحی در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵- اندازه‌گیری شیب‌های جزئی در منحنی فاکتور زمین‌شناسی سطحی

Table 5- Measurement of partial slopes in the surface geological factor curve

$\Delta_Qs(X1)/\Delta_standard$	$\Delta_standard$	$\Delta_Qs(X1)$	QS (X1)	Standardize x1
0	0	0	2160306	-1.507556723
262608.591	0.301511345	79179.47	2239485	-1.206045378
272233.715	0.301511345	82081.55	2321567	-0.904534034
282211.6189	0.301511345	85090	2406657	-0.603022689
292555.2327	0.301511345	88208.72	2494865	-0.301511345
303277.9604	0.301511345	91441.75	2586307	0
314393.6972	0.301511345	94793.27	2681100	0.301511345
325916.8478	0.301511345	98267.63	2779368	0.603022689
337862.3446	0.301511345	101869.3	2881237	0.904534034
350245.6675	0.301511345	105603	2986840	1.206045378
363082.8637	0.301511345	109473.6	3096314	1.507556723



شکل ۳- تغییرات شیب پارامترهای نه‌گانه مدل MPSIAC

Figure 3- Slope changes of the nine parameters of the MPSIAC model

بحث

با انجام تحلیل حساسیت مدل پسیاک اصلاح‌شده به‌منظور مدیریت صحیح دامنه از نظر اولویت عملیات اصلاحی و دامنه مجاز پارامترها و اثر آن‌ها بر پتانسیل فرسایش، نتایج نشان داد که در بین پارامترهای به‌کاررفته در مدل، پارامتر پستی‌وبلندی و یا به عبارتی فاکتور شیب، جزء بالاترین تغییرات به همراه فاکتور رواناب است (شکل ۳). لذا به‌طور کلی می‌توان اذعان نمود که مدل مذکور به تغییرات این دو پارامتر در محدوده تغییرات مجاز آن‌ها از نظر ساختاری مدل، حساس است. طبق یافته‌های این تحقیق، تأثیر مقادیر پارامتر شیب تا حدود شیب ۱۵ درصد در خروجی مدل از دیگر پارامترها کمتر است. از طرفی با بالا رفتن مقدار شیب، وضعیت تغییر کرده است؛ به‌طوری‌که می‌توان گفت شیب‌های بالا (بیش از ۱۶ درصد)، بیشترین تأثیر را در میزان رسوب تولیدی حوزه آبخیز دارند.

از آن‌جاکه بارش و رواناب از اجزاء اصلی تولید رسوب در یک حوزه آبخیز هستند و با توجه به ساختار مدل MPSIAC می‌توان به این نتیجه رسید که هرگاه در یک حوزه آبخیز شرایط نسبتاً ایده‌آلی حکم‌فرما باشد، یعنی مقادیر دبی، شیب، رواناب و... در حد کم یا بهینه خود باشند؛ عامل بارش ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال بیشترین تأثیر را در رسوب تولیدی حوزه دارا است. در هر حال تغییرات فاکتور بارش در یک بازه مشخص دارای شیب کمی است (شکل ۳). به‌عبارت‌دیگر، حساسیت مدل به ازای تغییرات جزئی در مقادیر بارش ۶ ساعته پایین‌تر از سایر پارامترها است. عامل زمین‌شناسی سطحی نیز شرایط مشابه عامل اقلیم (بارش) را دارا است. نتایج حاصله از این آنالیز حساسیت حاکی از آن است که عامل رواناب (X4)، شرایط نسبتاً متفاوتی با سایر پارامترها دارد. با توجه به ساختار مدل مشاهده می‌شود که برای عامل دبی اوج ویژه، ضریب بالایی در نظر گرفته شده است (ضریب ۱۰) که نشان از اهمیت بالای این فاکتور در

