مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳

شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس با استفاده از مدل SWOT-QSPM ۱-۱۷

سیدمسعود سلیمان‌پور، جمال مصفائی، امین صالح‌پورجم

سرمایه اجتماعی و حکمرانی مراتع: تحلیل شبکه روابط اجتماعی و شناسایی کنش‌گران کلیدی، منطقه مورد مطالعه: شهرستان تفرش ۱۸-۳۷

لیلا شریعتی‌نیا، مهدی قربانی، حسین آذرنیوند، مجید رحیمی

ارزیابی کارایی مدل SWAT+ در حوزه‌های آبخیز کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوضه میمه، ایلام) ۳۸-۵۳

رضا شیرخانی، محسن توکلی، علی اکبر اختری، حیدر ابراهیمی

مدل‌سازی مکانی رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های رگرسیون کلی و رگرسیون وزن دار جغرافیایی)مطالعه موردی: حوزه آبخیز هلیل‌رود) ۵۴-۶۷

شاپور کوهستانی، فهیمه میرچولی، الهام رفیعی ساردوئی

بررسی ساختار حکمرانی همبست آب-انرژی- غذا در جزیره قشم: کاربرد تحلیل شبکه اجتماعی ۶۸-۹۱

پرستو رجب‌پور نیکو، مهدی قربانی، شراره پورابراهیم، علیرضا قراگوزلو

شناسایی و تحلیل شیوه نظام حکمرانی منابع طبیعی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان خاش) ۹۲-۱۱۰

نصرالدین شهنوازی، فاطمه نرماشیری، محمدرضا ریگی

اثربخشی عملیات کنتور فارو بر احیاء پوشش گیاهی در کانون‌های فرسایشی مناطق خشک (مطالعه موردی : غرب دریاچه هامون) ۱۱۱-۱۲۷

معین جهان‌تیغ، منصور جهان‌تیغ، حمیدرضا پیروان

سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی در معرض خطر سیلاب (مطالعه موردی: سنگ سفید ایلام) ۱۲۸-۱۴۲

شکوفه عبدالی، نورالدین رستمی، امین صالح‌پور جم

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز

سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴

شاپا الکترونیکی **۴۵۸۱-۲۷۸۳**

صاحب امتیاز **دانشگاه ایلام با همکاری انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر ایران**

مدیر مسئول **دکتر نورالدین رستمی**

سردبیر **دکتر حاجی کریمی**

اعضای هیأت تحریریه

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

مدیر داخلی **دکتر مهدی حیدری**

ویراستار انگلیسی **دکتر نورالدین رستمی**

ویراستار فارسی **دکتر نورالدین رستمی، دکتر رضا امیدی‌پور**

صفحه آرا و طراح جلد **دکتر رضا امیدی‌پور**

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**

شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس با استفاده از مدل SWOT-QSPM

سیدمسعود سلیمان‌پور، جمال مصفائی، امین صالح‌پورجم

۱-۱۷

سرمایه اجتماعی و حکمرانی مراتع: تحلیل شبکه روابط اجتماعی و شناسایی کنش‌گران کلیدی، منطقه مورد مطالعه: شهرستان تفرش

لیلا شریعتی‌نیا، مهدی قربانی، حسین آذرنیوند، مجید رحیمی

۱۸-۳۷

ارزیابی کارایی مدل +SWAT در حوزه‌های آبخیز کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوضه میمه، ایلام)

رضا شیرخانی، محسن توکلی، علی اکبر اختری، حیدر ابراهیمی

۳۸-۵۳

مدل‌سازی مکانی رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های رگرسیون کلی و رگرسیون وزن دار جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز هلیل‌رود)

شاپور کوهستانی، فهیمه میرچولی، الهام رفیعی ساردوئی

۵۴-۶۷

بررسی ساختار حکمرانی همبست آب-انرژی- غذا در جزیره قشم: کاربرد تحلیل شبکه اجتماعی

پرستو رجب‌پور نیکو، مهدی قربانی، شراره پورابراهیم، علیرضا قراگوزلو

۶۸-۹۱

شناسایی و تحلیل شیوه نظام حکمرانی منابع طبیعی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان خاش)

نصرالدین شهنوازی، فاطمه نرماشیری، محمدرضا ریگی

۹۲-۱۱۰

اثربخشی عملیات کنتور فارو بر احیاء پوشش گیاهی در کانون‌های فرسایشی مناطق خشک (مطالعه موردی : غرب دریاچه هامون)

معین جهان‌تیغ، منصور جهان‌تیغ، حمیدرضا پیروان

۱۱۱-۱۲۷

سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی در معرض خطر سیلاب (مطالعه موردی: سنگ سفید ایلام)

شکوفه عبدالی، نورالدین رستمی، امین صالح‌پور جم

۱۲۸-۱۴۲

۱. نکات قابل‌توجه 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 به‌دلیل 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 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 صحت‌وسقم 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 قابل‌توجه نویسندگان برای نگارش مقاله

۲-۱. 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 به‌ترتیب حداقل ۳۰، ۵۰ و ۵ مورد است. از نظر تعداد جدول‌ها و شکل‌ها تنها مقالات کوتاه محدودیت دارند و آن نیز در مجموع سه جدول یا شکل را شامل می‌شود.

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

در نوشتار باید توجه داشت که جملات، پاراگراف‌ها و حتی عنوان‌های مقاله باید از پیوستگی و انسجام برخوردار باشند. این امر به‌ویژه در مقدمه و بحث مقاله باید رعایت شود. شیوه طرح مسئله در مقدمه بسیار مهم است، لازم است نویسنده با سلیقه خود و با تکیه بر پیشینه و مبانی نظری پژوهش، خواننده را مجاب به ضرورت و نوآوری پژوهش خویش نماید. در بحث مقاله با استفاده از همین مبانی و پیشینه، مشاهدات مکمل، تجربیات دیگران، تجزیه‌وتحلیل‌های 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.

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

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 درنهایت 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

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

۲-۲-۴-۱. 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، به‌صورت زیرنویس نوشته شود.

۲-۲-۵. 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 تجزیه‌وتحلیل کرده است تا هدف یا اهداف پژوهش (حل خلأ علمی که در مقدمه بیان شد) را برآورد کند. این توضیحات باید به‌قدری 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 به‌طور ابتدای بخش مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۲-۶. 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 به‌طور منظم طبقه‌بندی کرده و ذیل عنوان‌های مناسب، درباره آن‌ها توضیح دهید. در توضیحات خود از جدول‌ها و نمودارهای مناسب استفاده کنید و نتایج آماری را به شیوه‌ای گویا بیان کنید.

۲-۲-۷. بحث

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

۲-۲-۸. 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 به‌صورت کلی صادر می‌کند؛ به‌عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به‌نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به‌دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده بر اساس تجربه‌ای که به‌دست آورده است احساس کند می‌تواند پژوهش خود را به شیوه خاصی ارتقا داده و حجم تعمیم‌پذیری آن را گسترش دهد یا به مدل‌های جدیدی دست یابد یا حل مسئله‌ای را بهبود بخشد، می‌تواند پیشنهادهای خود را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

۲-۲-۹. 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.

۲-۲-۱۰. 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

متن مقاله باید به شیوه داخل پرانتز باشد، به‌گونه‌ای که ابتدا نام‌خانوادگی نویسنده یا نویسندگان و سال انتشار آورده شود. برای مثال، در صورت وجود یک نویسنده با ذکر نام‌خانوادگی نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami, 2014)؛ برای دو نویسنده با ذکر نام‌خانوادگی هر دو نویسنده و سال انتشار؛ مانند (Rostami & Ahmadi, 2021) باشد. در صورت وجود چندین نگارنده، ارجاع به منبع باید به‌صورت (نام‌خانوادگی نگارنده اول و همکاران، سال انتشار) مانند (Rostami et al., 2021) باشد. در صورتی‌که در شروع جمله به منبعی استناد شود به این صورت نگارش شوند:

Rostami (۲۰۱۴) گزارش کرد

Mohseni Saravi و Rostami (۲۰۰۶) گزارش کردند

Rostami و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند

۲-۲-۱۱. 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.

۲-۲-۱۱-۱. 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.

۲-۲-۱۱-۲. 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.

۲-۲-۱۱-۳. همه منابع مورد استفاده اعم از فارسی و لاتین در پایان مقاله به زبان انگلیسی برگردانده و به‌ترتیب حروف الفبای نام‌خانوادگی اولین نگارنده مرتب می‌شوند. در انتهای منابع فارسی عبارت (In Persian) نوشته می‌شود.

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

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

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

۲-۲-۱۱-۵. 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

نام‌خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام‌خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام‌خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان کتاب (به‌صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

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

ب) کتاب ترجمه شده

نام‌خانوادگی، نام. (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به‌صورت کج نویسی). مترجم: نام و نام‌خانوادگی 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

نام‌خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام‌خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام‌خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم. (سال انتشار). عنوان مقاله. نام نشریه (به‌صورت کج‌نویسی)، سال یا دوره (شماره)، صفحه آغاز مقاله- صفحه پایان مقاله. در صورت دارا بودن شناسه رقومی 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*

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. (2022). Spatial and temporal changes of land uses and its relationship with surface temperature in western Iran. *Atmosfera*, 35(4), 701-717. https://doi.org/10.20937/ATM.52985

د) پایان‌نامه و رساله

نام‌خانوادگی نویسنده، نام نویسنده. (تاریخ انتشار). عنوان پایان‌نامه/ رساله (به‌صورت کج نویسی). پایان‌نامه مقطع رشته، نام دانشگاه.

Rostami, N. (2013). *Modeling the relationship between effective precipitation and flood hydrograph by joint probability aproach*. 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 (به‌صورت کج‌نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر.

و) کتاب منتشرشده در سازمان‌ها یا نهادها

نام سازمان یا نهاد. (سال انتشار). عنوان کتاب (به‌صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.

ز) وبگاه اینترنتی

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

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 weastern 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. حروف‌چینی مقاله باید در برنامه Word، در اندازه کاغذ A4 و با رعایت حاشیه ۲/۵ سانتی‌متر از طرفین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی‌متر (Single) باشد.

۳-۲. لازم است متن فارسی مقاله با قلم B Nazanin 13 و متن لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شود. متن چکیده فارسی با قلم B Nazanin 10 Bold نوشته شود. عنوان اصلی مقاله با قلم B Titr 14 و سایر 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 به‌صورت Bold) و انگلیسی (Times New Roman 10 به‌صورت Bold) نوشته شود. اعداد داخل جدول‌ها به‌صورت 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

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

۳-۳-۱. در ترسیم نقشه‌ها سعی شود همه اصول کارتوگرافی رعایت شود. مختصات، مقیاس (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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 فرم های 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

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

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

۵-۲. در صورتی‌که 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 می تواند 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.

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

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

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

مجموعه مقالات

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 1-17 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2056976.1216 **Online ISSN: 2783-4581**

Identifying and prioritizing strategies for managing the Tanghebostanak watershed in Fars Province using the SWOT-QSPM model

Seyed Masoud Soleimanpour[1]*, Jamal Mosaffaie[2], Amin Salehpour Jam[2]

1. Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

2. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

* **Corresponding Author**: m.soleimanpour@areeo.ac.ir

(Received: 2 April 2025 Revised: 09 May 2025 Accepted: 20 May 2025)

Extended Abstract

Introduction: The SWOT model easily assesses the strengths, weaknesses, opportunities, and threats in a watershed and provides solutions that are consistent with the realities and capabilities of the watershed. This model is one of the group decision-making models designed to determine long-term or short-term strategies and to make major decisions and various issues and topics. To this end, this study identified and prioritized strategies for management in the Tanghebostanak watershed, located in the northwest of Fars Province, using the integrated SWOT-QSPM model.

Materials and methods: Field surveys were conducted to identify strengths, weaknesses, opportunities, and threats (SWOT). Through multiple meetings and brainstorming sessions with 24 subject-matter experts, both internal and external factors were identified, and a SWOT matrix was constructed. Management strategies were then developed based on these factors. The relative importance of each factor was assessed using the AHP. Internal and external factor scores were determined using a five-point Likert scale questionnaire, completed by two groups: experts and local watershed residents. The questionnaire's validity was confirmed by a panel of experts after finalizing the SWOT matrix. Responses were categorized using ordinal variables aligned with the Likert scale. The statistical population included 24 experts and 35 informed local residents. The reliability of the questionnaire was assessed using Cronbach's alpha. Weighted scores were calculated, the strategic position of the watershed was determined, and the overall attractiveness of each strategy was evaluated to prioritize management strategies.

Results and Discussion: A total of 14 internal factors (7 strengths and 7 weaknesses) and 10 external factors (5 opportunities and 5 threats) were identified, resulting in 12 strategies: 3 aggressive (SO), 3 conservative (WO), 3 competitive (ST), and 3 defensive (WT). Among these, "suitable soil" (S2) with a weighted score of 1.2 was identified as the most significant strength, while "soil erosion caused by human activities" (W2), scoring 1.044, was the most significant weakness. The most notable opportunity was "the willingness of surrounding counties to develop nature tourism" (O3), with a score of 1.35. Conversely, "complex and time-consuming administrative procedures for land transfer" (T5), with a score of 0.944, emerged as the most critical threat. The total weighted scores were as follows: strengths (3.383), weaknesses (3.317), opportunities (3.66), and threats (3.225). Internal and external factor scores were 0.066 and 0.435, respectively. These results highlight the dominance of strengths over weaknesses and opportunities over threats, indicating the need for a balanced approach incorporating all four strategic types. The results of the QSPM in prioritizing strategies indicate that strategies SO_3 (beekeeping development), ST_3 (improvement of agricultural production insurance services), and WT_2 (long-term transfer of national lands for the development of tourism, medicinal plants, and beekeeping), with overall attractiveness of 20.296, 18.515, and 18.238, respectively, are the best strategies for managing the Tanghebostanak watershed in Fars province.

Conclusion: Supporting new economic activities in the watershed is essential. This support should include raising public awareness, providing financial assistance, insuring emerging services, securing land, and simplifying bureaucratic processes. Since rangelands dominate the watershed's landscape, their restoration—particularly through proper grazing management—can significantly reduce soil erosion and landslides. Participatory watershed management is crucial for coordinated efforts among relevant institutions, mitigating fragmented governance. It is strongly recommended that policies prioritize the long-term lease of national lands, legal reforms, and facilitation measures to promote tourism, medicinal plant cultivation, and beekeeping. Additionally, protecting rangelands and preventing land-use change should be high on the agenda. Educating residents about the importance of watershed management, building their capacity for implementation and stewardship, and fostering collaboration with local cooperatives are among the key strategies for sustainable development in the Tanghebostanak watershed.

Keywords: Watershed Management, Decision Making Models, SWOT-QSPM.

Citation: Soleimanpour, S.M., Mosaffaie, J. & Salehpour Jam, A. (2026). Identifying and prioritizing appropriate strategies for managing the Tanghebostanak watershed in Fars province using the SWOT-QSPM model. *Integrated Watershed Management*, 5(4), 1-17. doi= 10.22034/iwm.2025.2056976.1216

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، شماره پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۱۷-۱) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2056976.1216

شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس با استفاده از مدل SWOT-QSPM

سیدمسعود سلیمان‌پور[1*]، جمال مصفائی[2]، امین صالح‌پورجم[2]

۱. بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

***نویسنده مسئول:** m.soleimanpour@areeo.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۱/۱۳ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۲/۱۹ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۲۰)

چکیده مبسوط

مقدمه: مدل SWOT به‌راحتی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در یک حوزه آبخیز را به‌دقت ارزیابی می‌کند و راهکارهایی توأم با واقعیات و توانایی‌های آبخیز، ارائه می‌دهد. این مدل، ازجمله مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی است که به منظور تعیین استراژی بلندمدت یا کوتاه‌مدت و ایجاد تصمیمات بزرگ و مسائل و موضوعات مختلف، طراحی شده است. به این منظور، در این پژوهش اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب مدیریت در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک واقع در شمال‌غرب استان فارس با استفاده از مدل SWOT-QSPM شده است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق بررسی‌های میدانی برای تعیین نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها انجام گردید و با برگزاری جلسات متعدد و ایجاد طوفان فکری با ۲۴ کارشناس خبره، اقدام به شناسایی عوامل درونی و بیرونی و تدوین ماتریس SWOT شد. همچنین نسبت به تدوین راهبردهای مدیریت آبخیز مبتنی بر نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها اقدام شد. تعیین اوزان نسبی عوامل هر یک از بخش‌های نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها با بکارگیری تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد. سپس نسبت به تعیین امتیاز عوامل درونی و بیرونی اقدام شد. در این خصوص، ابزار اندازه‌گیری برای تعیین امتیاز عوامل داخلی و خارجی، پرسشنامه طیف لیکرت پنج‌طبقه‌ای بود که توسط دو جامعه آماری کارشناسان و آبخیزنشینان تکمیل شد. روایی پرسشنامه پس از تعیین عوامل داخلی و خارجی و نهایی شدن ماتریس SWOT، مبتنی بر نظرات کارشناسان خبره به تأیید نهایی رسید. متغیرهای پرسشنامه مبتنی بر روش کدگذاری چندپاسخی، از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف لیکرت بود. برای دستیابی به نظرات جوامع محلی نیز پرسشنامه‌ها توسط ۳۵ نفر از افراد مطلع و باتجربه تکمیل شد. همچنین به‌منظور بررسی میزان پایایی پرسشنامه‌ها، از روش آلفای کرونباخ استفاده شد. محاسبه امتیاز وزنی عوامل مختلف، ارزیابی عوامل درونی و بیرونی، ترسیم نمودار موقعیت راهبردی آبخیز و محاسبه جذابیت کلی هر راهبرد محاسبه و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت آبخیز مبتنی بر مقادیر جذابیت نهایی راهبردها تعیین شدند.

نتایج و بحث: با توجه به ۱۴ عامل داخلی (هفت نقطه قوت و هفت نقطه ضعف) و ۱۰ عامل خارجی (پنج فرصت و پنج تهدید)، ۱۲ راهبرد، مشتمل بر سه راهبرد تهاجمی، سه راهبرد محافظه‌کارانه، سه راهبرد رقابتی و سه راهبرد تدافعی شناسایی شدند. نتایج ارزیابی عوامل داخلی و خارجی بیانگر آن است که "خاک مناسب" (S_2)، با امتیاز وزنی ۱/۲، مهم‌ترین نقطه قوت، "فرسایش خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی" (W_2)، با امتیاز وزنی ۱/۰۴۴، مهم‌ترین نقطه ضعف، "تمایل شهرستان‌های اطراف برای طبیعت‌گردی در این آبخیز"، با امتیاز وزنی ۱/۳۵ (O_3) مهم‌ترین فرصت، و "فرآیندهای اداری پیچیده و زمان‌بر واگذاری اراضی ملی" با امتیاز وزنی ۰/۹۴۴ (T_5) مهم‌ترین تهدید برای حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس محسوب می‌شوند. نتایج نشان داد مجموع امتیازات وزنی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به‌ترتیب برابر با ۳/۳۸۳، ۳/۳۱۷، ۳/۶۶ و ۳/۲۲۵ است. برآیند عوامل داخلی و خارجی به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶۶ و ۰/۴۳۵ محاسبه شد. با توجه به برتری نسبی نقاط قوت بر نقاط ضعف و نیز فرصت‌ها بر تهدیدها، تأمین اهداف مدیریتی در این حوزه آبخیز مستلزم توجه به هر چهار نوع راهبرد تهاجمی، محافظه‌کارانه، رقابتی و تدافعی می‌باشد. نتایج ماتریس برنامه‌ریزی راهبردی کمّی (QSPM) در اولویت‌بندی راهبردها بیانگر آن است که راهبردهای SO_3 (توسعه زنبورداری)، ST_3 (ارتقاء خدمات بیمه تولیدات کشاورزی) و WT_2 (واگذاری بلندمدت اراضی ملی به‌منظور توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری)، به‌ترتیب با جذابیت‌های کلی ۲۰/۲۹۶، ۱۸/۵۱۵ و ۱۸/۲۳۸، بهترین راهبردهای مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس هستند.

نتیجه‌گیری: نیاز است حمایت‌های ویژه‌ای برای راه‌اندازی فعالیت‌های جدید اقتصادی در این حوزه آبخیز انجام پذیرد. ازجمله این حمایت‌ها می‌توان به ارتقای سطح آگاهی اهالی منطقه، تسهیلات مالی، بیمه خدمات جدید آبخیز، تأمین اراضی موردنیاز، و کاهش تشریفات اداری پیچیده اشاره کرد. ازآنجاکه مراتع، بخش عمده سطح اراضی این حوزه آبخیز را تشکیل داده است؛ راهبرد احیای مراتع، به‌ویژه رعایت اصول چرای دام می‌تواند فرسایش خاک و زمین لغزش را کاهش داده و در نتیجه بهبود سلامت آبخیز را در پی داشته باشد. همچنین مدیریت مشارکتی آبخیز، باعث فعالیت هماهنگ سازمان‌های ذیربط شده و بنابراین بخشی‌نگری ناشی از ساختار حاکمیت پراکنده آبخیز برطرف خواهد شد. پیشنهاد می‌شود به‌طور جدی، واگذاری بلندمدت اراضی ملی و اصلاح قوانین و تسهیل امور برای توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری و همچنین حفاظت از مراتع و جلوگیری از تغییر کاربری اراضی در دستور کار سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مدیران این حوزه آبخیز قرار گیرد. اطلاع‌رسانی به آبخیزنشینان در خصوص اهمیت تدوین راهبردهای مدیریتی، افزایش توانمندی آبخیزنشینان با هدف اجرا و نگهداری و بهره‌برداری از طرح‌های آبخیزداری، و ارتباط و همکاری شرکت‌های تعاونی با ساکنان این آبخیز، از مهمترین موارد پیشنهادی در این خصوص می‌باشد.

واژگان کلیدی: آبخیزداری، مدل‌های تصمیم‌گیری، SWOT-QSPM.

استناد: سلیمان‌پور، س.م.، مصفائی، ج؛ و صالح‌پور جم، ا. (۱۴۰۴). شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مناسب مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس با استفاده از مدل SWOT-QSPM. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۷-۱.

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

هرگونه برنامه‌ریزی برای مدیریت مناسب یک طرح اجرایی، نیازمند شناخت دقیق مشکلات و چالش‌های آن‌ها از یک طرف و نقاط قوت و فرصت‌های آن‌ها از طرف دیگر است؛ به این صورت که باید عوامل داخلی و خارجی اعم از چالش‌ها و عوامل کُندکننده و همچنین پتانسیل‌های شتاب‌دهنده و فرصت‌ها را مورد بررسی قرار داده و سپس راهبردهای بهینه را تعیین نمود. از بین مدل‌ها و روش‌های موجود برای مدیریت و برنامه‌ریزی راهبردی، "مدل SWOT[1] یا نقاط قوت- ضعف- فرصت‌ها و تهدیدها"، از رایج‌ترین روش‌های تعیین و تدوین راهبرد به‌شمار می‌رود (Geneletti & Dawa, 2009).