میزان رسوب خروجی حوزه آبخیز است؛ بنابراین عامل رواناب که خود وابسته به فاکتورهای رواناب سطحی و مهم‌تر از آن فاکتور دبی اوج ویژه است، به‌یک‌باره در مقادیر دبی‌های بالاتر شیب تندی به خود گرفته است (شکل ۳). تحقیقاتی در همین راستا در تعیین مؤثرترین عوامل بر فرسایش آبی در راستای نتایج تحقیق حاضر می‌باشند. در همین راستا Ghaderi و همکاران (۲۰۱۵) در آنالیز حساسیت مدل‌های تجربی برآورد سرعت جریان، نقش بالای فاکتورهای فیزیکی آبراهه را در میزان سرعت جریان گزارش نمودند. همچنین Kamali Maskoni و همکاران (۲۰۱۶) در شناسایی عوامل مؤثر بر فرسایش شیاری پارامترهای طول شیب و میزان شیب دامنه را به‌عنوان مؤثرترین عوامل در توسعه شیارها معرفی نمودند. با توجه به حساسیت فرایند تولید رسوب به تغییرات فیزیکی سطح دامنه و به دنبال آن میزان رواناب، می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر عملیات مدیریتی در عرصه نسبت به شرایط آب و هوایی، زمین‌شناسی و سایر پارامترها کم‌اهمیت‌تر نمی‌باشد همان‌طور که برخی از محققین به نتیجه مشابهی با این تحقیق دست یافتند. Maghsoudi و همکاران (۲۰۱۲)، Nikpour و همکاران (۲۰۱۷) و Khaledian و Niknami (۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری کلی

از آن‌جاکه کارایی مدل MPSIAC در ایران به‌ویژه در حوزه‌های آبخیز وسیع به اثبات رسیده است (Nourani & Mohsenzadeh, 2017) در تحقیق حاضر پارامترهای ساختاری این مدل بررسی و مورد آنالیز حساسیت قرار گرفته است. مدل MPSIAC نسبت به تغییرات جزئی در میزان دبی اوج در مقادیر بالاتر از ۲۰ مترمکعب بر ثانیه در کیلومترمربع حساسیت بالایی را از خود نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی حساسیت مدل به تغییرات پارامترهای آن می‌توان نتیجه‌گیری کرد که انجام عملیات اصلاحی در

غافل شد؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع فرسایش از جنبه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی و همچنین در مقیاس‌های مختلف محلی، منطقه‌ای و ملی، آگاهی از این فرایند پیچیده حائز اهمیت است. لذا با توجه به شناخت پارامترهای حساس در مدل MPSIAC در برآورد میزان فرسایش، به‌ویژه در مناطق فاقد آمار پیشنهاد می‌گردد تا در زمینه امتیازدهی به پارامترهای پستی‌وبلندی، رواناب و میزان فرسایش فعلی حوزه آبخیز بیش از سایر موارد، دقت لازم به عمل آید.