مدیران و برنامه‌ریزان حوزه‌های آبخیز اغلب با مشکلاتی در تصمیم‌گیری‌های پیچیده مواجه هستند. این پیچیدگی‌ها عمدتاً به‌دلیل آن است که تعداد زیادی از عوامل مؤثر و متغیرها وجود دارند که باید در تصمیم-گیری لحاظ شوند. تنوع اطلاعات و تقابل عوامل باعث می‌شود که بشدر قادر به مشاهده کامل مسائل تصمیم-گیری در مورد برنامه‌ریزی استفاده از زمین نباشد (Witlox, 2005). به‌طوری‌که در گذشته تصمیم‌گیری-ها فقط مبتنی بر یک هدف انجام می‌شد؛ اما امروزه با استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف می‌توان تمامی معیارهای کیفی، کمی و معیارهای متضاد را در کنار هم بررسی کرد (Pohekar & Ramachandran, 2004). در این بین، یکی از بهترین و پرکاربردترین روش‌ها، استفاده از مدل SWOT می‌باشد؛ زیرا این مدل به‌راحتی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در یک حوزه آبخیز را به‌دقت ارزیابی می‌کند و راهکارهایی توأم با واقعیات و توانایی‌های آبخیز، ارائه می‌دهد (Mosaffaie *et al*., 2025). این مدل، ازجمله مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی است که به‌منظور تعیین استراژی بلندمدت یا کوتاه‌مدت و ایجاد تصمیمات بزرگ و مسائل و موضوعات مختلف، طراحی شده است. مدل SWOT می‌تواند برای یک سازمان یا شرکت یا برای یک منطقه جغرافیایی خاصی و یا موضوع و مسأله‌ای که در واقع به نوعی با آن درگیر هستیم طراحی شود. وظیفه اصلی این مدل، تعیین راهبرد برای بهبود کارایی یا وضعیت می‌باشد (Bazrafkan *et al*., 2016).

حوزه‌های آبخیزها، سامانه‌های اکولوژیکی- اجتماعی هستند که در آن انسان‌ها و سایر موجودات با یکدیگر و نیز با محیط فیزیکی پیرامون خود در تعامل هستند. آبخیزها، منافع ملموس و ناملموس فراوانی را برای موجودات زنده و به‌ویژه انسان ارائه می‌کنند که به مجموعه آن‌ها، "خدمات آبخیز[2]"، اطلاق می‌شود. نوع و میزان خدمات هر آبخیز بستگی به میزان منابع، پتانسیل‌ها و محدودیت‌های مختلف آبخیز دارد (Salehpour Jam & Mosaffaei, 2024).

توسعه آبخیز، هنگامی محقق می‌شود که خدمات و بهره‌برداری از منابع آبخیز، متناسب با پتانسیل‌ها و قابلیت‌های آن باشد (Soleimanpour *et al*., 2024). فعالیت‌های اقتصادی و میزان بهره‌برداری از منابع مختلف آبخیز می‌بایست با توجه به پتانسیل‌ها، محدودیت‌ها و سایر ویژگی‌های آن صورت پذیرد. در غیر این صورت، حداکثر بهره‌وری از پتانسیل‌های آبخیز حاصل نشده و یا این‌که نقاط ضعف و محدودیت‌ها سبب کاهش سلامت آبخیز می‌شوند. بنابراین، برای دستیابی به اهداف مدیریت آبخیز، تعیین راهبردهای سازگار با منابع و شرایط آبخیز، امری ضروری است. زیرا هر آبخیز با توجه به فضای کالبدی، میزان منابع مختلف، توان اکولوژیک و به‌طور کلی ویژگی‌های ذاتی محیط درونی و بیرونی خود قابلیت ارائه خدمات مختص به‌خود را دارد. در نتیجه، بهره‌برداری‌های نامتناسب با شرایط آبخیز ضمن کاهش بهره‌وری خدمات آبخیز، می‌تواند موجب کاهش سلامت آن‌ها شود (Soleimanpour *et al*., 2024). از مهم‌ترین

1- Strength, Weakness, Opportunities, Threats

2- Watershed Services

شاخص‌های کاهش سلامت آبخیز می‌توان به فرسایش و رسوب بالا، سیل‌خیزی زیاد، کیفیت پایین آب (سطحی و زیرزمینی)، کاهش ذخایر آبی (سطحی و زیرزمینی)، و تشدید مخاطرات طبیعی نظیر سیل و زمین‌لغزش اشاره کرد (Salehpour Jam & Mosaffaei, 2024).

در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس، بهره‌برداری‌های خارج از توان اکولوژیک آبخیز و بدون توجه به ویژگی‌های آن، مشکلات زیست‌محیطی را ایجاد کرده است. همچنین از بعضی خدماتی که آبخیزها با توجه به فضای کالبدی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود می‌توانسته‌اند ارائه کنند، غفلت شده است. در واقع می‌توان این‌گونه بیان کرد که نوع و میزان بهره‌برداری از منابع این حوزه آبخیز، به گونه‌ای بوده است که باعث مشکلات زیست‌محیطی شده و لذا پایداری خدمات آبخیز را با تردید جدی مواجه کرده است. بنابراین، پایداری خدمات در این حوزه آبخیز، نیاز به تدوین راهبردهای مدیریتی دارد که علاوه بر تأمین معیشت پایدار بهره‌برداران، توجه ویژه‌ای نیز به مقوله کاهش زیرشاخص‌های سلامت آبخیز داشته باشد (Soleimanpour *et al*., 2025).

پژوهش‌های مختلفی با استفاده از مدل SWOT به منظور مدیریت بهینه حوزه‌های آبخیز انجام شده است. به‌عنوان مثال، Fan و همکاران (۲۰۲۳) اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای توسعه گردشگری با استفاده از تکنیک‌های SWOT، QSPM[1] و AHP[2]، در کوهستان چانگ‌بای چین کردند. در این پژوهش، اثربخشی ۱۶ عامل داخلی و ۱۲ عامل خارجی مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، وجود ویژگی‌های طبیعی زیبا با مناظر متمایز، مهم‌ترین نقطه قوت کوهستان چانگ‌بای معرفی شد. همچنین، بر اساس ماتریس مؤلفه‌های داخلی و خارجی مدل SWOT، "راهبرد تهاجمی[3]"، به‌عنوان رویکرد بهینه معرفی شد. Nasiri Khiavi و همکاران (۲۰۲۳) نیز به کاربرد مقایسه‌ای تکنیک‌های مبتنی بر SWOT در حوزه آبخیز چشمه‌کیله، استان مازندران اقدام کردند. براساس نتایج، منابع آب فراوان، سیلاب‌های شدید، ترویج فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست و مهاجرت فزاینده گروه‌های سنی جوان، امتیاز بالاتری نسبت به سایر عوامل کسب کردند. همچنین راهبرد توسعه، به‌عنوان بهترین روش انتخاب شد. همچنین Sun و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی اقدام به بررسی مکانیسم توسعه گردشگری روستایی بر اساس مدل SWOT-QSPM در شهرستان یانگشو در کشور چین کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در بین شش راهبرد توسعه، "استفاده کامل از منابع گردشگری از طریق راهبرد بازآفرینی روستایی"، بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد. در تحقیقی دیگر، Wang و همکاران (۲۰۲۴) نیز اقدام به شناسایی و رتبه‌بندی راهبردهای توسعه صنعت گردشگری با تأکید بر سلامت جنگل در کوه چای چونگ‌کینگ و جنگل بامبو در چین کردند. در این پژوهش، به‌منظور ساخت استراتژی از روش SWOT، و برای رتبه‌بندی استراتژی‌های انتخاب شده از روش AHP و ماتریس QSPM استفاده شد. اثربخشی هشت عامل داخلی و هفت عامل خارجی برای گردشگری با تأکید بر سلامت جنگل، مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد مهم‌ترین مزایای این مناطق، "مناظر زیبای طبیعی و منحصربه‌فرد"، و مهم‌ترین معایب آن‌ها "امکانات پشتیبانی ناکافی و زیرساخت‌های ضعیف"، بوده است. تجزیه و تحلیل ماتریس QSPM نیز نشان داد که "استراتژی تهاجمی"، بهترین راهبرد است. نتایج همچنین بر "اهمیت حفاظت از منابع متنوع گردشگری برای حفظ چشم‌انداز بازار و ارتقای توسعه صنعت سلامت"، در مناطق مورد مطالعه تأکید کرد. Noor و همکاران (۲۰۲۴) نیز در پژوهش خود اقدام به شناسایی

1. Quantitative Strategic Planning Matrix
2. Analytical Hierarchy Process
3. Offensive strategy

راهبردهای مناسب مدیریت حوزه آبخیز بازه‌حوض مشهد با استفاده از SWOT کردند. نتایج نشان داد "مراتع و توسعه محصولات فرعی آن"، "درآمد کم آبخیزنشینان در مقایسه با مناطق شهری"، "تسهیلات دولتی کم‌بهره برای اشتغال روستایی" و "بخشی‌نگری و تعدد در مراکز تصمیم‌گیری"، به‌ترتیب مهم‌ترین نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید در این حوزه آبخیز می‌باشند. همچنین برآیند امتیاز عوامل داخلی و خارجی، دلالت بر برتری ضعف‌ها و فرصت‌ها، نسبت به قوت‌ها و تهدیدها داشت. Fathi و همکاران (۲۰۲۵) نیز در تحقیقی اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی مناسب‌ترین راهبردهای بهبود سلامت آبخیز سد ایلام با مدل SWOT کردند. راهبردهای اولویت‌بندی شده شامل مدیریت مطلوب آب‌های سطحی و زیرزمینی، استفاده از ظرفیت سازمانی و بومی برای مقابله با تغییر اقلیم، تقویت برنامه‌های حفاظت خاک و آب و توسعه تحقیقات، و توسعه برنامه‌های آموزشی مرتبط با بحران آب و تغییر اقلیم بودند. Hermiyanto و همکاران (۲۰۲۵) به‌منظور تعیین مدل مدیریت یکپارچه حوزه آبخیز، اقدام به ارزیابی کیفیت خاک و قابلیت زمین در حوزه آبخیز آرجاسا اندونزی با استفاده از تحلیل SWOT و روش AHP کردند. ایشان اولویت اصلی در این حوزه آبخیز را اجرای قانون در برابر متخلفان قطع غیرقانونی درختان و شیوه‌های کاربری نامناسب زمین اعلام کردند. Mosaffaie و همکاران (۲۰۲۵) نیز اقدام به تدوین راهکارهایی برای افزایش سلامت و خدمات حوزه آبخیز باراجین استان قزوین کردند. در این پژوهش، از چارچوب‌های SWOT و QSPM برای شناسایی و اولویت‌بندی استراتژی‌ها استفاده شد. مجموع امتیازهای وزنی عوامل داخلی و خارجی، حاکی از غلبه نقاط ضعف بر نقاط قوت و فرصت‌ها بر تهدیدها داشت. آنها اعلام کردند به‌منظور دستیابی به اهداف آبخیزداری، استراتژی‌ها باید از طریق برنامه‌های عملیاتی تهیه و توسط ذی‌نفعان مرتبط اجرا شوند. همچنین Patidar و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی نشان دادند مدل SWOT دارای پتانسیل قابل‌توجهی در پایش دبی رودخانه است و می‌تواند به واسنجی مدل‌های هیدرولوژیکی به‌منظور پایش رودخانه‌ها کمک کند.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که مدل SWOT، مبتنی بر شناسایی نقاط قوت و ضعف (عوامل درونی) و نیز تهدیدها و فرصت‌ها (عوامل بیرونی)، چارچوبی مناسب برای شناسایی بهترین استراتژی برای اهداف مورد انتظار در حوزه آبخیز است. زیرا این مدل در مفهوم کلی، ابزاری برای بهره‌برداری در مراحل مقدماتی تصمیم‌گیری و به عنوان پیش‌درآمد در امر برنامه‌ریزی راهبردی است. از دیدگاه این چارچوب، راهبرد مناسب، قوت‌ها و فرصت‌ها را به حداکثر و ضعف‌ها و تهدیدها را به حداقل می‌رساند. این چارچوب قادر است تا بهترین استراتژی‌ها در حوزه آبخیز را برای مدیریت پایدار منابع آب و خاک و گیاه، شناسایی و اولویت‌بندی کند. در این ارتباط، روش QSPM، نیز ازجمله روش‌های پرکاربرد در اولویت‌بندی راهبردهای تعیین شده مبتنی بر دیدگاه خبرگان است. با این حال، تاکنون تحقیقی در رابطه با شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت آبخیز که برای تأمین اهدافی چون توسعه خدمات و ارتقای سلامت آبخیز ضروری است؛ انجام نشده است.

به این منظور، این پژوهش در نظر دارد با شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت در حوزه آبخیز تنگ-بستانک استان فارس، بر لزوم برنامه‌ریزی راهبردی برای مدیریت آبخیزها تأکید کند.

مواد و روش‌ها

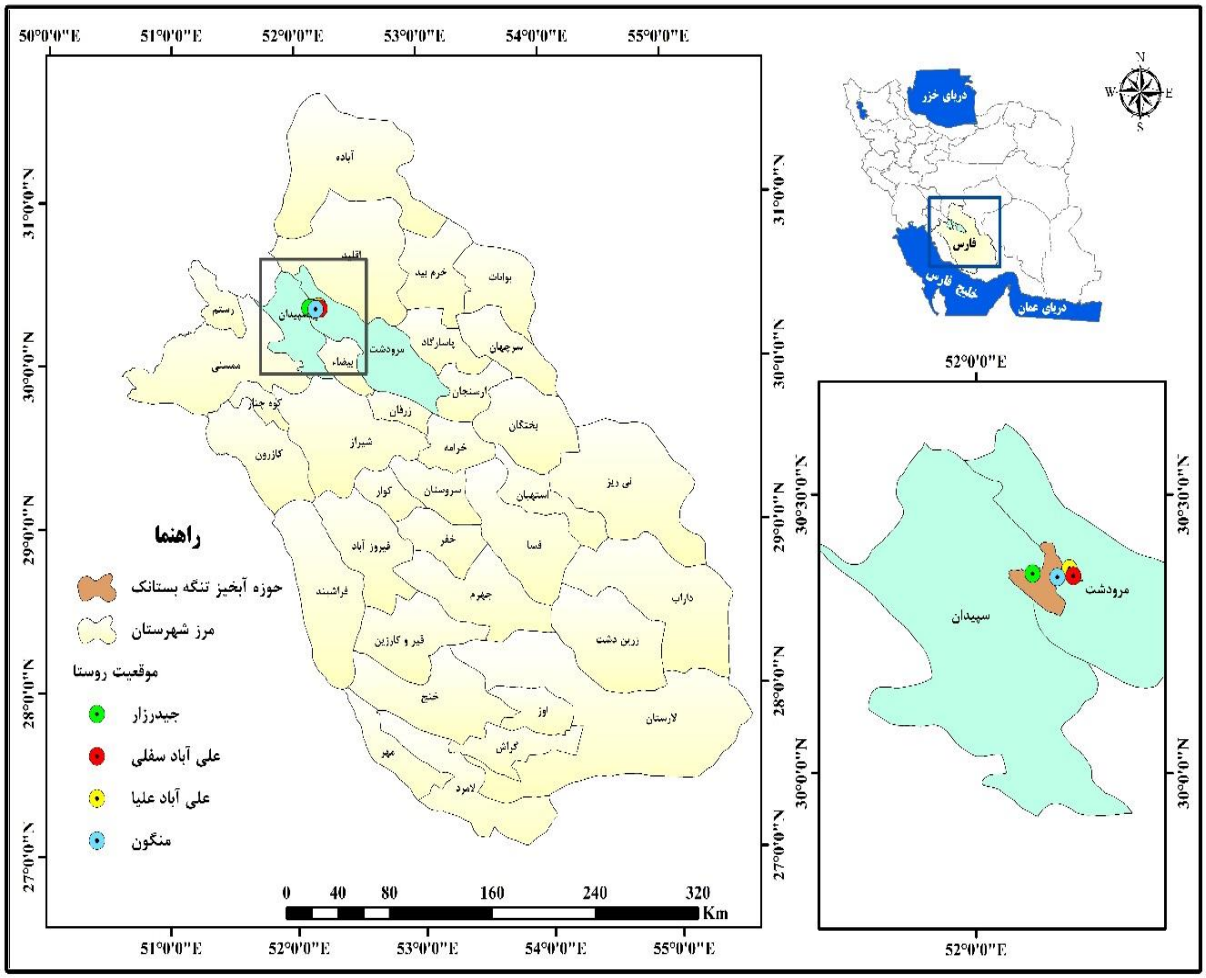
منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز تنگ‌بستانک واقع در شمال‌غرب استان فارس، با مساحت ۸۱/۷۳ کیلومترمربع و محیطی برابر با ۵۶/۶۵ کیلومتر، با موقعیت جغرافیایی ´۰۳ ˚۵۲ تا ´۱۳ ˚۵۲ طول شرقی و ´۱۶ ˚۳۰ تا ´۲۵ ˚۳۰ عرض شمالی، در ۸۰ کیلومتری شمال‌غرب شهرستان شیراز و در بین شهرستان‌های مرودشت و سپیدان قرار گرفته

است (شکل ۱). حداکثر و حداقل ارتفاع این آبخیز، به‌ترتیب ۲۷۱۶ و ۱۷۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. طبقه شیب ۳۰ تا ۶۰ درصد، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است. مراتع با مساحت ۵۲ کیلومترمربع، باغ با مساحت ۰/۴۵ کیلومترمربع، زراعت آبی با مساحت ۱۶/۹۷ کیلومترمربع، اراضی بایر با مساحت ۱۱/۷۱ کیلومترمربع، زراعت دیم با مساحت ۰/۱۸ کیلومتر مربع، و جنگل با زیراشکوب دیم، با مساحت ۰/۴۲ کیلومترمربع، کاربری‌های این حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهند. مراتع موجود در این حوزه آبخیز، اعم از مراتع مستقل و مراتع واقع شده در زیراشکوب جنگل با مساحت ۵۲ کیلومتر مربع، ۶۳/۶۳ درصد از مساحت حوزه آبخیز را به‌خود اختصاص داده است. براساس آمار ایستگاه باران‌سنجی منگان، مقدار متوسط بارش سالانه، ۶۰۹ میلی‌متر و میانگین حداکثر بارش روزانه ۶۴/۴ میلی‌متر می‌باشد. مقادیر متوسط حداکثر و حداقل دمای سالانه ۲۰/۵ و ۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این حوزه آبخیز از سه اقلیم، مدیترانه‌ای سرد، نیمه‌مرطوب سرد و مرطوب سرد تشکیل شده است در این حوزه آبخیز، مناطق دارای حرکت‌های توده‌ای از نوع ریزش و لغزش، مجموعاً مساحتی برابر ۴۳۳/۲۲ هکتار را به خود اختصاص داده‌اند. متوسط رسوب خروجی، ۳/۲۵ تن در هکتار در سال محاسبه شده است. کیفیت آب‌های زیرزمینی در این حوزه آبخیز، نسبتاً خوب است و حداقل و حداکثر مقدار هدایت الکتریکی به‌ترتیب ۴۲۴ و ۸۲۶ میکروموس بر سانتی‌متر و مقدار اسیدیته نیز بین ۷/۰۶ الی ۷/۹۲ در نوسان می‌باشد. همچنین ترتیب فراوانی آنیونی به صورت Ca>Mg>Na+K می‌باشد (General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, 2024).

مشخصات اجتماعی و جمعیتی

حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس در برگیرنده چهار روستا به نام‌های منگان، جیدرزار، علی‌آباد علیا و سفلی می‌باشد. روستای منگان، روستایی زیبا و خوش‌نما است که در ناحیه شمالی این آبخیز و در دامنه کوه ساران (موسوم به کمر زرد) واقع شده است. وسعت این روستا، ۱۳ هکتار می‌باشد و فاصله آن تا مرکز استان، ۱۰۰ کیلومتر می‌باشد. طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت این روستا ۷۳۵ نفر (۳۶۳ مرد و ۳۷۲ زن) بوده است که در ۲۱۱ خانوار تمرکز یافته‌اند. دیگر روستای این حوزه آبخیز، روستای جیدرزار است که با ارتفاع ۲۸۰۰ متر از سطح دریا در ناحیه فوقانی تنگ‌بستانک قرار دارد. علی‌رغم برخی محدودیت‌های ناشی از صعب‌العبور بودن منطقه، فعالیت‌های باغداری، زراعی، دامداری و پرورش زنبورعسل در این روستا رونق دارد. وسعت این روستا ۰/۸ هکتار می‌باشد. طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت آن ۱۰۷ نفر (۵۶ مرد، ۵۱ زن) بوده است که در قالب ۳۰ خانوار متمرکز شده‌اند. روستای علی‌آباد سفلی، در مصب رودخانه تنگ‌بستانک با رود کُر قرار دارد. جمعیت این روستا، طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، برابر با ۱۳۸۹ نفر (۷۳۱ مرد و ۶۵۸ زن) بوده است که در قالب ۴۰۷ خانوار، تمرکز یافته‌اند. شغل عمده ساکنان این روستا، کشاورزی می‌باشد و در اراضی زراعی خود عمدتاً به کشت برنج اشتغال دارند. روستای علی‌آباد علیا (بیمور)، در مسیر جاده اصلی به سوی پل فلزی در دامنه‌های جنوب شرقی رشته کوه ساران (موسوم به کمر زرد) واقع شده است. این روستا در دامنه جنگل بلوط و بنه قرار دارد. همچنین رودخانه کُر، از کنار آن می‌گذرد و مزارع وسیع برنج را مشروب می‌کند. رودخانه دیگری نیز به‌نام رودخانه تنگ‌بستانک، در جنوب این روستا جریان دارد. طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت این روستا ۱۵۸۳ نفر (۸۲۷ مرد و ۷۵۶ زن) بوده است که در ۴۵۳ خانوار متمرکز شده‌اند. وسعت این روستا ۳۲ هکتار می‌باشد. عمده فعالیت ساکنان، کشت برنج می‌باشد که به‌صورت ملکی یا استیجاری در مزارع مشغول به‌کار می‌باشند (General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province, 2024).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس

Figure 1- Geographical location of the Tanghebostanak watershed in Fars province

روش پژوهش

تدوین راهبردهای مناسب با استفاده از SWOT

در ابتدا با مشورت از کارشناسان خبره اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، حوزه آبخیز تنگ‌بستانک، با توجه به ویژگی‌هایی نظیر دارا بودن پتانسیل‌های مغفول برای تأمین معیشت آبخیزنشینان، دارا بودن مطالعات مناسب، دسترسی مطلوب، دارا بودن مشکلات زیست‌محیطی و... تعیین شد. سپس اقدام به گردآوری اطلاعات، آمار، گزارش‌ها و نقشه‌های موضوعی از این حوزه آبخیز شد و فعالیت‌های اقتصادی و منابع درآمد مالی آبخیزنشینان و مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی این آبخیز، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، پرسش از کارشناسان و نیز مراجعه به منطقه تعیین شد. سپس اقدام به بررسی‌های میدانی برای تعیین نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها گردید و با برگزاری جلسات متعدد و ایجاد طوفان فکری با ۲۴ کارشناس خبره و آشنا با مسائل این حوزه آبخیز، اقدام به شناسایی عوامل درونی و بیرونی و تدوین ماتریس SWOT شد. در این مرحله سعی شد که تعداد عوامل هر یک از بخش‌های ماتریس از پنج عامل تجاوز نکند و عوامل اصلی‌تر در ماتریس وارد شوند تا تدوین راهبردها با پیچیدگی ناشی از تعدد عوامل مواجه نگردد. همچنین نسبت به تدوین راهبردهای مدیریت آبخیز مبتنی بر نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای این حوزه آبخیز اقدام شد. به این منظور، هر یک از عوامل درونی و بیرونی، به‌صورت زوجی در نظر گرفته شدند و راهبردهایی برای تأمین اهداف تعریف شدند.

اولویت‌بندی راهبردها با استفاده از تکنیک ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی[۶] (QSPM)

از آنجاکه مدیران معمولاً منابع مالی کافی برای اجرای تمام راهبردها ندارند؛ باید تصمیم‌گیری کرد که کدام راهبردها از اولویت بالاتری برای اجرا برخوردارند. تحلیل SWOT فاقد پتانسیل لازم برای اولویت‌بندی راهبردها است؛ بنابراین در این پژوهش، از ماتریس برنامه‌ریزی استراتژیک کمی، به‌منظور اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت آبخیز، به‌شرح زیر، بهره گرفته شد: تعیین اوزان نسبی عوامل هر یک از بخش‌های نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها با بکارگیری تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد. سپس نسبت به تعیین امتیاز عوامل درونی و بیرونی اقدام شد. در این خصوص، ابزار اندازه‌گیری برای تعیین امتیاز عوامل داخلی و خارجی، پرسشنامه طیف لیکرت پنج‌طبقه‌ای (خیلی‌کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی‌زیاد (۵)) بود که توسط دو جامعه آماری کارشناسان و آبخیزنشینان تکمیل شد. روایی پرسشنامه پس از تعیین عوامل داخلی و خارجی و نهایی شدن ماتریس SWOT، مبتنی بر نظرات کارشناسان خبره به تأیید نهایی رسید. متغیرهای پرسشنامه مبتنی بر روش کدگذاری چندپاسخی، از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف لیکرت بود. جامعه آماری، شامل ۲۴ نفر از کارشناسان خبره مشتمل بر کارشناسان اداره کل منابع‌طبیعی و آبخیزداری استان فارس و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان فارس، آشنا به منطقه و با سابقه بالای ۱۰ سال بودند. برای دستیابی به نظرات جوامع محلی و آبخیزنشینان نیز پرسشنامه‌ها توسط ۳۵ نفر از افراد مطلع و باتجربه تکمیل شد. همچنین به‌منظور بررسی میزان پایایی پرسشنامه‌ها (قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری)، از روش آلفای کرونباخ استفاده شد. در ادامه نسبت به محاسبه امتیاز وزنی عوامل مختلف از طریق حاصل ضرب اوزان عوامل در امتیاز آن‌ها و ارزیابی عوامل درونی و بیرونی و ترسیم نمودار موقعیت راهبردی آبخیز، اقدام شد. پس از این مرحله، اختصاص امتیاز جذابیت برای هر راهبرد در رابطه با هر یک از عوامل انجام شد و محاسبه جذابیت کلی هر راهبرد نسبت به هر عامل از طریق حاصل‌ضرب امتیاز وزنی هر عامل در اعداد امتیاز جذابیت راهبردها به‌دست آمد. در انتها، جذابیت نهایی هر راهبرد از طریق مجموع اعداد جذابیت‌های کلی محاسبه و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت آبخیز مبتنی بر مقادیر جذابیت نهایی راهبردها تعیین شدند.

نتایج

اجزاء و ماتریس SWOT

اجزاء و ماتریس SWOT و ارزیابی عوامل آن به‌منظور شناسایی راهبردهای مدیریت در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس بر اساس نظر کارشناسان در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده و نقاط قوت (S)، ضعف (W)، فرصت (O) و تهدید (T)، ۱۴ عامل داخلی (هفت نقطه قوت و هفت نقطه ضعف) و ۱۰ عامل خارجی (پنج فرصت و پنج تهدید) بر اساس چارچوب SWOT و بر اساس نظر کارشناسان برای این حوزه آبخیز شناسایی شدند.

راهبردهای مدیریتی

راهبردهای مدیریت برای حفظ و ارتقای سطح سلامت و خدمات در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک استان فارس در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول و همچنین اصول مبتنی بر چارچوب SWOT، اقدام به شناسایی انواع راهبردهای تهاجمی، رقابتی، محافظه‌کارانه و تدافعی شد. بر این اساس، مبتنی بر مؤلفه‌های مؤثر در تعیین هر یک از انواع راهبردهای مذکور، تعداد ۱۲ راهبرد، مشتمل بر سه راهبرد تهاجمی شامل توسعه گردشگری، توسعه گیاهان دارویی و توسعه زنبورداری، سه راهبرد محافظه‌کارانه شامل توسعه و

1. Quantitative Strategic Planning Matrix

ارتقاء مشارکت جوامع محلی، احیاء پوشش‌گیاهی جنگلی و مرتعی و توسعه عملیات بیومکانیک (به‌منظور تثبیت لغزش‌ها)، سه راهبرد رقابتی شامل اصلاح قوانین و تسهیل امور برای توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری، بکارگیری ساکنان آبخیز در طرح‌های اجرایی و ارتقاء خدمات بیمه تولیدات کشاورزی و سه راهبرد تدافعی شامل وضع عوارض گردشگری (طبیعت‌گردی)، واگذاری بلندمدت اراضی ملی به‌منظور توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری و آموزش و ترویج فرهنگ منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، شناسایی شدند که از آن‌ها می‌توان برای تعیین راهبردهای مدیریت آبخیز بهره گرفت.

جدول ۱- اجزاء و ماتریس SWOT و ارزیابی عوامل آن به‌منظور شناسایی راهبردهای مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک
Table 1- SWOT components and matrix and evaluation factors to identify management strategies of the Tanghebostanak watershed

نقاط قوت (S)	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
(S_1) منابع آب مناسب (کمیت و کیفیت)	0.28	4	1.12
(S_2) خاک مناسب (اراضی کشاورزی حاصلخیز)	0.30	4	1.20
(S_3) درآمد مناسب ساکنان	0.13	3	0.39
(S_4) مجاورت با شهرستان مرودشت و وجود راه‌های ارتباطی مناسب	0.08	2	0.16
(S_5) نیروی انسانی تحصیل‌کرده (سطح سواد بالا) و فعال برای کار	0.075	2	0.15
(S_6) وجود دهیاری، شوراها و تعاونی‌های روستایی	0.042	2	0.084
(S_7) وجود جاذبه‌ها و چشم‌اندازهای طبیعی و آب و هوای مطبوع	0.093	3	0.279
مجموع	1		3.383
نقاط ضعف (W)	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
(W_1) وابستگی زیاد معیشت جوامع محلی به کشاورزی و دامداری	0.213	4	0.852
(W_2) فرسایش خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی (نظیر تغییر کاربری اراضی)	0.261	4	1.044
(W_3) عدم احساس تملک جوامع محلی نسبت به اراضی ملی	0.032	1	0.032
(W_4) تخریب چشم‌اندازهای طبیعی ناشی از تغییر کاربری‌های غیراصولی	0.131	3	0.393
(W_5) تخریب جنگل برای تأمین سوخت و فروش چوب	0.093	2	0.186
(W_6) عدم تعادل دام و مرتع	0.11	3	0.33
(W_7) حساسیت بالای منطقه به ریزش و لغزش (به‌سبب شیب زیاد و سازند)	0.16	3	0.48
مجموع	1		-3.317
برآیند		0.66	
فرصت‌ها (O)	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
(O_1) حمایت دولت از تعاونی‌ها و تشکل‌های روستایی	0.12	2	0.24
(O_2) اسناد بالادستی حفاظت و توسعه خدمات آبخیزها	0.18	3	0.54
(O_3) تمایل شهرستان‌های اطراف برای طبیعت‌گردی در این آبخیز	0.27	5	1.35
(O_4) تسهیلات (وام) بانکی برای اشتغال‌زایی	0.19	3	0.57
(O_5) ظرفیت بالای بازار برای تولیدات متنوع آبخیز	0.24	4	0.96
مجموع	1		3.66
تهدیدها (T)	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
(T_1) تنوع سازمان‌های ذی‌ربط و بخشی‌نگری آن‌ها	0.192	4	0.768
(T_2) مدیریت و حفاظت دولتی از اراضی ملی (جنگل و مرتع)	0.168	3	0.504
(T_3) خدمات بیمه‌ای ناکافی به‌ویژه در بخش کشاورزی	0.203	2	0.406
(T_4) پیامدهای منفی تغییرات اقلیمی	0.201	3	0.603
(T_5) فرآیندهای اداری پیچیده و زمان‌بر واگذاری اراضی ملی	0.236	4	0.944
مجموع	1		-3.225
برآیند		0.435	

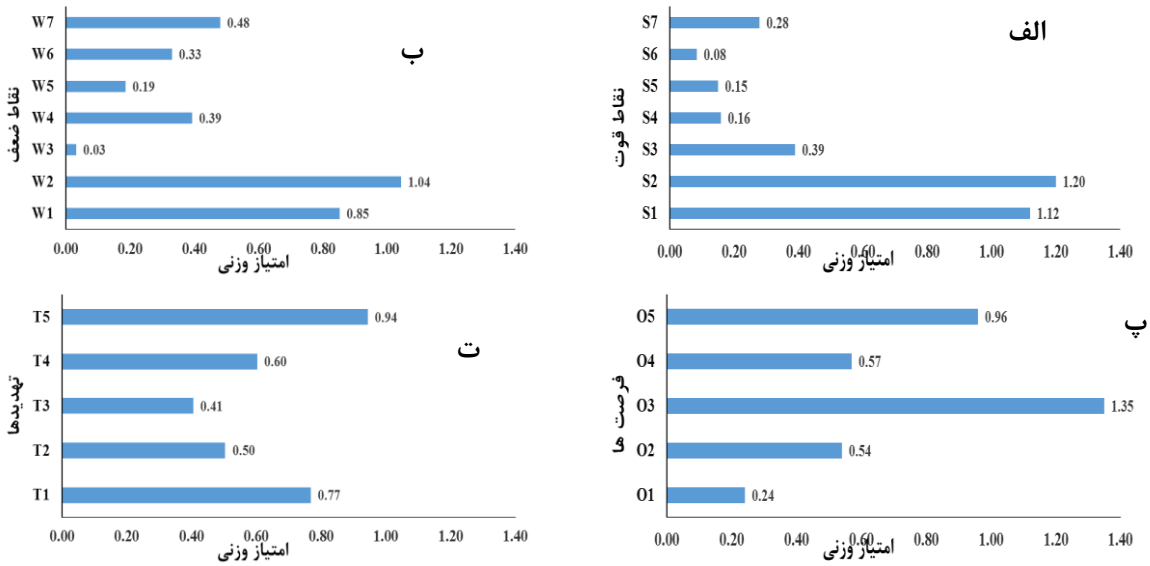
جدول ۲- راهبردهای مدیریت برای حفظ و ارتقای سطح سلامت و خدمات منطقه موردمطالعه

Table 2- Management strategies for maintaining and improving the health and services of the study area

		نقاط قوت (S)		نقاط ضعف (W)
		استراتژی‌های تهاجمی (SO)		**استراتژی‌های محافظه‌کارانه** (WO)
فرصت‌ها (O)	1	توسعه گردشگری $S_1, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, O_2, O_3, O_4, O_5$	1	توسعه و ارتقاء مشارکت جوامع محلی $W_2, W_3, W_5, O_1, O_2, O_4$
	2	توسعه گیاهان دارویی $S_1, S_2, S_3, S_5, S_6, O_1, O_2, O_4, O_5$	2	احیاء پوشش‌گیاهی جنگلی و مرتعی $W_1, W_2, W_4, W_5, W_6, O_2, O_3, O_4, O_5$
	3	توسعه زنبورداری $S_۲, S_۳, S_۵, S_۶, O_۱, O_۲, O_۴, O_۵$	3	توسعه عملیات بیومکانیک (به‌منظور تثبیت لغزش‌ها) W_2, W_6, W_7, O_2
		استراتژی‌های رقابتی (ST)		**استراتژی‌های تدافعی** (WT)
تهدیدها (T)	1	اصلاح قوانین و تسهیل امور برای توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری $S_1, S_2, S_4, S_7, T_1, T_5$	1	وضع عوارض گردشگری (طبیعت‌گردی) W_1, W_3, T_2
	2	بکارگیری ساکنان آبخیز در طرح‌های اجرایی S_3, S_5, S_6, T_2	2	واگذاری بلندمدت اراضی ملی به‌منظور توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری $W_1, W_2, W_3, W_6, T_2, T_5$
	3	ارتقاء خدمات بیمه تولیدات کشاورزی S_2, T_3, T_4	3	آموزش و ترویج فرهنگ منابع‌طبیعی و محیط‌زیست W_2, W_5, W_6, T_2

اولویت‌بندی راهبردها

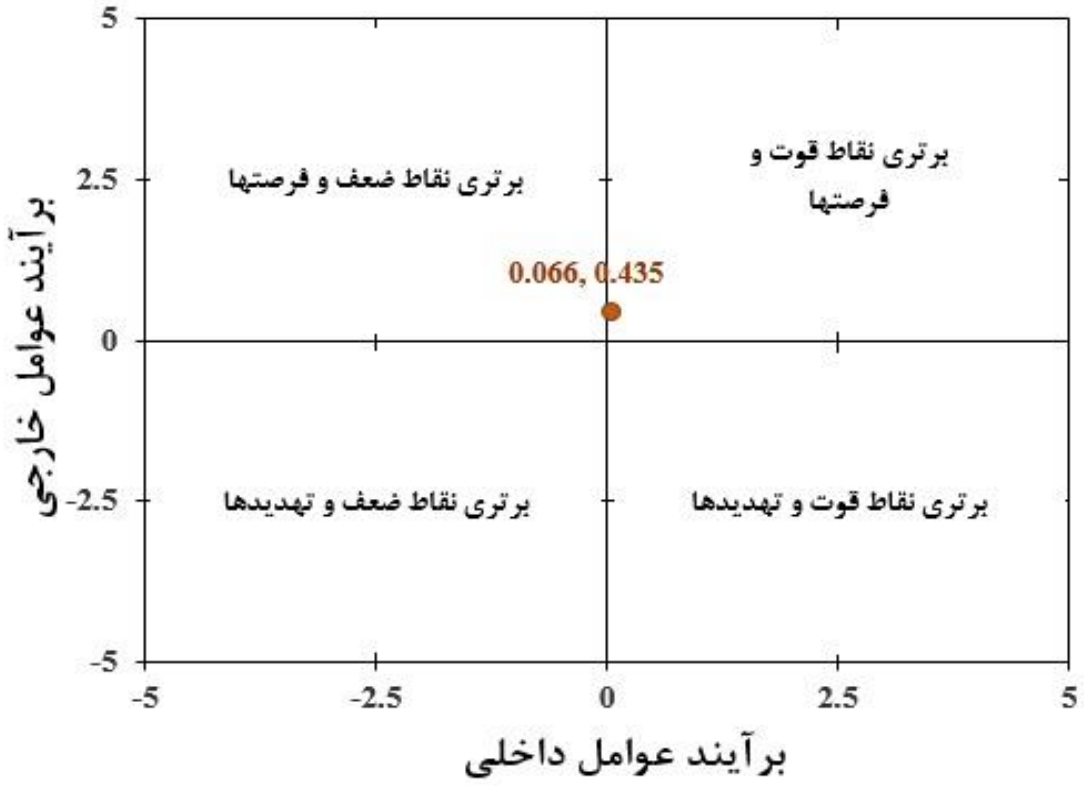
نتایج ارزیابی عوامل داخلی و خارجی بیان‌گر آن است که "خاک مناسب" (S_2)، با امتیاز وزنی ۱/۲۰، مهم‌ترین نقطه قوت، "فرسایش خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی" (W_2)، با امتیاز وزنی ۱/۰۴۴، مهم‌ترین نقطه ضعف، "تمایل شهرستان‌های اطراف برای طبیعت‌گردی در این آبخیز"، با امتیاز وزنی ۱/۳۵ (O_3) مهم‌ترین فرصت، و "فرآیندهای اداری پیچیده و زمان‌بر واگذاری اراضی ملی" با امتیاز وزنی ۰/۹۴۴ (T_5) مهم‌ترین تهدید برای حوزه آبخیز تنگ‌بستانک محسوب می‌شوند (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار امتیازات وزنی شامل الف) نقاط قوت، ب) نقاط ضعف، پ) فرصت‌ها و ت) تهدیدها در منطقه موردمطالعه

Figure 2 - Weighted score chart, including: a) strengths, b) weaknesses, c) opportunities, and d) threats in the study area

نتایج نشان داد مجموع امتیازات وزنی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به‌ترتیب برابر با ۳/۳۸۳، ۳/۳۱۷، ۳/۶۶ و ۳/۲۲۵ است که با در نظر گرفتن یک علامت منفی برای امتیاز کلی عوامل مخرب (نقاط ضعف و تهدیدها)، برآیند عوامل داخلی و خارجی به‌ترتیب برابر با ۰/۰۶۶ و ۰/۴۳۵ است. همان‌طور که در نمودار ارزیابی عوامل داخلی و خارجی مشاهده می‌شود، این مختصات، نشان‌دهنده برتری نسبی نقاط قوت و فرصت‌ها بر نقاط ضعف و تهدیدها می‌باشد (شکل ۳). البته باید توجه داشت که هرچه فاصله مختصات نقطه تلاقی عوامل داخلی و خارجی با مبداء مختصات بیشتر باشد، شدت برتری عوامل نسبت به یکدیگر بیشتر خواهد بود؛ اما از آنجاکه در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک، فاصله کمی بین مختصات نقطه (۰/۰۶۶ و ۰/۴۳۵) با مبدا مختصات (۰ و ۰) وجود دارد؛ غلبه و برتری نقاط قوت بر نقاط ضعف و نیز فرصت‌ها بر تهدیدها به‌صورت نسبی بوده و برتری مطلقی در این زمینه مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین، تأمین اهداف مدیریت این حوزه آبخیز، مستلزم توجه به هر چهار نوع راهبرد تهاجمی، محافظه‌کارانه، رقابتی و تدافعی است.



شکل ۳- نمودار ارزیابی عوامل داخلی و خارجی در منطقه موردمطالعه

Figure 3 - Diagram of evaluation of internal and external factors in the study area

به‌منظور اولویت‌بندی راهبردهای تدوین‌شده و تعیین اهمیت نسبی هر یک از عوامل برای موفقیت در هر کدام از راهبردها، از ماتریس برنامه‌ریزی راهبردی کمّی (QSPM)، استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ و شکل ۴ ارائه شده است. نتایج اولویت‌بندی راهبردها بیانگر آن است که راهبردهای SO_3 (توسعه زنبورداری)، ST_3 (ارتقاء خدمات بیمه تولیدات کشاورزی) و WT_2 (واگذاری بلندمدت اراضی ملی به منظور توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری)، به‌ترتیب با جذابیت‌های کلی ۲۰/۲۹۶، ۱۸/۵۱۵ و ۱۸/۲۳۸، بهترین راهبردهای مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک هستند. همچنین راهبردهای SO_1 (توسعه گردشگری)، WO_3 (توسعه عملیات بیومکانیک به‌منظور تثبیت لغزش‌ها)، WT_3 (آموزش و ترویج فرهنگ منابع‌طبیعی

و محیط زیست)، WO_2 (احیاء پوشش‌گیاهی جنگلی و مرتعی)، SO_2 (توسعه گیاهان دارویی)، WO_1 (توسعه و ارتقاء مشارکت جوامع محلی)، WT_1 (وضع عوارض گردشگری و طبیعت‌گردی)، ST_1 (اصلاح قوانین و تسهیل امور برای توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری) و ST_2 (بکارگیری ساکنان آبخیز در طرح‌های اجرایی)، به‌ترتیب با جذابیت‌های کلی ۱۳/۰۰۶، ۱۲/۵۰۳، ۱۱/۵۹۶، ۱۰/۱۸۷، ۹/۶۲۶، ۹/۵۰۲، ۸/۱۷۵، ۵/۲۱۱ و ۴/۱۷۷ در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۳- اولویت‌بندی اهمیت راهبردها به روش QSPM در منطقه موردمطالعه

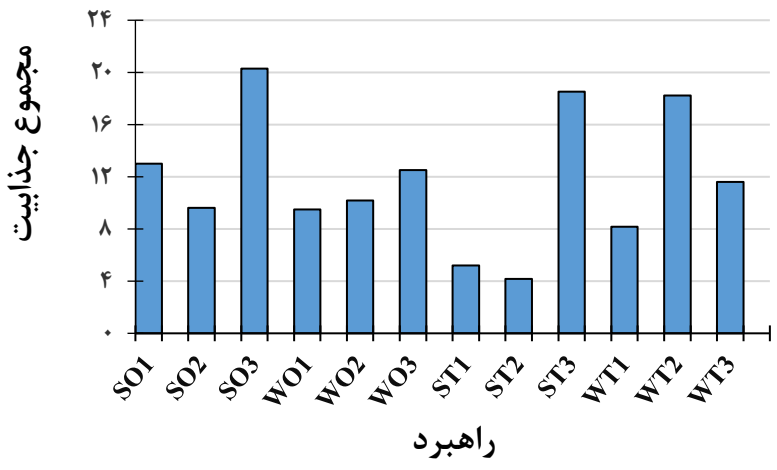
Table 3- Prioritization of the importance of strategies using the QSPM method in the study area

عامل	وزن	امتی از	امتیاز وزنی	SO_1		SO_2		SO_3		WO_1		WO_2		WO_3	
				جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی
S_1	0.28	4	1.12	2	2.24	0	0	3	3.36	1	1.12	1	1.12	1	1.12
S_2	0.30	4	1.20	0	0	0	0	3	3.6	1	1.2	1	1.2	0	0
S_3	0.13	3	0.39	1	0.39	1	0.39	1	0.39	1	0.39	1	0.39	0	0
S_4	0.08	2	0.16	2	0.32	2	0.32	1	0.16	0	0	1	0.16	3	0.48
S_5	0.075	2	0.15	3	0.45	3	0.45	2	0.3	1	0.15	2	0.3	1	0.15
S_6	0.04	2	0.08	0	0	0	0	0	0	2	0.168	1	0.084	0	0
S_7	0.09	3	0.279	2	0.558	2	0.558	2	0.558	0	0	2	0.558	0	0
Sum	**1**		**3.38**												
W_1	0.22	4	0.85	0	0	0	0	0	0	3	2.556	2	1.704	3	2.556
W_2	0.27	4	1.04	1	1.044	1	1.044	1	1.044	0	0	1	1.044	0	0
W_3	0.03	1	0.03	3	0.096	3	0.096	3	0.096	0	0	2	0.064	0	0
W_4	0.13	3	0.39	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.179	1	0.393
W_5	0.20	2	0.19	3	0.558	3	0.558	3	0.558	3	0.558	2	0.372	1	0.186
W_6	0.11	3	0.33	0	0	0	0	0	0	3	0.990	0	0	1	0.330
W_7	0.02	3	0.48	3	1.44	3	1.44	3	1.44	0	0	1	0.48	0	0
Sum	**1**		**3.32**												
O_1	0.12	2	0.24	3	0.72	3	0.72	3	0.72	3	0.72	3	0.72	1	0.24
O_2	0.18	3	0.54	0	0	0	0	0	0	2	1.08	0	0	1	0.54
O_3	0.27	5	1.35	3	4.05	3	4.05	3	4.05	0	0	0	0	3	4.05
O_4	0.19	3	0.57	2	1.14	0	0	2	1.14	1	0.57	0	0	1	0.57
O_5	0.24	4	0.96	0	0	0	0	3	2.88	0	0	0	0	0	0
Sum	**1**		**3.66**												
T_1	0.19	4	0.77	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T_2	0.17	3	0.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T_3	0.20	2	0.41	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.812	0	0
T_4	0.20	3	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T_5	0.24	4	0.94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1.888
Sum	**1**		**3.23**												
مجموع جذابیت				**13.006**		**9.626**		**20.296**		**9.502**		**10.187**		**12.503**	
اولویت راهبرد				**4**		**8**		**1**		**9**		**7**		**5**	