References

- Avarand, R., Torabi Poodeh, H. & Farzaei, A. (2006). Analysis of sensitivity of HEC-1 model to input parameters, *7th International Seminar on River Engineering*. (In Persian)
- Barker, D. W., Sawyer, J. E., Al-Kaisi, M. M. & Lundvall, J. P. (2006). Assessment of the amino sugar-nitrogen test on Iowa soils: II. Field correlation and calibration. *Agronomy journal*, 98(5), 1352. <https://doi.org/10.2134/agronj2006.0034>.
- Borooshke, E., & Sokouti, R. (2018). Comparative efficacy of some empirical models to sediment yield in small catchments. *J. Agri. Forest*, 64 (2), 163-173. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.64.2.12>
- Bahreman, A., De Smedt, F., Corluy, J., Liu, Y. B., Poórová, J., Velcická, L. & Kuniková, E. (2007). WetSpa model application for assessing reforestation impacts on floods by in Margecany–Hornad watershed, Slovakia. *Water Resour. Manag*, 21, 1373–1391. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9089-0>.
- Chi, M. Ho., Roger, A. Cropp and Roger D. Braddock. (2005). On the Sensitivity Analysis of Two Hydrologic Models. *Congress on Modelling and Simulation (CMS)*.
- Daneshafraz, R., Rahmati, M. & Akbari Moghanji, Q. (2017). Soil erosion and sediment mapping in Aidoghmouth watershed using MPSIAC model and GIS and RS technologies. *J. Environ. Resour. Re*, 5(1), 35-49. <https://doi.org/10.22069/ijerr.2017.9991.1119>.
- Dastorani, M. T. & Hayatzadeh, M. (2010). Reviews the Most Important Factors in the Maximum Flood Discharge by Sensitivity Analysis Empirical. *Arid Biom Scientific and Research Journal*. 1(1), 1-12. <https://doi.org/20.1001.1.2008790.1389.1.1.1.5>
- Ebrahimi, N. (2019). Estimation of erosion and sediment production with MPSIAC model (Case Study: Banrahman Basin, Ilam Province), *Proc. 14th Int. Conf. Watershed Management Science and Engineering of Iran with the focus on watershed management and comprehensive soil and water management, Urmiah, Iran* (In Persian).
- Ghaderi, M., Dastorani, M.T. & Saber, K. (2015). Sensitivity analysis of two flow velocity formulae and evaluation of important factors effecting of flow velocity. *Watershed Management Researches* (Pajouhesh-Va-Sazandegi), 28(107), 73-83. <https://doi.org/10.22092/WMEJ.2015.107087>.
- Hasanlo, M. (2003). Determining the intensity of soil erosion and sedimentation in the Taham Chay watershed using the PSIAC model and GIS. *Geomatic conference*.
- Jamali, A. (2001). Investigating the sensitivity of a number of experimental hydrological methods for estimating the peak flood discharge with respect to the watershed level in some watersheds of Iran. *Master thesis of Tarbiat Modares University*. (In Persian)
- Johnson, C.W. & Gebhardt, K.A. (1982). Predicting sediment yields from

دامنه‌های بالادست مثل ایجاد انواع بانکت‌ها و کنتورفاروها در صورت فراهم بودن شرایط لازم به همراه اقدامات بیولوژیک، از اهمیت ویژه‌ای در زمینه مدیریت و کنترل فرسایش برخوردار است. لذا در تفسیر نتایج تحقیق حاضر می‌توان نقش فاکتورهای زمینی مثل شیب و به دنبال آن رواناب در فرسایش‌پذیری و تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز را بسیار بااهمیت دانست. البته لازم به ذکر است که پارامترهای اقلیمی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در میزان دبی اوج سیل تأثیرگذار بوده و نباید از اهمیت و تأثیرگذاری آن‌ها در سیل‌خیزی و به دنبال آن فرسایش‌پذیری حوزه آبخیز