ادامه جدول ۳- اولویت‌بندی اهمیت راهبردها توسط روش QSPM در منطقه موردمطالعه

Table 3 continued- Prioritization of the importance of strategies using the QSPM method in the study area

عامل	وزن	امتی از	امتیاز وزنی	ST_1		ST_2		ST_3		WT_1		WT_2		WT_3	
				جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی	جذابیت	جذابیت کلی
S_1	0.28	4	1.12	0	0	0	0	3	3.36	0	0	2	2.24	1	1.12
S_2	0.30	4	1.20	1	1.2	0	0	2	2.4	0	0	2	2.4	1	1.2
S_3	0.13	3	0.39	0	0	0	0	2	0.78	0	0	0	0	0	0
S_4	0.08	2	0.16	0	0	1	0.16	0	0	1	0.16	0	0	2	0.32
S_5	0.075	2	0.15	2	0.3	0	0	3	0.45	3	0.45	3	0.45	0	0
S_6	0.04	2	0.08	2	0.168	0	0	2	0.168	0	0	2	0.168	0	0
S_7	0.09	3	0.28	3	0.837	0	0	2	0.558	0	0	2	0.558	0	0
Sum	**1**		**3.38**												
W_1	0.22	4	0.85	0	0	0	0	0	0	2	1.704	2	1.704	1	0.852
W_2	0.27	4	1.04	0	0	0	0	3	3.132	0	0	3	3.132	0	0
W_3	0.03	1	0.03	0	0	2	0.064	2	0.064	0	0	2	0.064	0	0
W_4	0.13	3	0.39	2	0.786	0	0	2	0.786	1	0.393	2	0.786	0	0
W_5	0.20	2	0.19	0	0	0	0	2	0.372	3	0.558	1	0.186	0	0
W_6	0.11	3	0.33	0	0	0	0	1	0.33	1	0.33	0	0	3	0.99
W_7	0.02	3	0.48	3	1.44	2	0.96	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum	**1**		**3.32**												
O_1	0.12	2	0.24	2	0.48	1	0.24	1	0.24	3	0.72	3	0.72	2	0.48
O_2	0.18	3	0.54	0	0	0	0	2	1.08	0	0	0	0	3	1.62
O_3	0.27	5	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_4	0.19	3	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_5	0.24	4	0.96	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2.88	2	1.92
Sum	**1**		**3.66**												
T_1	0.19	4	0.77	0	0	0	0	3	2.304	2	1.536	2	1.536	0	0
T_2	0.17	3	0.51	0	0	0	0	0	0	3	1.512	2	1.008	0	0
T_3	0.20	2	0.40	0	0	0	0	0	0	2	0.812	1	0.406	0	0
T_4	0.20	3	0.60	0	0	3	1.809	1	0.603	0	0	0	0	2	1.206
T_5	0.24	4	0.96	0	0	1	0.944	2	1.888	0	0	0	0	2	1.888
Sum	**1**		**3.23**												
مجموع جذابیت				**5.211**		**4.177**		**18.515**		**8.175**		**18.238**		**11.596**	
اولویت راهبرد				**11**		**12**		**2**		**10**		**3**		**6**	



شکل ۴- نمودار مقادیر جذابیت کلی راهبردهای مدیریت در منطقه موردمطالعه

Figure 4 - Diagram of the overall attractiveness values of management strategies in the study area

بحث

نتایج ارزیابی عوامل داخلی و خارجی نشان داد وجود خاک مناسب، و تمایل شهرستان‌های اطراف برای طبیعت‌گردی در این آبخیز، به‌ترتیب از مهم‌ترین نقاط قوت و فرصت در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک می‌باشند؛ اما در مقابل، فرسایش خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای اداری پیچیده و زمان‌بر واگذاری اراضی ملی، به‌ترتیب از مهم‌ترین نقاط ضعف و تهدید در این حوزه آبخیز هستند. همچنین نتایج اولویت‌بندی راهبردها بیان‌گر آن است که راهبردهای SO_3 (توسعه زنبورداری)، ST_3 (ارتقاء خدمات بیمه تولیدات کشاورزی) و WT_2 (واگذاری بلندمدت اراضی ملی به‌منظور توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری)، بهترین راهبردهای مدیریت حوزه آبخیز تنگ‌بستانک هستند.

با توجه به این نتایج و توجه به این نکته که تاکنون راهبردهای سازگار با شرایط داخلی و خارجی حوزه آبخیز تنگ‌بستانک مورد مطالعه قرار نگرفته است؛ کشاورزی، باغداری، زنبورداری و و دامداری سنتی که عمده فعالیت‌های اقتصادی اهالی این آبخیز را تشکیل می‌دهند باعث فشار مفرط بر منابع خاک، آب و پوشش‌گیاهی آبخیز شده که به نوبه خود منجر به بروز مشکلاتی نظیر فرسایش خاک و لغزش، در حوزه آبخیز شده است. فعالیت‌های اقتصادی نامتناسب فعلی، نه‌تنها باعث کاهش سلامت آبخیز شده است؛ بلکه نتوانسته درآمد مناسبی برای بهره‌برداران فراهم کند؛ زیرا سرمایه مالی ساکنان اندک است و از وضعیت اقتصادی مناسبی برخوردار نیستند. این در حالی است که منابع و پتانسیل‌های فراوانی در منطقه موجود است که می‌توان بر اساس آن‌ها فعالیت‌های اقتصادی که فشار کمتری بر منابع آبخیز وارد می‌آورند را برای ساکنان راه‌اندازی کرد. البته هرچند که منابع و پتانسیل‌هایی برای ایجاد این فعالیت‌های اقتصادی جدید و در واقع معیشت‌های جایگزین برای ساکنان آبخیز موجود است؛ اما با این وجود، محدودیت‌های داخلی و خارجی وجود دارند که ممکن است مانع راه‌اندازی موفق آن‌ها شوند و نیاز است که حمایت‌های مناسبی برای راه‌اندازی آن‌ها انجام پذیرد. ازجمله این حمایت‌ها می‌توان به مواردی نظیر ارتقای سطح آگاهی اهالی منطقه، تسهیلات مالی، بیمه خدمات جدید آبخیز، تأمین اراضی موردنیاز، کاهش تشریفات اداری پیچیده و... اشاره کرد.

برای نیل به اهداف مذکور که زمینه‌ساز افزایش خدمات و در عین حال بهبود سلامت آبخیز خواهد شد؛ لازم است در این حوزه آبخیز، نسبت به مدیریت مطلوب منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، تقویت برنامه‌های حفاظت خاک و آب و توسعه تحقیقات، و توسعه برنامه‌های آموزشی (Fathi *et al.*, 2025)؛ توسعه

گردشگری (Fan *et al*., 2023) و استفاده کامل از این ظرفیت (Sun *et al*., 2024) و حفاظت از این منابع، به‌ویژه مناظر زیبا و منحصربه‌فرد (Wang *et al*., 2024)، توجه به مراتع و توسعه محصولات فرعی (Noor *et al*., 2024)، ترویج فرهنگ حفاظت از محیط‌زیست (Nasiri Khiavi *et al*., 2023) و ایجاد شرایطی به‌منظور دریافت تسهیلات دولتی کم‌بهره برای توسعه و رونق اشتغال روستایی (Noor *et al*., 2024) از طریق برنامه‌های عملیاتی (Mosaffaie *et al*., 2025; Hermiyanto *et al*., 2025) اقدام کرد. همچنین توجه به این نکته ضروری می‌باشد که تقویت زیرساخت‌ها (Wang *et al*., 2024) و پشتیبانی کافی (Patidar *et al*., 2025)، به‌منظور تحقق موارد فوق‌الذکر، از ضروریات تحقق واقعی سلامت آبخیز در این حوزه آبخیز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

سه راهبرد تهاجمی (توسعه گردشگری، گیاهان دارویی و زنبورداری) شناسایی شده در این پژوهش، باعث افزایش تولید در حوزه آبخیز شده و افزایش درآمد ناشی از آن‌ها باعث بهبود وضع اقتصادی ساکنان شده است. این در حالی است که این راهبردها، فشار چندانی را به منابع خاک و آب که از منابع مهم ولی محدود این حوزه آبخیز هستند، وارد نخواهند آورد. راهبردهای حفاظتی ارائه شده یا به‌طور مستقیم فرسایش و لغزش را در این حوزه آبخیز کاهش می‌دهند و یا برای برطرف کردن نقاط ضعف داخلی ارائه شده‌اند. به‌عنوان مثال، ازآنجاکه مراتع، بخش عمده سطح اراضی این حوزه آبخیز را تشکیل داده است؛ راهبرد احیای مراتع، به‌ویژه رعایت اصول چرای دام می‌تواند فرسایش خاک و لغزش را کاهش داده و در نتیجه بهبود سلامت آبخیز را در پی داشته باشد. بنابراین، برای پایداری خدمات در حوزه آبخیز تنگ‌بستانک، نیاز به تدوین راهبردهایی بود که علاوه بر تأمین معیشت بهره‌برداران، توجه ویژه‌ای به مقوله کاهش فرسایش و لغزش و سایر مخاطرات طبیعی موجود در این حوزه آبخیز داشته باشد.

پیشنهاد می‌شود به‌طور جدی، توجه به راهکارهای مدیریتی، اقتصادی، بیوتکنیک و سازه‌ای، در دستور کار سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مدیران در این حوزه آبخیز قرار گیرد. موارد زیر به‌عنوان مهم‌ترین اهداف برای راهکارهای مدیریتی، پیشنهاد می‌شود:

- ایجاد ساختار مدیریت محلی، به‌نحوی که توسعه این حوزه آبخیز، با سهولت بیشتری انجام شود.
- اطلاع‌رسانی و آگاهی به آبخیزنشینان در خصوص اهمیت تدوین راهبردهای مدیریتی در این حوزه آبخیز و همراه کردن مردم با این موضوع.
- افزایش توانمندی آبخیزنشینان با هدف اجرا، نگهداری و بهره‌برداری از طرح‌های اجرا شده آبخیزداری در منطقه. زیرا یکی از مهمترین وظایف و راهکارهای مدیریتی، ایجاد ساختاری می‌باشد که تصدی‌گری دولت را کاهش داده و عملاً مردم را به عنوان متصدی در حوزه‌های آبخیز فعال نماید و مدیریت‌های ملی، استانی و شهرستان، صرفاً نقش راهبردی ایفا نمایند.

پیشنهاد می‌شود با توجه به ضرورت پرداختن به راهکارهای اقتصادی، ارتباط و همکاری شرکت‌های تعاونی با مردم در این حوزه آبخیز، مورد توجه بیشتری قرار گیرد تا از فشار بر مراتع و جنگل‌های این حوزه آبخیز کاسته شود. زیرا وابستگی اقتصاد این حوزه آبخیز، به جنگل و مرتع، باعث شده تا فشار بیش از حدی به مراتع زیراشکوب و جنگل‌های منطقه تحمیل شود که علاوه بر گرایش منفی و کاهش توان و ظرفیت مراتع، زمینه‌های وقوع لغزش، ریزش، فرسایش، و حمل نهشته‌ها و رسوبات به پایین‌دست را فراهم می‌سازد.

از سوی دیگر، با توجه به این‌که دام‌های سنگین در شیب‌های تند، قادر به حرکت و چرا نبوده و تنها در اطراف روستاها و شیب‌های ملایم، قادر به چرا می‌باشند و حوزه آبخیز مورد مطالعه اکثراً دارای شیب زیاد می‌باشد؛ بیشتر دام‌های سبک باعث تخریب جنگل و مراتع می‌باشند. به این منظور، پیشنهاد می‌شود تعادل

دام در مرتع و جنگل، با جدیت بیشتری اجرا شود. همچنین برای استقرار گونه‌های جنگلی و صیانت از جنگل، خروج دام از سایت جنگلی الزامی می‌باشد از این رو تبدیل دام‌های سبک به سنگین، و حذف دام از جنگل، به‌عنوان راهکارهای برون‌رفت از این وضعیت، پیشنهاد می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود انجام عملیات سازه‌ای در این حوزه آبخیز، صرفاً با هدف مهار سیلاب و رسوب، انجام شود. در واقع، جلوگیری از افزایش ابعاد آبراهه‌ها و ایجاد محیطی مناسب، به‌منظور استقرار عملیات بیولوژیک، از مهم‌ترین ضروریات اجرای راهکارهای سازه‌ای در این حوزه آبخیز، می‌باشد.

سپاسگزاری

این اثر برگرفته از بخشی از نتایج زیر پروژه تحقیقاتی ملی با عنوان "شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریتی برای آبخیزهای منتخب کشور"، با کد مصوب ۰۱۰۹۵۳-۰۳۴-۲۹-۲۹-۰، در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری می‌باشد. نویسندگان این مقاله بر خود فرض می‌دانند از همکاری و پشتیبانی آن پژوهشکده و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان فارس، سپاسگزاری و قدردانی کنند.

References

Bazrafkan, A.A., Mohammadifar, A.A., & Aghaei, M.R. (2016). *Application of Group Decision Making Models in Natural Resources Management*. Sobheentezar Publications, 240 pp. (In Persian)

Fan, P., Zhu, Y., Ye, Z., Zhang, G., Gu, S., Shen, Q., Meshram, S.G., & Alvandi, E. (2023). Identification and prioritization of tourism development strategies using SWOT, QSPM, and AHP: A case study of Changbai Mountain in China. *Sustainability*, 15(6): 4962. https://doi.org/10.3390/su15064962

Fathi, E., Ekhtesasi, M.R., Talebi, A., & Mosaffaie, J. (2025). Identification and Prioritization of the Most Suitable Strategies for Improving the Health of the Ilam Dam Watershed Using the SWOT Method. *Journal of Water and Soil*, 39 (1), 55–71. https://doi.org/10.22067/jsw.2025.90768.1446 (In Persian)

Geneletti, D., & Dawa, D. (2009). Environmental impact assessment of mountain tourism in developing regions: A study in Ladakh, Indian Himalaya. *Environmental Impact Assessment Review*, 29 (4), 229-242. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.01.003

General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Fars Province. (2024). *Collection of detailed reports and executive studies of the Tanghebostanak watershed of Fars Province*. (In Persian)

Hermiyanto, B., Mawarni, C., Winarso, S., & Budiman, S.A. (2025). Soil quality assessment and land capability evaluation for determining integrated watershed management model through SWOT analysis and AHP method in Arjasa Sub-watershed, Indonesia. *Watershed Ecology and the Environment*, 7, 104-118. https://doi.org/10.1016/j.wsee.2025.02.001

Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M.R., & Gharibreza, M.R. (2025). Developing watershed management strategies using SWOT and QSPM techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(8), 6789-6801. https://doi.org/10.1007/s13762-024-06314-z

Nasiri Khiavi, A., Vafakhah, M., & Sadeghi, S.H. (2023). Comparative applicability of MCDM-SWOT based techniques for developing integrated watershed management framework. *Natural Resource Modeling*, 36(4), e12380. https://doi.org/10.1111/nrm.12380

Noor, H., Mosaffaie, J., & Dastranj, A. (2024). Identification of apporopriate watershed management strategy using SWOT in Bazeh-Hoz watershed. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(4), 73-96. (In Persian)

Patidar, G., Paris, A., Indu, J., & Karmakar, S. (2025). How can SWOT derived water surface elevations help calibrating a distributed hydrological model? *Journal of Hydrology*, 656, 132968. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.132968

Pohekar, S.D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning —A review *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365-381. https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.007

Salehpour Jam, A., & Mosaffaei, J. (2024). *Comprehensive Watershed Management: Linking Watershed Management Approaches with the Concepts of Watershed Health and Sustainability*. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute Publications, 175 pp. (In Persian)

Soleimanpour, S.M., Mosaffaie, J., & Salehpour Jam, A. (2024). *SWOT model and its application in watershed management*. Technical Manual, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 39 pp. (In Persian)

Soleimanpour, S.M., Mosaffaie, J., & Salehpour Jam, A. (2025). *Identifying and prioritizing of the management strategies for selected watersheds of Iran (case study: Tanghebostanak watershed, Fars province)*. Final Report of National Sub Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, 90 pp. (In Persian)

Sun, Sh., Yang, J., Bao, Y., & Chen, X. (2024). *Research on Rural Tourism Development Mechanism Based on SWOT-QSPM Model: Yangshuo County, Guangxi as an Example*. Proceedings of the 3rd International Conference on Big Data Economy and Digital Management, BDEDM 20273-964, January 12-14, 2024, Ningbo, China. https://doi.org/10.4108/eai.12-1-2024.2347229

Wang, L., Damdinsuren, M., Qin, Y., Gonchigsumlaa, G., Zandan, Y., & Zhang, Z. (2024). Forest Wellness Tourism Development Strategies Using SWOT, QSPM, and AHP: A Case Study of Chongqing Tea Mountain and Bamboo Forest in China. *Sustainability*, 16(9), 3609. https://doi.org/10.3390/su16093609

Witlox, F. (2005). Expert system in land-use planning: an overview. *Journal Expert Systems with Applications*, 29(2), 437-445. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.04.041

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 18-37 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2049295.1198 **Online ISSN: 2783-4581**

Social capital in rangeland governance: Network analysis of key actors and social relations (Case study: Tafresh county, Iran)

Leila Shariatiniya[1], Mehdi Ghorbani[1*], Hosein Azarnivand[1] , Majid Rahimi[2]

1. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Social Business Institute, University of Tehran, Tehran, Iran

* **Corresponding author**: mehghorbani@ut.ac.ir

(Received: 30 December 2024 Revised: 30 March 2025 Accepted: 04 May 2025)

Extended Abstract

Introduction: Achieving sustainable development requires transforming society-nature interactions into synergistic relationships. Effective governance of natural resources, particularly rangelands, requires collaboration and consensus among stakeholders to ensure the adaptability and sustainability of these ecosystems. Social capital, particularly trust and social participation, plays a crucial role in the successful participatory management of common-pool resources. In this context, social network analysis emerges as a valuable tool for identifying relationships and interactions among actors, facilitating the flow of information, and enhancing the effectiveness of management initiatives. This study analyzes social capital in rangeland governance across three customary jurisdictions, focusing on social network structures and key actors.

Materials and methods: This study investigates the social relationships among rangeland users in three customary rangeland management units—Ahmadabad, Fark, and Nobahar—located in Tafresh County. Data were collected via full-network social network analysis (SNA). A Likert-scale questionnaire assessed trust and participation ties among 33 rangeland users. Data analysis was performed using UCINET software, applying key network metrics such as degree centrality, betweenness centrality, closeness centrality, and structural holes to identify key actors and analyze their relationships. The findings highlight influential actors within each rangeland management unit and their role in facilitating information flow, enhancing participation, and improving rangeland governance. This study provides a deeper understanding of the social structure of rangeland users and its implications for sustainable rangeland management.

Results and Discussion: SNA revealed significant differences in social network structures across Ahmadabad, Fark, and Nobehar, particularly in participation, trust, and key actors' roles. The findings identified the central actors in each rangeland unit's social network and their influence on cooperation and information exchange. In Ahmadabad, the actor BH-AG, with the highest in-degree centrality, was recognized as a key player in receiving information and facilitating collective decision-making. Meanwhile, the actor HS-SD, with high out-degree centrality, demonstrated strong social influence and effective communication within the network. These results suggest that empowering these actors could enhance the adaptability of rangeland management and facilitate collective decision-making. Fark's homogeneous network metrics suggest limited innovation in relationship-building. In Nobahar, the actor ZY-KH emerged as the most influential player, while the participation and trust metrics reflected a complex and diverse network structure.

Conclusion: In Fark, there exists a strong foundation of trust and relationships among stakeholders that facilitates effective collaboration and participation. This network represents the most successful instance of collaborative governance, characterized by high levels of participation and transparency in decision-making; however, there is a pressing need for innovation. In Nobahar, the trust and willingness to participate among stakeholders are also robust, fostering a sense of responsibility through established processes. Nonetheless, empowerment programs must enhance natural resource management. In contrast, Ahmadabad faces challenges related to the relationships and trust among stakeholders, which negatively impacts cooperation. Enhancing transparency and empowering stakeholders through educational initiatives and workshops is crucial. Fark exemplifies successful collaborative governance; Nobahar shows promise, while Ahmadabad lags in social participation and trust. Strengthening these social dimensions across all jurisdictions has the potential to significantly enhance natural resource management and collaborative governance.