- saga brush rangeland, Proceedings of the workshop on estimating erosion and sediment yield on rangeland, Tucson, Arizona. US department of agriculture, *Agricultural Reviews and manuals*, Western series, 26, 145-156.
- Foglia, L., Hill, M. C., Mehl, S. W. & Burlando, P. (2009). Sensitivity analysis, calibration, and testing of a distributed hydrological model using error-based weighting and one objective function. *Water Resources Research*, 45(6).
<https://doi.org/10.1029/2008WR007255>.
- Khaledian, H. & Nikkami, D. (2017). Optimization of land use to reduce the potential of erosion and sediment using linear programming model (Case study: Chehel-Gazi basin of Sanandaj). *Journal of Water and Soil Science*. 21 (1), 95-111.
<https://doi.org/10.18869/acadpub.jstnar.21.1.95>
- Khoda Rahimi, R. (2005). Investigating the effectiveness of EPM and MPSIAC experimental methods in estimating erosion and sedimentation in Kharestan watershed, Fars. *Master's thesis*, Mazandaran University.
- Kousari, M. R., Saremi Naeni, M. A., Tazeh, M. & Frozeh, M. R. (2010). Sensitivity analysis of some equations for estimating of time of concentration in watersheds. *Journal of Arid Biome*, 1(1), 57-67.
<https://doi.org/10.1001.1.2008790.1389.1.1.6.0>. (In Persian).
- Kamali Maskooni, E., Adelpour, A. A. & Pirnia, A. (2016). Evaluation of the effect of slope gradient on threshold of erosion (gully) in flood spreading projects. *Watershed Management Research Journal*, 29(4), 20-29.
<https://doi.org/10.22092/WMEJ.2017.115315>. (In Persian).
- Maghsoudi, M., Shadfar, p. & Abbasi, M. (2012). Landslide sensitivity zoning to gully erosion in Zavaryan basin of Qom province. *Quantitative Geomorphology Researches*, 1(2), 35-52.
<https://doi.org/10.1001.1.22519424.1391.1.2.3.7>. (In Persian).
- Memariyan, H., & Dehghan, H. (2019). Sensitivity and uncertainty analysis of sediment rating equation coefficients using the Monte-Carlo simulation (Case study: Zoshk-Abardeh watershed, Shandiz). *Jwmseir*; 13 (44), 90-102.
<https://doi.org/20.1001.1.20089554.1398.13.44.11.3>.
- Motamedirad, M., Zangane Asadi, M. A. & Ajam, H. (2023). Investigating the rate of soil erosion and sediment production using the RUSLE model and the modified method PSIAC (case study: kal basin of Ismail, Shahrood city, Semnan province). *Quantitative Geomorphological Research*, 11(4), 147-165. (In Persian).
<https://doi.org/10.22034/GMPJ.2022.360813.1374>.
- Nikpour, N., Fotohi, S., Negaresh, H. & Sistani, M. (2017). Morphometric of gully erosion (ditch) and factors affecting the development of the basin plains on southern west Ilam Cham Fazel. *Spatial analysis of environmental hazards*, 4 (1), 97-112. (In Persian).
- Nourani, V. & Mohsenzadeh, S. (2017). Monthly Sediment Load Estimation of Aji Chay Basin Stations Using MPSIAC Model and Cascade Exponential Sub-cales. *Hydrogeomorphology*, 4(11), 83-103.
<https://doi.org/20.1001.1.23833254.1396.4.11.5.6>
- Refahi, H. (2003). *Water erosion and its Control*. Tehran University Press. (In Persian).
- Shojaei, S. H., Nora, M. & Habibi, S. (2017). Estimation of sedimentation and erosion using MPSIAC and FSM experimental models and direct measurement method (Case study: Gabrik watershed, southeast of Iran). *J. Environ. Erosion Res*, 8(4), 82-100.
<https://doi.org/20.1001.1.22517812.1397.8.4.5.8>. (In Persian).
- Talebi, A., Poormohammadi, S. & Rahimian, M. (2010). Investigation of Effective Factors on Reference Evapotranspiration using Sensitivity Analysis of FAO-Penman-Monteith Equation (Case-study: Yazd, Tabas and Marvast stations). *Physical Geography Research Quarterly*, 42(73), 97-109. (In Persian).
- Zhang, R., Liu, X., Heathman, GC. Yao, X., Hu, X. & Zhang, G. (2013). Assessment of soil erosion sensitivity and analysis of sensitivity factors in the Tongbai–Dabie mountainous area of China. *CATENA*, 101, 92-98.

<https://doi.org/10.1016/j.catena.2012.10.008>

Zabihi Silabi, M. & Khaledi Darvishan, A. (2021). Qualitative Evaluation of IntErO, EPM, MPSIAC and RUSLE Models in

Order to Select the Optimal Models for Different Conditions for Description of Detailed-Executive Watershed Management Services. *Extension and Development of Watershed Management*, 9(32), 52-66.