Keywords: Rangeland Users, Social Network Analysis, Tafresh County, Trust

Citation: Shariatiniya, L., Ghorbani, M., Azarnivand, H., & Rahimi, M. (2026). Social capital in rangeland governance: Network analysis of key actors and social relations (Case study: Tafresh county, Iran). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 18- 37. doi= 10.22034/iwm.2025.2049295.1198

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۳۷-۱۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2049295.1198

سرمایه اجتماعی و حکمرانی مراتع: تحلیل شبکه روابط اجتماعی و شناسایی کنش‌گران کلیدی، منطقه مورد مطالعه: شهرستان تفرش

لیلا شریعتی‌نیا[۱]، مهدی قربانی[۱*]، حسین آذرنیوند[۱]، مجید رحیمی[۲]

۱. گروه احیای مناطق خشک وکوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲. پژوهشگر موسسه کسب و کار اجتماعی دانشگاه تهران، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: mehghorbani@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۱۴)

چکیده مبسوط

مقدمه: دستیابی به توسعه پایدار، امری ضروری است که تعاملات بین جامعه و طبیعت به روابط هم‌افزا تبدیل شود. حکمرانی مؤثر بر منابع طبیعی، به‌ویژه در زمینه مراتع، نیازمند همکاری و اجماع بین ذی‌نفعان است تا قابلیت سازگاری و پایداری این اکوسیستم‌ها تضمین شود. سرمایه اجتماعی، به‌خصوص در قالب اعتماد و مشارکت اجتماعی، نقش کلیدی در موفقیت مدیریت مشارکتی منابع مشترک دارد. در این زمینه، تحلیل شبکه‌های اجتماعی می‌تواند ابزار مناسبی برای شناسایی روابط و تعاملات بین کنش‌گران، تسهیل جریان اطلاعات و تقویت کارایی پروژه‌های مدیریتی باشد. این پژوهش به بررسی سرمایه اجتماعی در نظام حکمرانی مرتع در سه سامان عرفی و تحلیل ساختار روابط اجتماعی و شناسایی کنش‌گران کلیدی پرداخته است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق روابط اجتماعی میان مرتع‌داران در سه سامان عرفی احمدآباد، فرک و نوبهار واقع در شهرستان تفرش بررسی شده است. برای جمع‌آوری داده‌ها، از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی به‌صورت پیمایشی استفاده شد که شامل طراحی پرسشنامه‌ای بر مبنای پیوندهای اعتماد و مشارکت بین مرتع‌داران به روش شبکه کامل بود. این پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت تنظیم و در جامعه هدف با تعداد ۳۳ مرتع‌دار توزیع و تکمیل شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار UCINET بهره گرفته شد و شاخص‌های مرکزیت درجه، مرکزیت بینابینی، مرکزیت مجاورت و چاله‌های ساختاری برای شناسایی کنش‌گران کلیدی و تحلیل روابط بین آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل این شاخص‌ها به شناسایی بازیگران کلیدی در هر سامان عرفی و بررسی نقش آن‌ها در تسهیل جریان اطلاعات، افزایش مشارکت و ارتقای حکمرانی مراتع کمک نموده و امکان درک عمیق‌تری از ساختار اجتماعی بهره‌برداران و تأثیر آن بر مدیریت مرتع را فراهم می‌آورد.

نتایج و بحث: نتایج تحلیل شبکه‌های اجتماعی در این پژوهش نشان داد که ساختار شبکه‌های اجتماعی در سه سامان عرفی احمدآباد، فرک و نوبهار از نظر سطح مشارکت، اعتماد و نقش کنش‌گران کلیدی تفاوت‌های معنی‌داری دارد. نتایج مشخص کرد کدام کنش‌گران در هر سامان عرفی، نقش کلیدی در شبکه‌های اجتماعی ایفا کرده و می‌توانند تأثیر عمده‌ای بر همکاری‌ها و تبادل اطلاعات داشته باشند. در سامان عرفی احمدآباد، کنش‌گرBH-AG با بیشترین مرکزیت درجه ورودی یک بازیگر کلیدی در دریافت اطلاعات و تصمیم‌گیری‌های جمعی است، در حالی‌که کنش‌گر HS-SD با داشتن مرکزیت خروجی بالا، دارای نفوذ اجتماعی و ارتباطات مؤثر در شبکه است. این نتایج نشان می‌دهد که تقویت نقش این کنش‌گران می‌تواند به افزایش سازگاری مدیریت مرتع و تسهیل در تصمیم‌گیری‌های جمعی کمک کند. نتایج شاخص‌ها در سامان عرفی فرک، تفاوت زیادی را نشان نداد و نبود تنوع در مقدار شاخص‌های این شبکه می‌تواند نشان‌دهنده ضعف در ایجاد روابط جدید و نوآورانه باشد. در سامان عرفی نوبهار، کنش‌گر ZY-KH به‌عنوان کلیدی‌ترین بازیگر شناسایی شد و نتایج مشارکت و اعتماد نشان‌دهنده پیچیدگی و تنوع ساختار شبکه است.

نتیجه‌گیری: در سامان عرفی فرک، اعتماد و روابط قوی میان کنش‌گران وجود دارد که همکاری و مشارکت مؤثری را تسهیل می‌کند. این شبکه به‌دلیل مشارکت بالا و شفافیت در تصمیم‌گیری‌ها، موفق‌ترین حالت حکمرانی مشارکتی را تجربه می‌کند، اما نیاز به نوآوری وجود دارد. در سامان عرفی نوبهار، اعتماد و تمایل کنش‌گران به مشارکت نیز قوی است و فرآیندهای موجود به ایجاد حس مسئولیت‌پذیری می‌انجامد. با این وجود، برای بهبود مدیریت منابع طبیعی، برنامه‌های توانمندسازی ضروری است. سامان عرفی احمدآباد با چالش‌هایی در روابط و اعتماد میان کنش‌گران مواجه است، که بر همکاری‌ها تأثیر منفی می‌گذارد. نیاز به بهبود شفافیت و توانمندسازی کنش‌گران از طریق آموزش و کارگاه‌ها محسوس است. به‌طور کلی، سامان عرفی فرک موفق‌ترین نتیجه را در حکمرانی مشارکتی دارد، در حالی که نوبهار وضعیتی مطلوب و احمدآباد به تقویت ابعاد اجتماعی و مشارکت نیاز دارد. تقویت این ابعاد اجتماعی در کلیه این سامان‌های عرفی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع طبیعی و ارتقاء حکمرانی مشارکتی کمک کند.

واژه‌های کلیدی: اعتماد، مرتع‌داران، تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شهرستان تفرش

استناد: شریعتی‌نیا، ل.، قربانی، م.، آذرنیوند، ح؛ و رحیمی، م. (۱۴۰۴). سرمایه اجتماعی و حکمرانی مراتع: تحلیل شبکه روابط اجتماعی و شناسایی کنش‌گران کلیدی، منطقه مورد مطالعه: شهرستان تفرش. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۸-۳۷.

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

تخریب مراتع یک مسأله جهانی است که نه‌تنها جمعیت گیاهی و جانوری موجود را تهدید می‌کند، بلکه جوامع انسانی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hussein., 2021). انسان‌ها همواره سیستم‌های طبیعی ازجمله مراتع را در جهت بهره‌برداری مضاعف، دستخوش تغییر می‌سازند. با این حال، اغلب نظام‌های اجتماعی و محیط‌زیستی به گونه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که گویی به طور مستقل عمل می‌کنند (Ghorbani & Jafarian, 2022). هماهنگی بین انسان و طبیعت هسته اصلی توسعه پایدار جوامع بشری است و ضروری است تعارضات انسان و طبیعت به روابط هم‌افزا برای توسعه پایدار جهانی تبدیل شود (Liu *et al.*, 2022). شکست در فرآیندهای اجتماعی می‌تواند به اندازه فرآیندهای اکولوژیک در ایجاد مشکلات محیط‌زیستی نقش داشته باشد و یک چارچوب مشترک در درک این موضوع کمک‌کننده است تا محرک‌هایی که منجر به بهبود یا نابودی منابع طبیعی می‌شود، تجزیه و تحلیل گردد (Ostrom, 2009). مفهوم «نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک» چارچوب لازم را برای تجزیه و تحلیل پویایی مراتع و شناخت اقداماتی که می‌تواند پایداری مرتع را افزایش داده و حمایت‌کننده تولید کالاها و خدمات باشد، فراهم می‌کند. نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک، نظام‌های سازگار پیچیده‌ای هستند که در آن مقیاس‌های زمانی و مکانی چندگانه از ابعاد اجتماعی و زیست-ژئوفیزیکی تأثیر می‌پذیرد و با تعامل بین اجزای اجتماعی و اکولوژیک مشخص می‌شود (Dooley, 2022).

اندیشمندان برای برطرف نمودن چالش‌ها و اداره نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک، به جای الگوی مدیریت یا حاکمیت دولتی، الگوی حکمرانی منابع طبیعی را پیشنهاد کرده‌اند (Ghorbani & Jafarian, 2022). حکمرانی به هدایت فرآیندهای نوظهور به سمت منافع عمومی، اطمینان از شفافیت، پاسخگویی، انصاف و عدالت در فرآیندهای تصمیم‌گیری مربوط به ظرفیت سازگاری و پایداری منابع طبیعی کمک می‌کند (Cosens *et al.*, 2021).

حصول اطمینان از مدیریت پایدار و حفاظت از اکوسیستم مراتع پیچیده است و نیاز به اجماع و همکاری بین ذی‌نفعان مرتع دارد. همچنین مشخص است که ارزش‌های اقتصادی و محیط‌زیستی مراتع عمدتاً به دلیل ضعف حکمرانی مراتع به خطر افتاده است (Frija *et al.*, 2019). بدین منظور یکی از مهمترین راه‌کارها برای حفظ این منابع ارزشمند، مدیریت بر پایه مشارکت ذی‌نفعان محلّی و بهره‌برداران است (Rahimi *et al.*, 2023).

مدیریت موفق منابع مشترک اغلب به ترکیبی از ملاحظات اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و محیط‌زیستی، همراه با همکاری مداوم و رویکردهای مدیریت مشارک مبتنی بر سازگاری نیاز دارد و اصول و ضوابط خاصی بدین منظور وجود دارد (Ostrom, 1990). این اصول مبتنی بر فرآیندهای اجتماعی و تحت تأثیر عواملی همچون اعتماد متقابل کنش‌گران هستند و در حقیقت بر اساس الگوهای حاکم بر روابط اجتماعی عمل می‌کنند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که به‌کاربردن مؤلفه‌های اجتماعی مهم در مدیریت مشارکتی مرتع و تحلیل آن، قادر به شناسایی عوامل گوناگون اجتماعی در پروسه‌های مدیریت منابع مشترک و تشخیص نقش این عوامل در نتایج عملکرد (شکست یا موفقیت) آن است (Ghorbani, 2022). مهمترین مؤلفه اجتماعی در مدیریت مشارکتی مرتع، سرمایه اجتماعی است که یکی از مفاهیم مهم و برجسته در علوم اجتماعی بوده و در چند دهه گذشته در تحقیقات متعددی مطرح شده است (Nosrat panah *et al.*, 2015). سرمایه اجتماعی به مجموعه‌ای از منابع فردی، اجتماعی و فرهنگی اشاره دارد که افراد یا گروه‌ها می‌توانند از آن‌ها بهره‌برداری کنند. این منابع شامل اعتماد، همکاری و ارتباطات متقابل است که در نتیجه آن، شبکه‌ای پایدار از روابط بین افراد شکل می‌گیرد (Musavengane & Kloppers, 2020) و اگرچه در تعریف رسمی ثروت گنجانده نشده است، اما

یکی از دارایی‌های کلیدی اجتماعی و ظرفیت گروهی مردم برای کنش جمعی جهت حل مشکلات است (Chapin *et al.*, 2009). سرمایه اجتماعی اثرات مفیدی مانند حمایت متقابل، همکاری، اعتماد و اثربخشی در سطح جامعه محلی دارد و از طریق شبکه‌سازی در انتخاب، برقراری ارتباط و اجرای راه‌حل‌های بالقوه در ظرفیت سازگاری تأثیرگذار است (Saz-Gil *et al.*, 2021).

ابعاد کلیدی سرمایه اجتماعی که بر رفتارهای افراد در محیط تأثیر می‌گذارد شامل اعتماد، اقدام جمعی و مشارکت اجتماعی و شبکه‌های اجتماعی است (Savari *et al.*, 2024). اعتماد یکی از ارکان سرمایه اجتماعی، نقطه شروع مشارکت است و روند آن را تسهیل می‌کند. هرچه میزان اعتماد میان کنش‌گران بیشتر باشد، مشارکت و همکاری بیشتر، شبکه‌های اجتماعی گسترده‌تر در جامعه، سرمایه اجتماعی بیشتر و کارایی پروژه‌ها و اقدامات بیشتر می‌شود (Ghorbani *et al.*, 2017). این مؤلفه یک جزء کلیدی از سرمایه اجتماعی و پایه نظم اجتماعی و کنش جمعی است که جریان اطلاعات، دانش و نوآوری را بین بازیگران مختلف و ارتباطات درون سازمان‌ها را تسهیل می‌کند و افق زمانی آن‌ها را گسترش می‌دهد و به جوامع اجازه می‌دهد در جهت نیل به منافع مشترک، در سطوح مختلف توسعه قرار گیرند (Galindo-Pérez-de-Azpillaga *et al.*, 2014). اعتماد در حل اختلافات و تنش‌های جامعه محلی، در مدیریت منابع مشترک بسیار مؤثر است و لذا هر کنشگری که دارای درجه اعتماد و مشارکت بیشتری در شبکه ذی‌نفعان محلی است، دارای سرمایه اجتماعی بالاتر خواهد بود و قدرت‌های اجتماعی محسوب می‌شود (Musavengane & Kloppers, 2020). افراد بانفوذ و مقتدر در جوامع محلی، رهبران محلی هستند که غالباً در شبکه ناشناخته‌اند. تحلیل شبکه اجتماعی ابزاری مؤثر است که با فراهم‌ساختن امکان بررسی ساختار الگوهای ارتباطی، زمینه شناسایی این افراد و استفاده از آن‌ها در فرآیند سازماندهی مدیریت مشارکتی مرتع را ایجاد می‌کند (Ghorbani, 2012).

در طی چهار دهه گذشته، مفهوم مدیریت مشارکتی منابع طبیعی در کشورهای مختلف به رسمیت شناخته شده و مورد حمایت قرار گرفته است. نظریه‌پردازان و دست‌اندرکاران خاطرنشان کرده‌اند جایی که مسائل زیست‌محیطی بر چندین کنش‌گر با منافع متفاوت تأثیرگذار است، همکاری منجر به نتایج مطلوب‌تری در مقیاس بزرگ‌تر می‌گردد. مشارکت‌هایی که در دستیابی به هدف تصدی منابع مشترک شکل گرفته‌اند، منجر به کارایی بیشتر و کاهش هزینه‌های اجرای سیاست‌ها و دعاوی قضایی شده است (Bothwell, 2019). مشارکت ذی‌نفعان در مدیریت امور می‌تواند مشروعیت تصمیمات را تقویت کند و احتمال حمایت شهروندان و اثربخشی برنامه‌های مدیریتی را بهبود بخشد (Eckerd & Heidelberg, 2020).

اصطلاح "شبکه" از قرن نوزدهم مورد استفاده قرار گرفت (Ghorbani, 2012) و تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی در علوم اجتماعی در اواسط قرن بیستم برای بررسی روابط درون شبکه‌ها با استفاده از اصول نظریه گراف توسعه پیدا کرد. این رویکرد بر ترسیم روابط بین کنش‌گران متمرکز است و ضمن تاکید بر ماهیت و هدف این ارتباطات، از اصول ریاضی و کمی برای مطالعه الگوهای روابط در سطوح مختلف استفاده می‌کند (Rouleau, 2022)؛ بنابراین ابزار ارزشمندی برای درک روابط بین ذی‌نفعان در یک فرآیند مشارکتی است که سطح تبادل اطلاعات و منابع بین شرکا و نهادها را می‌سنجد و میزان همکاری را نشان می‌دهد. همچنین فرصتی را برای بررسی رابطه بین سرمایه اجتماعی، ازجمله کنش جمعی و عناصر ساختاری فراهم می‌سازد (Teston *et al.*, 2024). مطالعات نشان داده است که ساختار شبکه‌های اجتماعی می‌تواند به طور قابل توجهی بر تاب‌آوری و اثربخشی آن‌ها در ابتکارات حکمرانی تأثیرگذار باشد. به عنوان مثال، مرکزیت بازیگران و سطح پیوندهای درون شبکه می‌تواند بر توانایی آن شبکه برای سازگاری

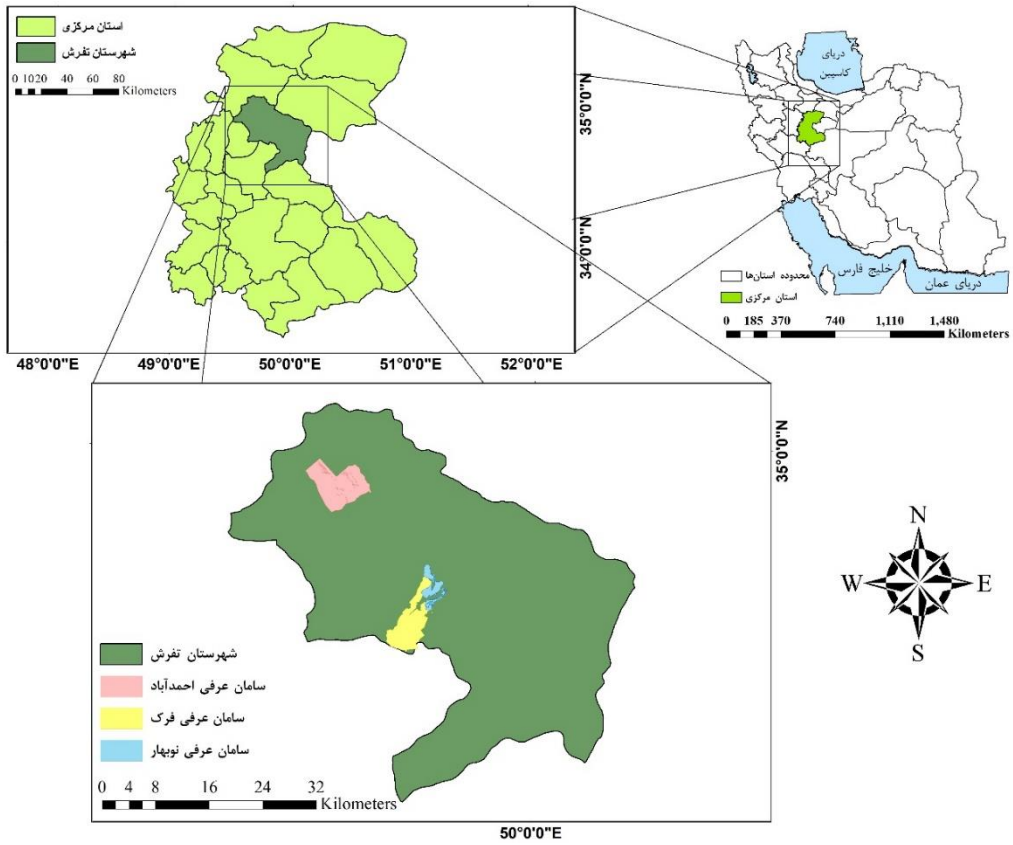
با عدم قطعیت‌ها و تغییرات و در نهایت بر موفقیت کلی اقدامات حفاظتی تأثیر بگذارد (Culloch-Jones *et al.*, 2022).

مراتع پایدار مستلزم شناخت روابط پیچیده ارزش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و نهادی و ادغام آن‌ها است که با ارتباط و مشارکت همه ذی‌نفعان به آینده‌ای پایدار منجر می‌شود. مدیریت مشترک و تقسیم مسئولیت‌ها بین ذی‌نفعان کلیدی، چارچوبی عملی برای حل تعارض ات در مراتع است (Haji *et al.*, 2023). با تلفیق تحلیل شبکه‌های اجتماعی در مدل‌های حکمرانی مراتع، مدیران و تصمیم‌گیران می‌توانند استراتژی‌های مؤثرتری طراحی کنند که تعامل‌های پیچیده بین عوامل اجتماعی و محیطی را در نظر بگیرند و در نهایت منجر به بهبود مدیریت منابع مشترک و حفاظت از تنوع زیستی شود (Salpeteur *et al.*, 2017; Burgos & Mertens, 2022). در این پژوهش، سرمایه اجتماعی به‌عنوان شبکه‌های روابطی که توسعه و به‌کارگیری منابع و منافع را تسهیل می‌کند که می‌تواند به نفع فرد و جمع باشد تعریف می‌شود و با بهره‌گیری از روش تحلیل شبکه‌های اجتماعی، به بررسی ساختار روابط اجتماعی با تأکید بر پیوندهای اعتماد و مشارکت و تحلیل و شناسایی کنش‌گران کلیدی و قدرت‌های اجتماعی در نظام حکمرانی مرتع در میان بهره‌برداران محلی سه سامان عرفی احمدآباد، فرک و نوبهار در شهرستان تفرش پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شامل سه سامان عرفی احمدآباد، فرک و نوبهار است که در شهرستان تفرش واقع شده‌اند (شکل ۱). سامان عرفی احمدآباد شامل بخشی از اراضی ملی پلاک ثبتی ۴۳ اصلی موسوم به احمدآباد به مساحت ۳۹۰۸/۷۷۹ هکتار است که از گذشته مورد بهره‌برداری ساکنان روستای احمدآباد بوده است. روستای احمدآباد در حال حاضر دارای ۳۰ نفر جمعیت و ۸ خانوار ساکن و بهره‌بردار مرتع است که غالبا به دامداری مشغول می‌باشند. این سامان عرفی در تاریخ ۱۳۷۳/۰۶/۰۲ مورد ممیزی قرار گرفته و با تشخیص هیأت ممیزی مراتع شهرستان، دارای ظرفیت ۱۲۶۷ دام مجاز است. طبق طرح مرتع‌داری، این مرتع در حال حاضر دارای سه تیپ گیاهی با وضعیت متوسط و گرایش منفی (قهقرا) است. گیاه دارویی *Ferula gummosa* با تولید باریجه، در فلور گیاهی منطقه و در ارتفاعات کوه اَمجَک رویش دارد و با توجه به تراکم بالای این گونه گیاهی دارویی و صنعتی، بهره‌برداری آن با اولویت قرارداشتن جامعه محلی، در قالب محصولات فرعی دارای توجیه فنی و اقتصادی که است (Ahmadabad range management plan, 2022). سامان عرفی فرک شامل اراضی ملی پلاک ثبتی ۵ اصلی به مساحت ۳۰۱۱/۳۱۴ هکتار موسوم به فرک است که از گذشته تاکنون به صورت عرفی مورد بهره‌برداری اهالی روستای فرک بوده است. روستای فرک دارای ۲۲۷ نفر جمعیت و ۱۰۲ خانوار ساکن است. شغل اصلی مردم کشاورزی، دامداری و قالی‌بافی است. این سامان عرفی در تاریخ ۱۳۷۰/۰۸/۱۸ مورد ممیزی قرار گرفته و دارای ظرفیت مجاز ۷۵۰ واحد دامی است. در حال حاضر در این سامان عرفی تعداد ۱۲ مرتع‌دار فعال و ساکن از مرتع بهره‌برداری می‌کنند. مرتع فرک دارای یک تیپ گیاهی با وضعیت متوسط و گرایش منفی است (Fark range management plan, 1998). سامان عرفی نوبهار با مساحت ۷۹۰/۸۹۷ هکتار از گذشته به صورت عرفی مورد بهره‌برداری اهالی روستای نوبهار بوده است. روستای نوبهار دارای ۱۵۲ نفر جمعیت و ۵۳ خانوار ساکن و شغل اصلی مردم کشاورزی و دامداری است. این سامان عرفی در تاریخ ۱۳۷۲/۰۵/۰۲ مورد ممیزی قرار گرفته و دارای ظرفیت ۲۳۵ واحد دامی مجاز است. در حال حاضر ۱۳ خانوار بهره‌بردار مرتع در روستا فعالیت دارند. مرتع نوبهار دارای سه تیپ گیاهی با وضعیت متوسط و گرایش منفی است (Nobahar range management plan, 1996).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- The Geographical location of the study area

روش تحقیق

این تحقیق، به منظور تحلیل و بررسی روابط میان مرتع‌داران، با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی به صورت پیمایشی و به روش شبکه کامل انجام شد. در مرحله ابتدایی تحقیق، به منظور شناسایی اولیه شاخص‌های تحلیل شبکه‌های اجتماعی، مروری بر ادبیات موجود انجام شد. در این راستا، داده‌ها از منابع مختلف شامل گزارش‌ها، کتاب‌ها و مقالات علمی مرتبط، اعم از منابع داخلی و خارجی، جمع‌آوری گردید. این منابع از طریق نهادهای دولتی و پایگاه‌های داده معتبر داخلی و بین‌المللی فراهم آمد (Ghorbani, 2022; Afkhami *et al.*, 2022; Haji *et al.*, 2023; Tolera & Senbeta, 2023).

با توجه به داده‌های استخراج شده در بخش بررسی ادبیات تحقیق، پرسشنامه‌ای برای تحلیل روابط اجتماعی میان اعضای شبکه جامعه محلی طراحی گردید. این پرسشنامه بر اساس الگوی پیوندهای اعتماد و مشارکت بین مرتع‌داران تنظیم شده و از مقیاس پنج‌گزینه‌ای لیکرت استفاده شده است. جهت به دست‌آوردن دیدگاه مناسب نسبت به وضعیت و شرایط جامعه آماری مورد بررسی، آمار توصیفی شامل سن، جنسیت، تعداد اعضای خانوار و میزان تحصیلات در شبکه ذی‌نفع در پرسشنامه‌ها گنجانده و مورد سوال قرار گرفتند. ذی‌نفعان محلی سه سامان عرفی به تعداد ۳۳ مرتع‌دار، به عنوان جامعه هدف این تحقیق، با استناد به آمار به دست آمده از اداره منابع طبیعی شهرستان و همچنین استفاده از فهرست مرتع‌داران، شناسایی شدند و به روش نمونه‌گیری شبکه‌ی کامل[1]، به پرسشنامه تحلیل روابط اجتماعی در شبکه بازیگران جامعه محلی پاسخ دادند. شبکه کامل، مجموعه‌ای

1. Full network sampling

است از کنش‌گران و کلیه روابطی که آن‌ها را به هم پیوند می‌دهد (Ghorbani & Jafarian, 2022).

تجزیه و تحلیل داده‌های شبکه

شاخص‌های تحلیل شبکه اجتماعی در این مطالعه در سطح خرد مورد بررسی قرار گرفتند. از شاخص‌های سطح خرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی می‌توان برای یافتن افراد و کنش‌گران کلیدی در مدیریت مرتع و رویکردهای مشارکتی استفاده کرد. از طریق این رویکرد، افراد کلیدی می‌توانند اثرگذاری خود را در شبکه برای توسعه راهکارهای متناسب برای افزایش پایداری مراتع و اطمینان از مشارکت فعال اعضای جامعه محلی تسهیل نمایند (Tuna & Stojcheska, 2020). بازیگران تأثیرگذار، کسانی هستند که به طور مکرر در روابط بین سایر بازیگران درگیر هستند که آن‌ها را قابل مشاهده‌تر کرده و در شبکه مرکزی‌تر می‌سازد (Laranjeira & Cavique, 2018). این افراد به واسطه روابط و قدرت اجتماعی‌شان، می‌توانند دیدگاه مدیریتی لازم را به صورت عملی در اصلاح و توسعه مرتع در شبکه اعمال نماید.

همچنین مدیران دستگاه‌های اجرایی دخیل در مدیریت مراتع نیز می‌توانند با شناسایی افراد کلیدی در کنش‌گران سطح ذی‌نفع، به وسیله قدرت اجتماعی این افراد و با در نظرگرفتن اقدامات مدیریتی مناسب، به افزایش میزان سرمایه اجتماعی در مراتع کمک کنند (Ghorbani, 2012). برای تحلیل شبکه اجتماعی جامعه محلی، داده‌های پرسشنامه‌ها ابتدا در قالب یک ماتریس مربعی وارد نرم‌افزار UCINET نسخه ۶.۵۲۸ شد. این نرم‌افزار تخصصی با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته شبکه‌ای، اقدام به پردازش مجموعه داده‌ها و استخراج ویژگی‌های شبکه نمود. در ادامه، محاسبات کمی دقیقی بر روی شاخص‌های مختلف و سایر معیارهای ساختاری شبکه انجام پذیرفت. خروجی‌های عددی استانداردشده حاصل از این پردازش‌ها، به عنوان مبنا و شواهد تحلیلی برای مراحل بعدی پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند. (Omondiagbe *et al*., 2017)

و در این نرم‌افزار داده‌ها از حالت طیف لیکرت به حالت دوتایی (۰، ۱ و ۲=صفر و ۳، ۴ و ۵=۱) تبدیل و بدین‌ترتیب شاخص‌های مهم و تأثیرگذار برای تحلیل ساختار شبکه مرتع‌داران و ذی‌نفعان محلّی مرتبط با حکمرانی مرتع در منطقه مورد مطالعه شامل مرکزیت درجه[1]، مرکزیت بینابینی[2]، مرکزیت مجاورت[3] و چاله‌های ساختاری[4] محاسبه و مقادیر هر یک استخراج گردید. جهت فهم دقیق‌تر مفهوم و عملکرد شاخص‌های بررسی شده، هر یک از این شاخص‌ها به طور خلاصه در ادامه توضیح داده شده است.

مرکزیت درجه[5] یک معیار اساسی در تحلیل شبکه‌های اجتماعی است که اهمیت یک گره را بر اساس تعداد ارتباطاتی که دارد، کمی می‌سازد و معیار ساده‌ای است که تعداد پیوندهای یک گره را شمارش می‌کند و نشان‌دهنده سطح نفوذ یا برجستگی آن گره در شبکه است (Elmezain *et al*., 2021). بازیگرانی که دارای مرکزیت درجه بالایی هستند توانایی دسترسی بهتر به اطلاعات یا قدرت تأثیرگذاری بیشتری بر دیگران در شبکه دارند. شدت درجه مرکزیت بازیگران در شبکه با اندازه گره منعکس می‌شود، بنابراین روی نمودار، بازیگرانی با درجه مرکزی بالاتر به عنوان گره‌های بزرگتر نشان داده می‌شوند. مرکزیت درجه، در نمودارهای جهت‌دار، دارای دو نوع درجه ورودی و درجه خروجی است. مرکزیت درجه ورودی،[6] به تعداد پیوندهای دریافت شده توسط هر گره اشاره دارد و اتصالات معطوف به یک بازیگر خاص در یک شبکه را ارزیابی می‌کند. مرکزیت درجه ورودی بالاتر نشان‌دهنده محبوبیت بیشتر یک کنش‌گر یا جستجوی

1. Degree centrality
2. Betweenness centrality
3. Closeness centrality
4. Structural holes
5. Degree Centrality
7. In-Degree Centrality

آن توسط سایر بازیگران و قدرت و اقتدار بالای وی در شبکه است. مرکزیت درجه خروجی[1]، به تعداد پیوندهای ارسال‌شده به گره دیگر اشاره دارد و تعداد ارتباطاتی است که از یک کنش‌گر خاص به سمت دیگر بازیگران درون یک شبکه جهت‌گیری می‌شود. مرکزیت درجه خروجی بالاتر نشان‌دهنده نفوذ اجتماعی و گستردگی ارتباطات یا دسترسی بیشتر به سایر بازیگران در شبکه است (Mosleh *et al.*, 2024).

مرکزیت بینابینی[2] اهمیت یک راس را بر اساس تعداد کوتاه‌ترین مسیرهای عبور از آن کمی می‌کند. در یک نمودار، رئوس با مرکزیت بینابینی بالا به عنوان پل‌هایی عمل می‌کنند که بخش‌های مختلف شبکه را متصل نموده و به شناسایی گره‌های حیاتی که حذف آن‌ها می‌تواند جریان اطلاعات یا منابع در شبکه را مختل کند، کمک‌کننده باشد (Ghanbari *et al.*, 2024)

مرکزیت مجاورت[3] مقدار نزدیک‌بودن یک گره را به سایر گره‌های دیگر در یک شبکه اندازه‌گیری می‌کند و با محاسبه فواصل بین کنش‌گران و یافتن میانگین کوتاه‌ترین طول مسیر از یک گره به تمام گره‌های دیگر در شبکه مشخص می‌شود. گره‌هایی با مرکزیت مجاورت بالا مرکزی محسوب می‌شوند، زیرا می‌توانند ضمن حفظ استقلال بیشتر و عدم وابستگی به سرعت با سایر گره‌های شبکه تعامل داشته باشند. این شاخص برای شناسایی گره‌هایی که می‌توانند به طور مؤثر اطلاعات را گسترش دهند یا در سراسر شبکه تأثیر بگذارند ضروری است (Rao *et al.*, 2023).

چاله‌های ساختاری به شکافی در یک شبکه اجتماعی اشاره دارد که در آن برخی از افراد ممکن است پیوندهای مستقیمی با برخی اعضای خاص داشته باشند، در حالی که پیوندهای غیرمستقیم یا بدون ارتباط با افراد مختلف وجود دارد، که حفره‌ای استعاری در بافت شبکه ایجاد می‌کند (Xu, 2024). در واقع چاله‌های ساختاری به شکاف‌ها یا فضاهای بین افراد یا گروه‌ها در یک شبکه اجتماعی اشاره دارد (Lien *et al.*, 2021) در مطالعه حاضر، معیار حجم اثر[4]، به عنوان اساسی‌ترین معیار در تعیین چاله‌های ساختاری به کار گرفته است.

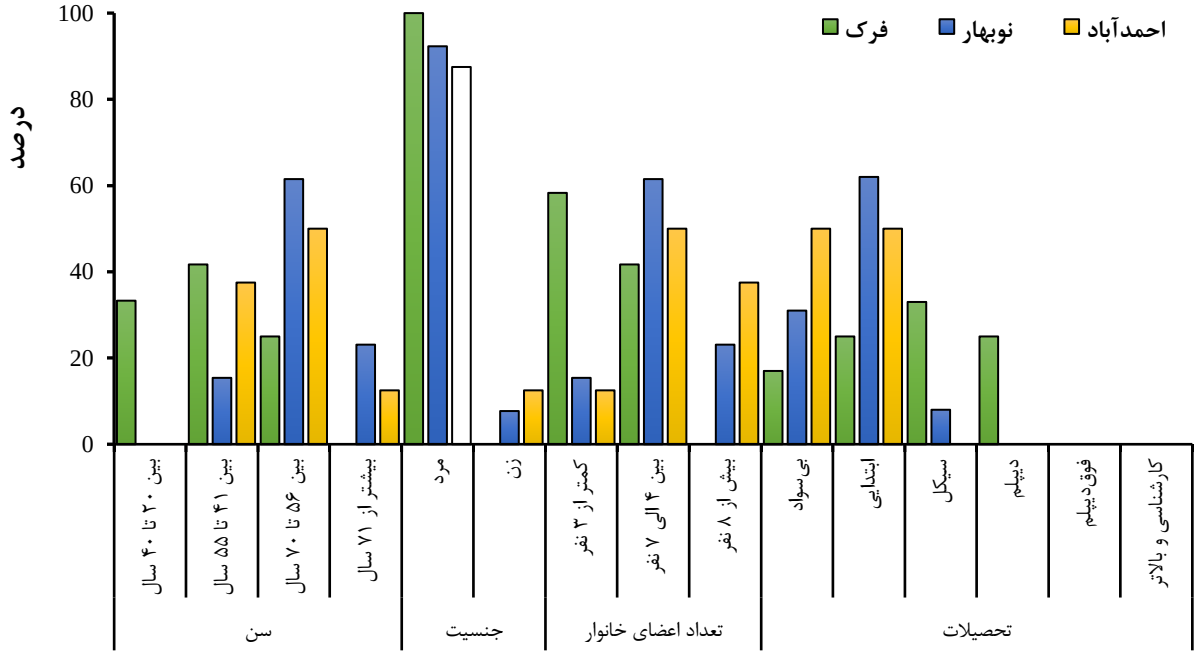
نتایج

آمار توصیفی

براساس نتایج، سن بیشتر افراد پاسخگو به پرسشنامه تحلیل روابط اجتماعی در جامعه آماری شبکه ذی‌نفعان محلی در سامان عرفی احمدآباد، در دسته ۵۶ الی ۷۰ سال با مقدار ۵۰ درصد بوده، ۸۷/۵ درصد آن‌ها مرد و غالباً دارای اعضای خانوار بین ۴ تا ۷ نفر به میزان ۵۰ درصد هستند. ۵۰ درصد مرتع‌داران این سامان عرفی بی‌سواد و ۵۰ درصد دارای تحصیلات در حد ابتدایی هستند. در جامعه آماری سامان عرفی فرک، سن بیشتر افراد پاسخگو با مقدار ۴۱/۷ درصد در دسته بین ۴۱ تا ۵۵ سال بوده، ۱۰۰ درصد آن‌ها مرد و تعداد اعضای خانوار آن‌ها غالباً کمتر از سه نفر با مقدار ۵۸/۳ درصد است. اکثریت غالب به میزان ۳۳ درصد دارای تحصیلات در حد سیکل هستند. در جامعه آماری سامان عرفی نوبهار، سن بیشتر افراد پاسخگو در دسته بین ۵۶ تا ۷۰ سال بوده با مقدار ۶۱/۵ درصد، ۹۲/۳ درصد آن‌ها مرد و تعداد اعضای خانوار آن‌ها غالباً بین ۴ الی ۷ نفر با مقدار ۶۱/۵ درصد است. اکثریت غالب به میزان ۶۲ درصد دارای تحصیلات در حد ابتدایی هستند.

برآیند به‌دست‌آمده از آمار توصیفی شبکه دست‌اندرکاران سازمانی در شکل ۲ نشان داده شده است.

1. Out-Degree Centrality
2. Betweenness Centrality
3. Closeness Centrality
4. EffSize



شکل ۲- نتایج آمار توصیفی جامعه آماری ذی‌نفع در سه شبکه جامعه محلی

Figure 2- Descriptive statistics of the stakeholder population in three local community networks

شاخص‌های تحلیل شبکه

به منظور تحلیل کنش‌گران محلّی مرتبط با مرتع و تعیین کنش‌گران کلیدی براساس پیوندهای اعتماد و مشارکت در تحلیل شبکه ذی‌نفعان محلّی، از شاخص‌های سطح خرد شبکه شامل، مرکزیت درجه ورودی و خروجی، مرکزیت بینابینی، مرکزیت مجاورت و چاله‌های ساختاری استفاده گردید. لذا کنش‌گران دارای بیشترین قدرت (مرکزیت درجه ورودی)، بیشترین نفوذ اجتماعی (مرکزیت درجه خروجی)، بیشترین میزان کنترل بر روابط دیگران (مرکزیت بینابینی)، بیشترین استقلال کنش‌گر (مرکزیت مجاورت) و مؤثرترین کنش‌گر پرکننده چاله‌های ساختاری موجود در شبکه اجتماعی (EffSize) شناسایی گردیدند. مقدار شاخص‌های مذکور، به صورت مجزا در هر سامان عرفی در جدول‌های ۱ تا ۳ ارائه شده است. همچنین به منظور درک بهتر موقعیت قرارگیری هر کنش‌گر در شبکه اجتماعی ذی‌نفعان محلّی، گراف شبکه در شکل‌های ۳ تا ۸ به تصویر کشیده شده است.

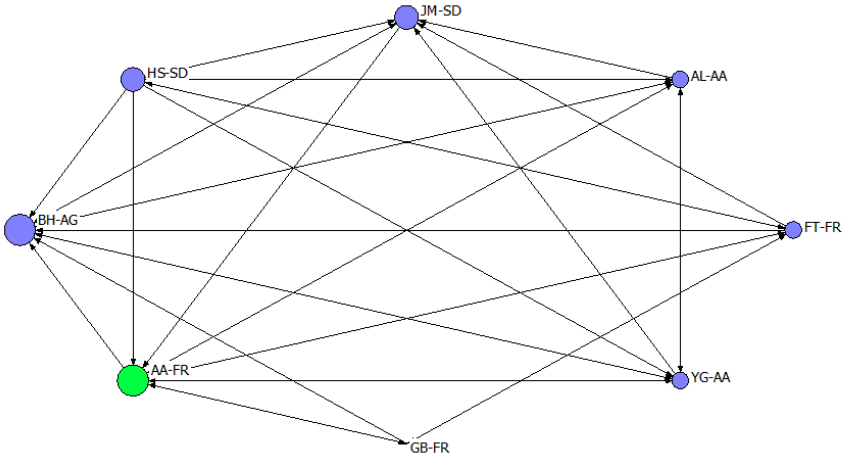
سامان عرفی احمدآباد

براساس جدول ۱ و پیوند اعتماد شبکه جامعه محلی احمدآباد، کنش‌گر BH-AG دارای بیشترین میزان مرکزیت درجه ورودی و به طور مشترک با کنش‌گر AA-FR دارای بیشترین میزان مرکزیت بینابینی و مرکزیت مجاورت است. همچنین کنش‌گر HS-SD دارای بیشترین میزان مرکزیت درجه خروجی و کنش‌گر HS-SD با بالاترین مقدار EffSize شناسایی گردید. بر اساس پیوند مشارکت نیز کنش‌گر AA-FR و BH-AG دارای بیشترین میزان مرکزیت درجه ورودی، کنش‌گر JM-SD و HS-SD دارای بیشترین میزان مرکزیت بینابینی و کنش‌گر AA-FR دارای بالاترین مرکزیت مجاورت و EffSize و کنش‌گران JM-SD و GB-FR دارای کمترین مقدار مرکزیت درجه خروجی در شبکه شناسایی گردیدند. مقدار شاخص مرکزیت خروجی در مابقی کنش‌گران دارای مقدار برابر است.

جدول ۱- نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های سطح خرد بر اساس پیوند اعتماد و مشارکت شبکه جامعه محلی احمدآباد

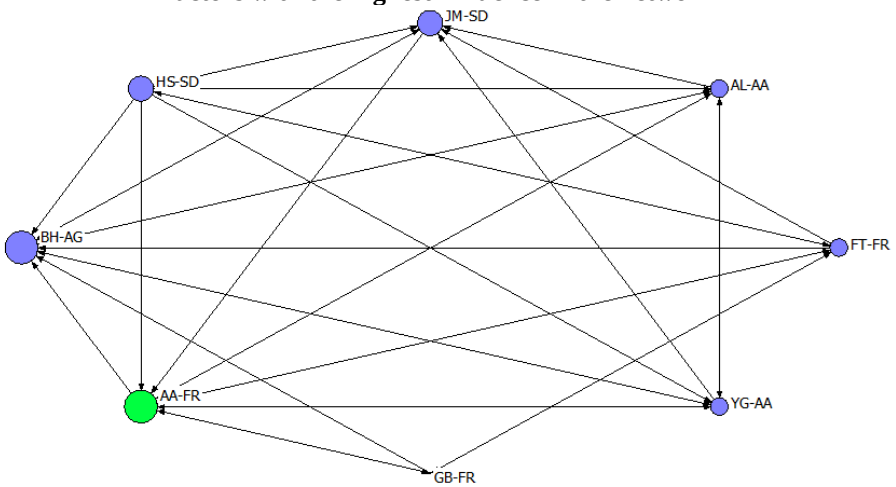
Table 1- Results of the estimation of micro-level indices derived from the trust and participation connections within the local community network in Ahmadabad

ذی‌نفع	مرکزیت درجه ورودی		مرکزیت درجه خروجی		مرکزیت بینابینی		مرکزیت مجاورت		EffSize	
نوع پیوند	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت
BH-AG	100	57.143	42.857	42.857	10.317	1.587	100	70	3.950	2.357
AA-FR	42.857	57.143	71.429	42.857	10.317	44.444	100	100	4.136	5.250
JM-SD	71.429	42.857	28.571	28.571	2.381	4.762	87.500	70	2.643	2.500
HS-SD	14.286	42.857	85.714	42.857	2.381	4.762	87.500	70	2.857	2.167
YG-AA	57.143	14.286	57.143	42.857	0	0	77.778	63.636	1.857	1.250
AL-AA	57.143	28.571	57.143	42.857	0	1.587	77.778	70	1.857	1.700
FT-FR	42.857	28.571	71.429	42.857	3.175	0	77.778	63.636	3.036	1.300
GB-FR	28.571	28.571	42.857	28.571	0	0	63.636	63.636	1.200	1



شکل ۳- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی احمدآباد بر اساس پیوند اعتماد؛ اندازه گره: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ سبز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 6 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Ahmadabad, based on Trust connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors with the highest influence in the network



شکل ۴- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی احمدآباد بر اساس پیوند مشارکت؛ اندازه گره: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ سبز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 4 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Ahmadabad, based on participatory connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors with the highest influence in the network

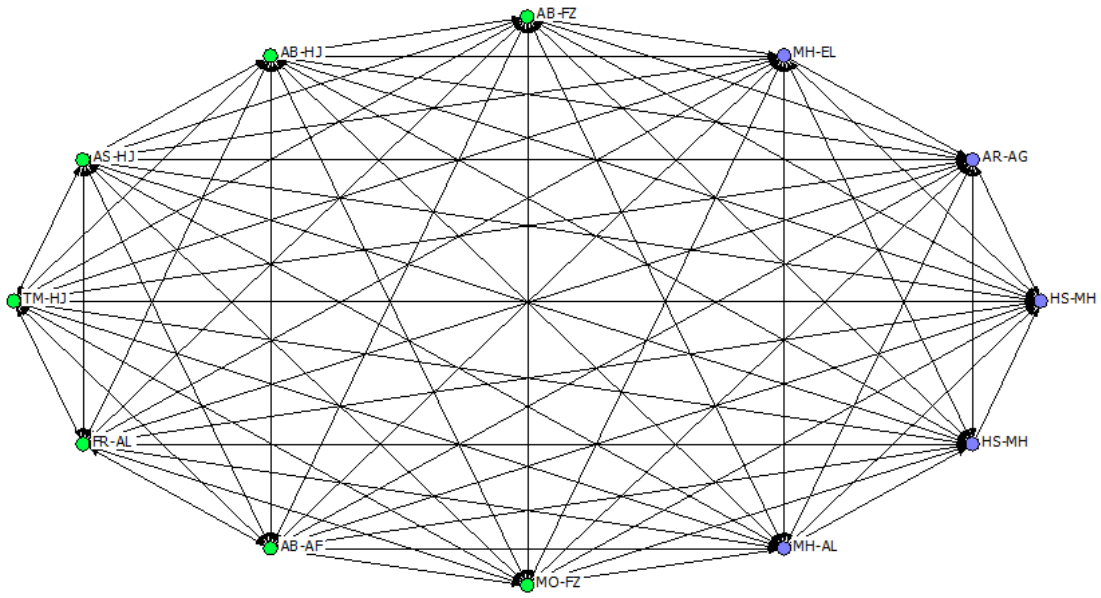
سامان عرفی فرک

براساس جدول ۲ در شبکه اعتماد مرتع‌داران سامان‌عرفی فرک، کنش‌گران MO-FZ، AB-FZ، AB-HJ، AS-HJ، TM-HJ، FR-AL و AB-AF دارای بیشترین مقدار EffSize، مرکزیت درجه خروجی، مرکزیت درجه ورودی شناسایی گردیدند. مرکزیت مجاورت همه کنش‌گران برابر با ۱۰۰ و مرکزیت بینابینی نیز برابر با صفر است. نتایج شاخص‌ها در شبکه مشارکت ذی‌نفع سامان عرفی فرک، تفاوت زیادی را نشان نمی‌دهند.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های سطح خرد بر اساس پیوند اعتماد و مشارکت شبکه جامعه محلی فرک