Content

Investigating factors affecting the participation and behavior of stakeholders in water and soil Conservation projects (Case of study: Benchele watershed, Ravansar city)

Adel Soltani, Reza Ghazavi, Siamak Dokhani

1-15

Evaluation of dust changes and its relationship with temperature (Case study: Khuzestan province)

Fateme farzanehpey, Abolfazl Ranjbar-Fordoe1, Hassan Khosravi, Sayyed Hojjat Mousavi

16-29

Performance Evaluation of Two General Circulation Models for Downscaling Average Temperature in Birjand County

Mohammad Fouladi Nasrabad, Mahdi Amirabadizadeh, Mahdi Dastourani

30-45

Application of systems thinking approach in the extreme events analysis (Case study: Karoun Basin)

Payam Amouzegari, Arash Malekian, Khaled Ahmadaali1, Mehdi Ghorbani, Seyed Hamzeh Safavi Homami

46-60

Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Roud Watershed, Eskandari sub-watershed)

Zeinab Karimi, Ali Talebi

61-75

Evaluation of the Sensitivity of the Empirical Model of MPSIAC Parameters on Sediment Yield in the Basin

Mehdi Hayatzadeh, Vahid Moosavi, Esmaeil Soheili

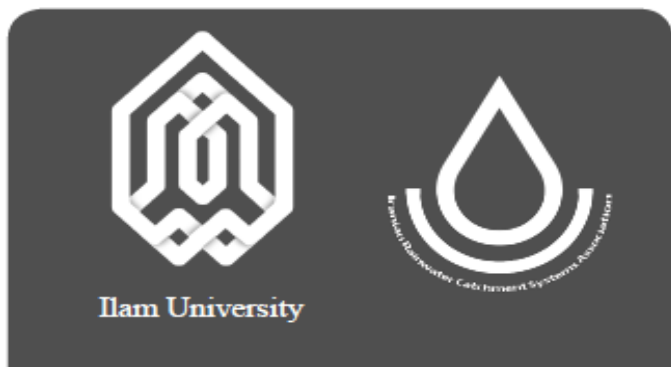
76-90



Integrated Watershed Management

Vol: 4, No: 1. spring 2024

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	Dr. Mehdi Heydari
Editor (English Version)	Dr. Noredin Rostami
Editor (Persian Version)	Dr. Noredin Rostami; Dr. Negar Sadeghi Nejad
Cover and Page Designer	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**

Integrated Watershed Management



Ilam University

Vol: 4, No: 1. Spring 2024

Online ISSN: 2783-4581

**Investigating factors affecting the participation and behavior of stakeholders in water and soil Conservation projects
(Case of study: Benchele watershed, Ravansar city)**

Adel Soltani, Reza Ghazavi, Siamak Dokhani

1-15

Evaluation of dust changes and its relationship with temperature (Case study: Khuzestan province)

Fateme farzanehpey, Abolfazl Ranjbar-Fordoe1, Hassan Khosravi, Sayyed Hojjat Mousavi

16-29

Performance Evaluation of Two General Circulation Models for Downscaling Average Temperature in Birjand County

Mohammad Fouladi Nasrabad, Mahdi Amirabadizadeh, Mahdi Dastourani

30-45

Application of systems thinking approach in the extreme events analysis (Case study: Karoun Basin)

Payam Amouzegari, Arash Malekian, Khaled Ahmadaali1, Mehdi Ghorbani, Seyed Hamzeh Safavi Homami

46-60

**Development of Management Solutions to Increase Runoff from the Past to the Future (Case Study: Zayandeh Roud
Watershed, Eskandari sub-watershed)**

Zeinab Karimi, Ali Talebi

61-75

Evaluation of the Sensitivity of the Empirical Model of MPSIAC Parameters on Sediment Yield in the Basin

Mehdi Hayatzadeh, Vahid Moosavi, Esmaeil Soheili

76-90