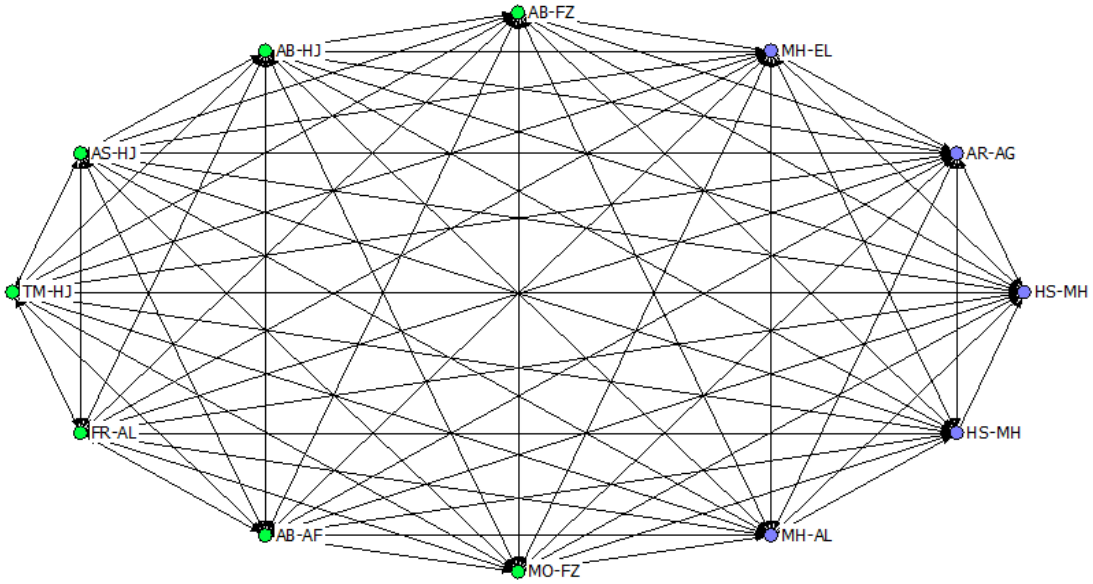
Table 2- Results of the estimation of micro-level indices derived from the trust and participation connections within the local community network in Fark

ذی‌نفع	مرکزیت درجه ورودی		مرکزیت درجه خروجی		مرکزیت بینابینی		مرکزیت مجاورت		EffSize	
نوع پیوند	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت
MO-FZ	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
MH-AL	90.909	90.909	100	100	0	0	100	100	1.167	1.167
HS-MH	90.909	90.909	100	100	0	0	100	100	1.167	1.167
HS-MH	100	100	81.818	81.818	0	0	100	100	1.100	1.100
AR-AG	100	100	90.909	90.909	0	0	100	100	1.190	1.190
MH-EL	90.909	90.909	100	100	0	0	100	100	1.190	1.190
AB-FZ	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
AB-HJ	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
As-HJ	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
TM-HJ	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
FR-AL	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273
AB-AF	100	100	100	100	0	0	100	100	1.273	1.273



شکل ۵- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی فرک بر اساس پیوند اعتماد؛ اندازه گره: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ سبز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 5 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Fark, based on trust connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors with the highest influence in the network



شکل ۶- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی فرک بر اساس پیوند مشارکت؛ اندازه شکل‌ها: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ قرمز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 6 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Fark, based on participatory connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors with the highest influence in the network

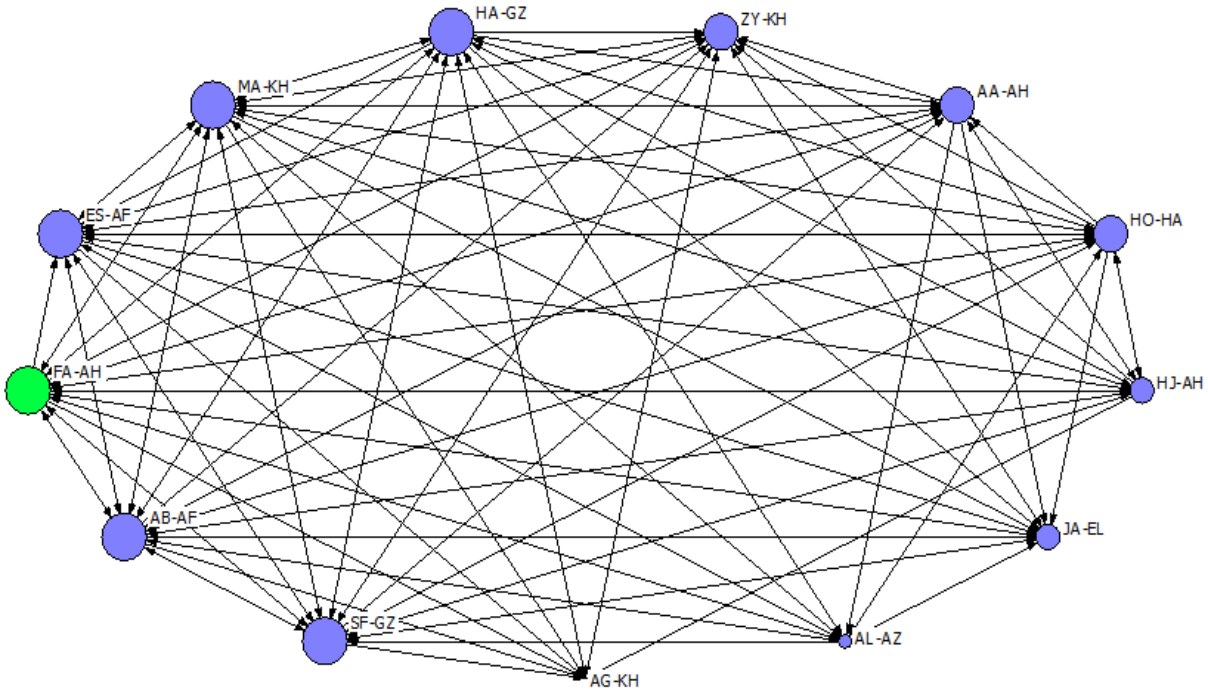
سامان عرفی نوبهار

براساس جدول ۳، کنش‌گر FA-AH با بالاترین مقدار مرکزیت مجاورت، مرکزیت درجه خروجی و EffSize کلیدی‌ترین کنش‌گر در شبکه اعتماد مرتع‌داران سامان‌عرفی نوبهار شناسایی گردید. همچنین کنش‌گر ZY-KH دارای بیشترین میزان مرکزیت ورودی و کنش‌گر HJ-AH دارای بیشترین میزان مرکزیت بینابینی است. در شبکه مشارکت ذی‌نفع سامان عرفی نوبهار، کنش‌گران ZY-KH و SF-GZ دارای بیشترین میزان مرکزیت درجه ورودی، کنش‌گران MA-KH، HA-GZ، FA-AH و AB-AF دارای بیشترین میزان مرکزیت درجه خروجی و همراه با کنش‌گران AA-AH، ES-AF و SF-GZ دارای بالاترین مقدار مرکزیت بینابینی و مجاورت و کنش‌گر SF-GZ دارای بیشترین میزان EffSize در شبکه شناسایی گردیدند.

جدول ۳- نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های سطح خرد بر اساس پیوند اعتماد و مشارکت شبکه جامعه محلی نوبهار

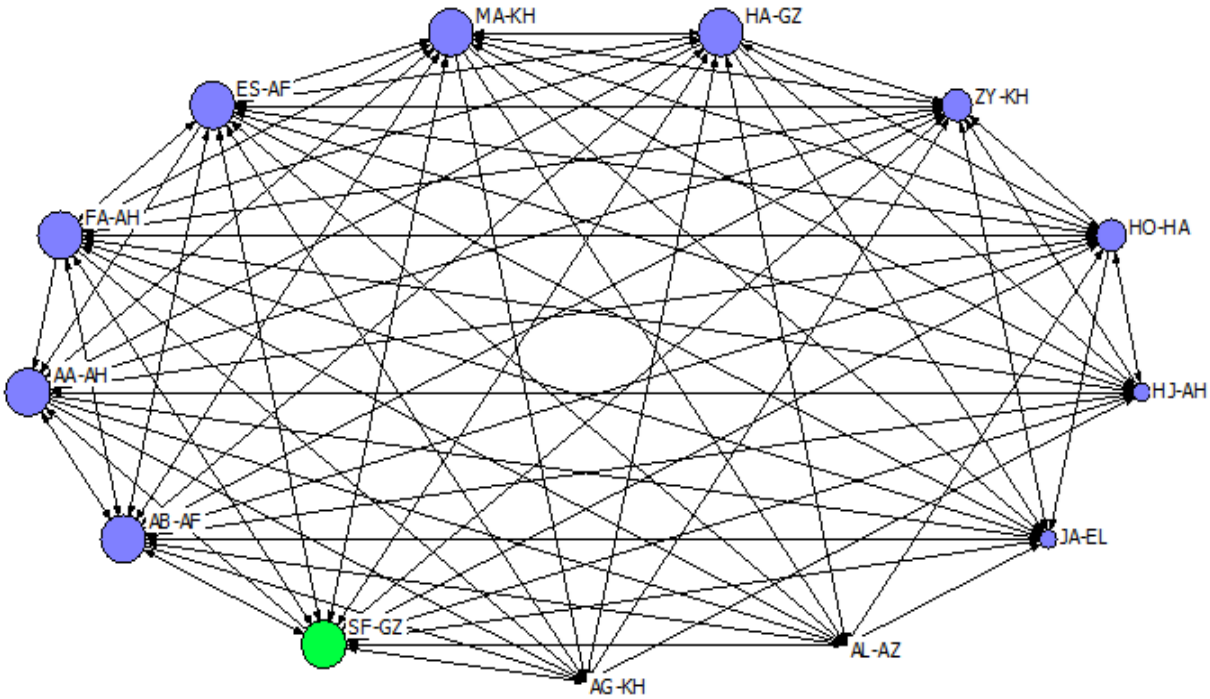
Table 3- Results of the estimation of micro-level indices derived from the trust and participation connections within the local community network in Nobahar

ذی‌نفع	مرکزیت درجه ورودی		مرکزیت درجه خروجی		مرکزیت بینابینی		مرکزیت مجاورت		EffSize	
نوع پیوند	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت	اعتماد	مشارکت
MA-KH	83.333	75	100	100	1.374	1.100	100	100	3.864	3.619
HO-HA	66.667	75	91.667	91.667	0.529	0.526	92.308	92.308	2.816	3.150
HA-GZ	66.667	58.333	100	100	1.374	1.100	100	100	3.850	3.579
FA-AH	75	75	100	100	1.374	1.100	100	100	3.881	3.690
AL-AZ	66.667	66.667	66.667	57.333	0	0	80	80	2.219	2.233
AB-AF	75	75	100	100	1.374	1.100	100	100	3.738	3.643
HJ-AH	66.667	75	83.333	75	1.379	0.168	85.714	85.714	2.722	2.556
AA-AH	66.667	66.667	66.667	66.667	0.526	1.100	92.308	100	2.594	3.313
ES-AF	83.333	83.333	83.333	91.667	1.374	1.100	100	100	3.825	3.762
AG-KH	66.667	75	16.667	41.667	0	0	75	80	1.900	2.286
ZY-KH	91.667	91.667	41.667	41.667	0.764	0.526	92.308	92	3.500	3.125
JA-EL	83.333	83.333	33.333	33.333	0.168	0.168	85.714	85.714	2.536	2.643
SF-GZ	83.333	91.667	91.667	91.667	1.374	1.100	100	100	3.786	3.841



شکل ۷- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی نوبهار بر اساس پیوند اعتماد؛ اندازه گره: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ سبز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 7 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Nobahar, based on trust connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors .with the highest influence in the network



شکل ۸- مدل موقعیت هندسی ذی‌نفعان مورد بررسی در شبکه جامعه محلی نوبهار بر اساس پیوند مشارکت؛ اندازه گره: میزان مرکزیت درجه؛ رنگ سبز: کنش‌گران دارای بیشترین اندازه اثر در شبکه

Figure 8 - Geometric positioning model of stakeholders analyzed within the local community network of Nobahar, based on participatory connections; node size represents degree centrality; green color indicates actors with the highest influence in the network

بحث

حکمرانی مشارکتی به‌معنای جلب فعالانه ذی‌نفعان محلی در فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت منابع طبیعی است (Guragain, 2024). نتایج تحلیل شبکه اجتماعی در شبکه جامعه محلی سه سامان عرفی احمدآباد، فرک و نوبهار چشم‌اندازهای مهمی در مورد پویایی حکمرانی مشارکتی مرتع و ظرفیت مدیریت و سازگاری ارائه می‌دهد. در این تحقیق برای مطالعه ظرفیت مدیریت مرتع در شبکه ذی‌نفعان محلی مرتع، شاخص‌های تحلیل شبکه بر اساس دو پیوند اعتماد و مشارکت بین مرتع‌داران محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که سازماندهی شبکه‌های اجتماعی این مناطق چه مقدار متفاوت است و در این مناطق کدام بازیگران نقش رهبری و کلیدی را ایفا می‌کنند.

براساس نتایج در سامان عرفی احمدآباد کنش‌گر BH-AG با بیشترین مرکزیت درجه ورودی یک بازیگر کلیدی در شبکه شناخته می‌شود و نشان‌دهنده این است که این کنش‌گر در جمع‌آوری اطلاعات و منابع موفق است و می‌تواند به‌عنوان یک منبع مهم در تصمیم‌گیری‌های جمعی عمل کند. در مقابل، مرکزیت درجه خروجی پتانسیل یک کنش‌گر برای ارسال اطلاعات و منابع به دیگران را نشان می‌دهد. کنش‌گر HS-SD با بیشترین مرکزیت خروجی، نشان‌دهنده نفوذ اجتماعی بالای خود در ارتباطات است. این کنش‌گر می‌تواند به‌عنوان یک محور اصلی برای تبادل اطلاعات بین کنش‌گران دیگر عمل کند. مرکزیت بینابینی BH-AG و AA-FR، نشان‌دهنده نقش آن‌ها به‌عنوان واسطه‌ها در شبکه است. این کنش‌گران می‌توانند به‌عنوان پل‌های ارتباطی عمل کرده و اطلاعات و منابع را در شبکه منتقل کنند. این ویژگی در مدیریت چالش‌ها و پیشبرد همکاری‌ها بسیار حیاتی است. کنش‌گر AA-FR با بالاترین میزان مرکزیت مجاورت، نشان‌دهنده این است که این کنش‌گر نه‌تنها بسیار مستقل است بلکه به خوبی با دیگر کنش‌گران در ارتباط است. نکته جالب توجه در این نتایج، کنش‌گر HS-SD است که دارای بالاترین مقدار EffSize است. این کنش‌گر می‌تواند به افزایش همکاری و ارتباطات در نقاط ضعف شبکه کمک کند.

تحلیل پیوند مشارکت نیز اطلاعات مفیدی ارائه می‌دهد. کنش‌گران AA-FR و BH-AG با بیشترین مرکزیت درجه ورودی در اینجا نیز مشاهده می‌شوند که نشان‌دهنده تعاملات و مشارکت‌های مؤثر آن‌ها در شبکه است. از طرف دیگر، کنش‌گران JM-SD و GB-FR که کمترین مرکزیت درجه خروجی را دارند، ممکن است نیاز به تقویت مشارکت و ارتباطات خود داشته باشند تا بتوانند نقش مؤثرتری در شبکه ایفا کنند.

براساس نتایج شاخص‌های سطح خرد شبکه اعتماد و مشارکت سامان عرفی احمدآباد می‌توان اذعان داشت کنش‌گران BH-AG و AA-FR و JM-SD کلیدی‌ترین کنش‌گران شبکه اجتماعی ذی‌نفعان محلی سامان عرفی هستند که به عنوان گره‌های محوری در تبادل اطلاعات و منابع، می‌تواند به تقویت و تسهیل شبکه‌های همکاری بین ذی‌نفعان مختلف منجر شود. این مساله به‌ویژه در مدیریت پایدار مرتع اهمیت دارد، زیرا اطلاعات شفاف و تبادل منابع می‌تواند از بروز تعارضات جلوگیری کرده و به تصمیم‌گیری‌های مشارکتی کمک کند. توانمندسازی کنش‌گران محلی از طریق ارتقای مشارکت و همکاری مؤثر در سطح محلی، می‌تواند به‌طور مستقیم باعث افزایش سازگاری مدیریت مرتع با نیازهای اجتماعی و زیست‌محیطی شود. این نتایج که به تأثیر بازیگران با مرکزیت بالا در انتقال اطلاعات در شبکه‌های محلی و مدیریت منابع طبیعی و توانایی کنش‌گران واسطه‌ای در افزایش پایداری شبکه و تقویت ابعاد مدیریت مشارکتی اشاره دارد در تحقیقات متعددی مورد بررسی و تایید قرار گرفته است (Bodin, 2017; Phelps & Kelly, 2020; Tuna & Stojcheska, 2020; Vazirian *et al*., 2021; Fatemi *et al*., 2021; Susilo, 2022; Savari *et al*., 2024).

در شبکه اعتماد و مشارکت جامعه محلی فرک، تعیین بازیگر کلیدی مشکل است ولی کنش‌گران MO-FZ، AB-FZ، AB-HJ، AS-HJ، TM-HJ، FR-AL و AB-AF با بیشترین میزان EffSize و مرکزیت‌های درجه

ورودی و خروجی را می‌توان کنش‌گران موثرتری در نظر گرفت که نشان‌دهنده‌ی نقش محوری‌تر این افراد در شبکه اعتماد و توانایی آن‌ها در ایجاد و حفظ روابط و پیوندهای قوی است. این کنش‌گران که هم مرکزیت‌های درجه ورودی و هم خروجی بالایی دارند، به‌عنوان کانون اطلاعاتی و منبع تبادل اطلاعات در شبکه عمل می‌کنند. این وضعیت به این معناست که آن‌ها نه‌تنها از دیگران اطلاعات دریافت می‌کنند، بلکه خود نیز اطلاعات و منابع را به افراد دیگر منتقل می‌کنند، که می‌تواند به بهبود همکاری‌ها و جلب مشارکت عمومی منجر شود. مرکزیت مجاورت برابر با ۱۰۰ همه کنش‌گران نشان‌دهنده غلبه روابط بسته و نزدیک میان کنش‌گران با ارتباطات نزدیک و قوی و سرعت بالای تعاملات میان تمامی مرتع‌داران است. این وضعیت می‌تواند نشان‌دهنده توزیع مرکزیت روابط در شبکه و به نوعی به معنی وجود الگوهای تعامل پایدار میان کنش‌گران باشد که امکان تبادل سریع اطلاعات و تجربیات به یکدیگر را فراهم می‌کند و می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهتر و مؤثرتر در مدیریت مرتع کمک کند. علاوه بر این، مرکزیت بینابینی برابر با صفر برای همه کنش‌گران بیانگر ترکیب یکنواخت و در عین حال چالش برانگیز این شبکه و عدم وجود کنش‌گران واسطه بین گروه‌های مختلف است. به عبارت دیگر، کنش‌گران در این شبکه به‌طور مستقیم با یکدیگر در ارتباط هستند و نیازی به پل‌های واسطه برای تبادل اطلاعات ندارند. این حالت می‌تواند نشان‌دهنده ارتباطات تنگاتنگ باشد، اما در عین حال، می‌تواند مانع ایجاد نوآوری و تبادل ایده‌های جدید میان کنش‌گران مختلف شود. با توجه به اینکه همه کنش‌گران به یک اندازه در نقش واسطه‌ای قرار دارند، ممکن است عدم وجود تنوع در مرکزیت بینابینی اشاره به این موضوع داشته باشد که شبکه برای ایجاد ارتباطات جدید و نوآورانه ضعیف عمل می‌کند. این وضعیت می‌تواند به ایجاد تعارضات و تنش منجر شود، زیرا تنوع در تعاملات اجتماعی برای پایداری و تطابق با نیازهای متغیر ضروری است. با توجه به وجود نمونه‌های قوی از کنش‌گران با مرکزیت‌های ورودی و خروجی بالاتر، شناسایی و تقویت راهکارهایی برای جلب مشارکت سایر ذی‌نفعان می‌تواند اثرات مثبتی بر بهبود تاب‌آوری و بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی داشته باشد. نتایج تحقیقات مختلف موید این نتایج است که بیان می‌کنند در شبکه‌های کارآمد، توزیع مرکزیت میان چندین کنش‌گر کلیدی، می‌تواند پایداری و تاب‌آوری شبکه را افزایش دهد و شبکه‌های با روابط بسیار بسته، علی‌رغم پایداری بالا، ممکن است در پذیرش تغییرات جدید مقاومت نشان دهند (Wood *et al*., 2014; Tuna & Stojcheska, 2020; Islami, 2020; Teston *et al*., 2024).

در شبکه جامعه محلی نوبهار این نتایج حاکی از آن است که کنش‌گر ZY-KH کلیدی‌ترین کنش‌گر و همراه با کنش‌گران SF-GZ و FA-AH قدرت اجتماعی این شبکه محسوب می‌شوند. نتایج این شبکه نشان‌دهنده‌ی پیچیدگی و تنوع در ساختار شبکه اعتماد و مشارکت در میان کنش‌گران محلی سامان عرفی نوبهار است. این نتایج به چند نکته کلیدی اشاره دارند، شناسایی کنش‌گرانی که مرکزیت بالایی دارند، می‌تواند به مدیران و سیاست‌گذاران کمک کند تا روی این کنش‌گران سرمایه‌گذاری بیشتری صورت دهند و روابط و همکاری‌ها را تقویت کنند. به ویژه حمایتی که از کنش‌گران کلیدی مانند FA-AH و ZY-KH می‌شود، می‌تواند به تقویت همکاری‌های محلی منجر گردد. این نتایج با مطالعه Levesque و همکاران (۲۰۱۷) و Senga و Payne (۲۰۱۷) که نشان می‌دهند شبکه‌هایی که دارای چندین کنش‌گر کلیدی هستند، معمولاً انعطاف‌پذیری بیشتری در مدیریت تعارضات دارند و امکان جلب مشارکت گسترده‌تری را فراهم می‌کنند، همسو است. با توجه به محوریت کنش‌گرانی همچون HJ-AH و SF-GZ در تسهیل ارتباطات، مدیریت مؤثر در ارتباطات و ایجاد فرصت‌های جدید برای همکاری می‌تواند به بهبود کارایی شبکه منجر شود. این نتایج با مطالعه Przesdzink و همکاران

(۲۰۲۲) با تاکید بر نقش مؤثر تسهیل‌کنندگان ارتباطات در تقویت حکمرانی مشارکتی مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

در سامان عرفی فرک، اعتماد میان کنش‌گران بالاست و روابط قوی وجود دارد که به تسهیل همکاری‌ها و مشارکت در تصمیم‌گیری‌ها کمک می‌کند. کنش‌گران با سطح مشارکت بالا در فرآیندهای محلی، تجربیات و دانش خود را به اشتراک می‌گذارند و این امر به پایداری مدیریت منابع کمک می‌کند. فرآیندها و تصمیمات به‌طور شفاف اطلاع‌رسانی می‌شوند که در نهایت این امر به ایجاد حس مسئولیت‌پذیری میان کنش‌گران کمک می‌کند. لذا سامان‌عرفی فرک به دلیل سطح بالای اعتماد اجتماعی و مشارکت فعال اعضا، در زمینه حکمرانی مشارکتی عملکرد به‌مراتب موفق‌تری دارد. اگرچه توصیه می‌شود که برنامه‌هایی برای گسترش شبکه‌های ارتباطی و جلب مشارکت گروه‌های مختلف فراهم شود. برای رسیدن به حکمرانی مؤثر، نیاز است که روی تقویت روابط اجتماعی، شناسایی افراد با پتانسیل واسطه‌گری و توسعه برنامه‌هایی که بتوانند این افراد را فعال کنند، تمرکز شود.

اعتماد و تعامل مثبت میان کنش‌گران در سامان عرفی نوبهار قوی است و همکاری‌های مؤثری به‌وجود آورده است که تمایل به مشارکت بالا و اشتراک‌گذاری تجربیات و منابع را به دنبال دارد. فرآیندها و تصمیمات به صورت شفاف میان کنش‌گران برقرار می‌شود که موجب افزایش حس مسئولیت‌پذیری در ساکنان این سامان عرفی می‌گردد. برنامه‌های توانمندسازی مؤثر در رساندن دانش و مهارت‌های لازم به کنش‌گران، به بهبود مدیریت منابع کمک می‌کند. سامان‌عرفی نوبهار به دلیل وجود اعتماد اجتماعی بالا و ساختارهای مشارکتی مؤثر، در حکمرانی مشارکتی موفق خواهد بود.

در سامان عرفی احمدآباد، نیاز به تقویت روابط و اعتماد میان کنش‌گران وجود دارد، زیرا عدم ارتباط مؤثر می‌تواند به کاهش همکاری‌ها منجر شود. در این شبکه میزان مشارکت بین کنش‌گران متوازن نیست و این موضوع می‌تواند بر کارایی حکمرانی تأثیر بگذارد. ممکن است مشکلاتی در خصوص شفافیت در تصمیم‌گیری‌ها وجود داشته باشد که بر احساس مسئولیت کنش‌گران تأثیر منفی می‌گذارد. در این شبکه نیاز به توانمندسازی و آموزش کنش‌گران در زمینه‌های مدیریت منابع وجود دارد که می‌تواند به بهبود شرایط کمک کند و به دلیل چالش‌های موجود در ارتباطات و مشارکت، برای بهبود حکمرانی مشارکتی برنامه‌ریزی موثرتری لازم است. بدین منظور و برای بهبود روابط بین کنش‌گران، برگزاری کارگاه‌ها و نشست‌های آگاه‌سازی پیشنهاد می‌شود.

با توجه به ارزیابی ابعاد اجتماعی در سه سامان‌عرفی، می‌توان اذعان داشت سامان‌عرفی فرک با بالاترین سطح از اعتماد اجتماعی، مشارکت، تعاملات پایدار و قدرت توانمندسازی، موفق‌ترین شبکه در حکمرانی مشارکتی است. سامان‌عرفی نوبهار با وجود اعتماد اجتماعی خوب و مشارکت فعال، ممکن است هنوز نیاز به تقویت در برخی زمینه‌ها وجود داشته باشد. سامان‌عرفی احمدآباد با موفقیت کمتری از نظر حکمرانی مشارکتی، نیاز به تقویت ابعاد اجتماعی و توانمندسازی جمعی دارد. به طور کلی، ترویج و تقویت ابعاد اجتماعی در حکمرانی مشارکتی می‌تواند به بهبود مدیریت منابع طبیعی در هر سه سامان‌عرفی کمک شایانی نماید.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت‌های علمی مرکز تحقیقات حکمرانی منابع طبیعی دانشکده منابع طبیعی و موسسه کسب و کار اجتماعی دانشگاه تهران انجام شده است. نویسندگان از این نهادها بابت حمایت‌های ارزشمندشان قدردانی می‌کنند.

References

Afkhami, M., Zahraie, B., & Ghorbani, M. (2022). Quantitative and qualitative analysis of the dimensions of farmers' adaptive capacity in the face of water scarcity. *Journal of Arid Environments*, 199, 104715. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104715.

Ahmadabad range management plan. (2022). *General Administration of Natural Resources and Watershed Management of Central Province*. Tafarsh County. (In Persian)

Bodin, Ö. (2017). Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, 357(6352), eaan1114. https://doi.org/10.1126/science.aan1114

Bothwell, K. N. (2019). Practicing collaborative natural resource management with federal agencies: Keys to success across partnership structures. *Journal of Forestry*, 117(3), 226-233. https://doi.org/10.1093/jofore/fvz010.

Burgos, A., & Mertens, F. (2022). Collaborative governance networks: exploring governance success in large-scale conservation. *Ambiente & Sociedade*, 25, e0110. https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20220110L5OA

Chapin, F. S., III, Kofinas, G. P., & Folke, C. (Eds.). (2009). *Principles of ecosystem stewardship: Resilience-based natural resource management in a changing world*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73033-2

Cosens, B., Ruhl, J. B., Soininen, N., Gunderson, L., Belinskij, A., Blenckner, T., Camacho, A. E., Chaffin, B. C., Craig, R. K., Doremus, H., Glicksman, R., Heiskanen, A.-S., Larson, R., & Similä, J. (2021). Governing complexity: Integrating science, governance, and law to manage accelerating change in the globalized commons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(36), e2102798118. https://doi.org/10.1073/pnas.2102798118

Culloch-Jones, M., Novellie, P., Roux, D. J., & Currie, B. (2022). Social network analysis of a landscape-scale conservation initiative in South Africa. *South African Journal of Science*, 118(9-10), 1-8. https://doi.org/10.17159/sajs.2022/11703

Dooley, K. J. (2022). *Complex adaptive systems. In Handbook of theories for purchasing, supply chain and management research* (pp. 335-344). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781839104503.00026.

Eckerd, A., & Heidelberg, R. L. (2020). *Administering public participation*. *The American Review of Public Administration*, 50(2), 133-147. https://doi.org/10.1177/0275074019871368

Elmezain, M., Othman, E. A., & Ibrahim, H. M. (2021). Temporal degree-degree and closeness-closeness: A new centrality metrics for social network analysis. *Mathematics*, 9(22), 2850. https://doi.org/10.3390/math9222850

Fark range management plan (1998). *General Administration of Natural Resources and Watershed Management of Central Province*. Tafarsh County. (In Persian)

Fatemi, M., Rezaei-Moghaddam, K., & Pourghasemi, H. R. (2021). Social networksanalysis of rural stakeholders in watershed management. *Environment, Development and Sustainability*, 23(12), 17535-17557. https://doi.org/10.1007/s10668-021-01399-9.

Frija, A., Sghaier, M., Dhehibi, B., & Fetoui, M. (2019). *Frameworks, tools, and approaches for the assessment of rangeland governance.* International Centre for Research in the Dry Areas.

Galindo-Pérez-de-Azpillaga, L., Foronda-Robles, C., & García-López, A. (2014). The value of trust: An analysis of social capital in natural areas. *Social indicators research*, 118(2), 673-694. https://doi.org/10.1007/s11205-013-0427-3.

Ghanbari, F., Islami, I., & Azadi, H. (2024). The collaborative governance system of rangelands and social networks analysis: Explaining the challenges of multi-level communication of organizational stakeholders in Semnan Province. *Rangeland*, 17(4), 665-683. (In Persian)

Ghorbani, M. (2012). *The role of social networks in Rangeland Utilization mechanisms (case study: Taleghan region).*

PhD thesis, University of Tehran. Faculty of Natural Resources. (In Persian)

Ghorbani, M., Rasekhi, S., & Karami, A. (2017). Analysis of structural characteristics of social capital in society oriented rural management establishment (Aliabad Hashtsadmetri Village, rigan district, Kerman Province). *Journal of Rural Research*, 8(2), 228-241. https://doi.org/10.22059/jrur.2017.62673 (In Persian)

Ghorbani, M. (2022). *Water governance in the face of global changes*. Third edition. Tehran University Publications. (In Persian)

Ghorbani, M., & Jafarian, V. (2022). *Social networks and natural resource management. Third edition*. Tehran University Publications. (In Persian)

Guragain, G. P. (2024). Community Engagement in Local Governance. *Kutumbha vani*, 5(1), 51-60.

Haji, L., Hayati, D., Rezaei-Moghaddam, K., & Ghanbarian, G. A. (2023). Toward co-management of Iran's rangelands: Combining stakeholder analysis and social networks analysis. *Global Ecology and Conservation*, 46, e02572. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02572

Hussein, A. (2021). Courses of Rangeland Degradation and Rehabilitation Techniques in the Rangelands of Ethiopia. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 12 (10), 582.

Islami, I. (2020). Assessment of the Network of Social Trust structures based on network analysis method: study of local stakeholders of rangelands - Yazd Province. *Journal of Rural Research*, 11(3), 454-465. https://doi.org/10.22059/jrur.2020.288516.1399 (In Persian)

Laranjeira, P. A., & Cavique, L. (2018). Métricas de centralidade em redes sociais. *Revista de Ciências da Computação*, (9), 1-20. https://doi.org/10.34627/rcc.v9i0.20.

Levesque, V.R., Calhoun, A.J., Bell, K.P., & Johnson, T.R. (2017). Turning contention into collaboration: engaging power, trust, and learning in collaborative networks. *Society & Natural Resources*, 30(2), 245-260. https://doi.org/10.1080/08941920.2016.1180726

Lien, A. M., Dew, T., Ruyle, G. B., Sherman, N. R., Perozzo, N., Miller, M., & López-Hoffman, L. (2021). Trust is essential to the implementation of adaptive management on public lands. *Rangeland Ecology & Management*, 77, 46-56. https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.03.005

Liu, H., Xing, L., Wang, C., & Zhang, H. (2022). Sustainability assessment of coupled human and natural systems from the perspective of the supply and demand of ecosystem services. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1025787. https://doi.org/10.3389/feart.2022.1025787.

Mosleh, L., Yore, M., Wells, W., Eisenman, D. P., & Schwarz, K. (2024). A social network analysis of cross-organizational engagement for urban heat resilience in Los Angeles County, California. *Urban Climate*, 53, 101797. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101797

Musavengane, R., & Kloppers, R. (2020). Social capital: An investment towards community resilience in the collaborative natural resources management of community-based tourism schemes. *Tourism Management Perspectives*, 34, 100654. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100654.

Nobahar range management plan (1996). *General Administration of Natural Resources and Watershed Management of Central Province.* Tafarsh County. (In Persian)

Nasratpanah, Z., Sahebzadeh, B., & Khaksafidi, A. (2015). *The impact of social capital on sustainable development and natural resources.* International Conference on Development with a Focus on Agriculture, Environment, and Tourism, Iran. (In Persian)

Omnondiagbe, H. A., Towns, D. R., Wood, J. K., & Bollard-Breen, B. (2017). Stakeholders and social networks identify potential roles of communities in sustainable management of invasive species. *Biological Invasions*, 19(8), 3037–3049. https://doi.org/10.1007/s10530-017-1506-1

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422. https://doi.org/10.1126/science.1172133.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons. The evolution of institutions for collective action (Political economy of institutions and*

decisions). Cambridge: Cambridge University Press.

Przesdzink, F., Herzog, L. M., & Fiebelkorn, F. (2022). Combining stakeholder-and social network-analysis to improve regional nature conservation: A case study from Osnabrück, Germany. *Environmental Management*, 69(2), 271-287. https://doi.org/10.1007/s00267-021-01564-w.

Phelps, D., & Kelly, D. (2020). A call for collaboration: linking local and non-local rangeland communities to build resilience. *The Rangeland Journal*, 42(5), 265-275. https://doi.org/10.1071/RJ20048

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Azadi, H. (2023). Structural characteristics of governmental and non-governmental institutions network: case of water governance system in Kor River basin in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 25(7), 7029-7045. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02346-y

Rao, D., Ye, Y., Lin, Z., & Ding, W. (2023). Efficient *Approximate Calculations and Application of Network Centrality*. In International Conference on Frontier Computing (pp. 7-18). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1428-9_2

Rouleau, L. (2022). *Organization Theories in the Making: Exploring the leading-edge perspectives*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/oso/9780198792024.003.0005

Salpeteur, M., Calvet-Mir, L., Diaz-Reviriego, I., & Reyes-García, V. (2017). Networking the environment: social network analysis in environmental management and local ecological knowledge studies. *Ecology and Society*, 22(1), A41. https://doi.org/10.5751/ES-08790-220141

Savari, M., Jafari, A., & Sheheytavi, A. (2024). The impact of social capital to improve rural households' resilience against flooding: evidence from Iran. *Frontiers in Water*, 6, 1393226. https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1393226

Saz-Gil, I., Bretos, I., & Díaz-Foncea, M. (2021). Cooperatives and social capital: A narrative literature review and directions for future research. *Sustainability*, 13(2), 534. https://doi.org/10.3390/su13020534

Senga, M., & Payne, D. (2017). Social networks and local collaboration in natural resources management in developing countries: a review of the theoretical and empirical literature. *Tanzania Journal for Population studies and Development*, 24(1-2), 1-20. https://doi.org/10.56279/tjpsd.v24i1-2.78

Susilo, R. K. D. (2022). *Compatibility, Effectiveness and Sustainability of Grass-Root Collaboration in Promoting Environmental and Natural Resource Conservation (An Evaluative Analysis)*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science , 995(1), 012067. .https://doi.org/10.1088/1755-1315/995/1/012067

Teston, M., Sturaro, E., Muñoz-Ulecia, E., Tenza-Peral, A., Raniolo, S., Pisani, E., & Martín-Collado, D. (2024). Participatory approaches and Social Network Analysis to analyse the emergence of collective action for rural development: a case study in the Spanish Pyrenees. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 504-522. https://doi.org/10.1080/1828051X.2024.2330658

Tolera, T., & Senbeta, F. (2023). A Social Network Analysis of Collaborative Rangelands Governance: The case of Borana Rangelands, Southern Ethiopia. *Human Ecology*, 51(3), 429-437. https://doi.org/10.1007/s10745-023-00418-9

Tuna, E., & Stojcheska, A. M. (2020). *Stakeholder and Social Networks: Basis for Developing Pasture Management Strategies*. In 30th Scientific-Experts Conference of Agriculture and Food Industry: Answers for Forthcoming Challenges in Modern Agriculture (pp. 193-200). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40049-1_25

Vazirian, R., Karimian, A., Ghorbani, M., & Afshani, S. A. (2021). Monitoring and analyzing social networks and identifying key actors for sustainable management of natural resources. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 28 (1), 181–194. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.123886 (In Persian)

Wood, B. A., Blair, H. T., Gray, D. I., Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T., & Sewell, A. M. (2014). Agricultural science in the

wild: A social network analysis of farmer knowledge exchange. *PloS one*, 9(8), e105203. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105203

Xu, B. (2024). A Review of Research on Structural Holes and Innovation Performance. *Highlights in Business, Economics and Management*, 32, 226-236. https://doi.org/10.54097/jp8a9183

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 38-53 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2043396.1180 **Online ISSN: 2783-4581**

Evaluation of the efficiency of the SWAT+ model in mountainous watersheds in arid and semi-arid regions (Case study: Meymeh watershed, Ilam)

Reza Shirkhani[1], Mohsen Tavakoli [2]*, Ali Akbar Akhtari [1], Haidar Ebrahimi [3]

1. Department of Civil Engineering, Faculty of Technology and Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Department of Range and Watershed Management, Agriculture Faculty, Ilam University, Ilam, Iran
3. Department of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

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

(Received: 15 October 2024 Revised: 09 April 2025 Accepted: 19 May 2025)

Extended Abstract

Introduction: A watershed system regulates both the quantity and quality of water within the hydrological cycle. Challenges have arisen in managing this cycle, largely due to insufficient understanding of its complexity and inadequate planning regarding the interconnections between water resource management and community development. Effective watershed management requires comprehensive and accurate information on various technical and managerial approaches. Simulating hydrological processes within a watershed is considered a promising approach for achieving optimal management. This study aims to develop and evaluate a new rainfall-runoff model for the Meymeh Watershed as a mountainous watershed located in a semi-arid region of Ilam Province, Iran.

Materials and methods:

This study was conducted using the new SWAT+ model. SWAT+ is a powerful tool for achieving watershed management objectives, offering a flexible spatial representation of basin processes and responses. It integrates a large number of parameters, utilizes the free QGIS software, and features a robust graphical interface.The data required for this research include meteorological records from the watershed and its surrounding areas, historical flow data of the Meymeh River, a Digital Elevation Model (DEM), and geological and soil maps. Meteorological data were collected from two synoptic stations near the watershed and 20 rain gauges located within and around the watershed, sourced from governmental organizations. Historical and observed daily flow data from a hydrometric station at the watershed outlet were also obtained from existing databases.Daily meteorological and hydrological data from 2010 to 2020 were used to simulate streamflow in the study area. Considering that using multiple statistical indicators can lead to mixed interpretations of model performance, in this study were employed the coefficient of determination (R^2), Nash–Sutcliffe Efficiency (NSE), Mean Absolute Error (MAE), and Mean Bias Error (MBE) to evaluate the accuracy and reliability of the model.

Results and Discussion: Based on the results, NS, R^2 coefficients, MAE and MBE were obtained -0.38 , 0.39, 11.1 and 8.4 respectively, using non-optimized coefficients using in the initial run of the model. According to the value of the objective functions in the first run, it was found that the SWAT+ model has insufficient accuracy for the watershed runoff simulation, so the calibration operation is necessary to improve its accuracy. For calibration, ten coefficients and parameters that are effective in producing watershed runoff were determined. These parameters were entered into the model along with the allowed range of their changes (Theoretically) and were real and optimized during 2000 iterations. Following this process, the R^2, Nash-Sutcliffe coefficients, MAE and MBE for the calibration period (2010-2018) were obtained 0.72, 0.70, 2.97 and 0.58 respectively, and for the validation period (2019-2020), 0.78, 0.77, 7.6 and 0.38 respectively. In order to evaluate the ability of the model in simulating base and peak flows and also checking their temporal consistency with the observed data, scatter plots and time series of observed and simulated daily flow values were drawn for the calibration and validation periods. A detailed review of the drawn graphs showed that this model has correctly identified the time of the peak flows. Also, the daily fluctuations of the river flow are correctly modeled. From a graphical point of view, the comparison of the time series plots during the validation period shows that the SWAT+ model estimated the peak and base flows close to the actual values.

Conclusion: The results of this study showed that SWAT+ has a good ability to simulate of daily runoff in The Meymeh river watershed. It can also be applied to simulate runoff under different management scenarios and in other watersheds with similar environmental and hydrological conditions.

Keywords: Runoff, Calibration, Validation, SWAT+, Meymeh watershed.

Citation: Shirkhani, R., Tavakoli, M., Akhbari, A.A., & Ebrahimi, H. (2026). Evaluation of the efficiency of the SWAT+ model in mountainous watersheds in arid and semi-arid regions (Case study: Meymeh watershed, Ilam). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 38-53. doi= 10.22034/iwm.2025.2043396.1180

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۵۳-۳۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2043396.1180

ارزیابی کارایی مدل SWAT^{+} در حوزه‌های آبخیز کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوضه میمه، ایلام)

رضا شیرخانی[۱]، محسن توکلی[۲*]، علی اکبر اختری[۱]، حیدر ابراهیمی[۳]

۱. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

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

*نویسنده مسئول: m.tavakoli@ilam.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۲۴ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹)

چکیده مبسوط

مقدمه: سیستم حوزه آبخیز، تنظیم‌کننده کمّیت و کیفیت چرخه آب می‌باشد. مشکلاتی که در عصر حاضر در این چرخه پدید آمده است (وقوع سیلاب، کم آبی و...)، هزینه‌ای است که بشر به دلیل عدم درک صحیح از این چرخه پیچیده و عدم برنامه‌ریزی در پروژه‌های مرتبط با مدیریت آب و توسعه جوامع، متحمل شده است. لذا مدیریت صحیح حوضه، مستلزم داشتن اطلاعات جامع و کامل از تکنیک‌های مختلف اجرایی و مدیریتی است. اعتقاد بر این است که شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز می‌تواند راه‌حلی بهینه برای مدیریت صحیح آن‌ها باشد. هدف از پژوهش حاضر توسعه و ارزیابی یک مدل نسبتاً جدید بارش-رواناب در حوضه رودخانه میمه به عنوان یک حوضه کوهستانی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک در استان ایلام می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه با استفاده از مدل جدید SWAT+ انجام گرفت. مدل SWAT+ به دلیل فراهم نمودن یک نمایش مکانی انعطاف‌پذیر از واکنش‌ها و فرآیندهای حوضه، استفاده از تعداد زیادی پارامتر، نرم‌افزار رایگان QGIS و رابط گرافیکی قدرتمند، ابزار بسیار مفیدی برای دستیابی به اهداف مدیریتی می‌باشد. داده‌های موردنیاز این تحقیق شامل داده‌های هواشناسی حوضه و مناطق اطراف آن، داده‌های تاریخی و ثبت شده جریان رودخانه، مدل رقومی ارتفاعی، نقشه‌های خاک و زمین‌شناسی است. داده‌های هواشناسی دو ایستگاه سینوپتیک واقع در اطراف حوضه و ۲۰ دستگاه باران‌سنج در داخل و اطراف حوضه از سازمان‌های دولتی اخذ شد. داده‌های تاریخی و مشاهده‌ای جریان روزانه در یک ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه (ایستگاه پل میمه) نیز از شرکت آب منطقه‌ای تهیه گردید. برای شبیه‌سازی جریان در حوضه مورد مطالعه، داده‌های روزانه هواشناسی و هیدرولوژیکی دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به این که انتخاب شاخص آماری چندگانه «احتمال تفسیر ترکیبی، عملکرد مدل را افزایش می‌دهد» آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، نش ساتکلیف (NSE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین خطای اریب (MBE) جهت ارزیابی عملکرد مدل مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث: بر اساس نتایج، ضرایب نش ساتکلیف، تعیین، MAE و MBE در اولین اجرای مدل و با استفاده از ضرایب بهینه نشده به‌ترتیب ۰/۳۸-، ۰/۳۹ ، ۱۱/۱ و ۸/۴ به دست آمدند. با توجه به مقدار توابع هدف در اجرای اول، مشخص شد که مدل SWAT+ فاقد دقت برای شبیه‌سازی رواناب حوضه است، بنابراین عملیات واسنجی برای بهبود دقت آن ضروری است. برای واسنجی، ده ضریب و پارامتر موثر تولید رواناب حوضه تعیین و این پارامترها به همراه محدوده مجاز تغییرات آنها (به لحاظ نظری) وارد مدل شدند و در طی ۲۰۰۰ تکرار، واقعی و بهینه شدند. پس از این فرآیند، ضرایب تعیین، نش-ساتکلیف و مقادیر MAE و MBE برای دوره واسنجی (۲۰۱۸-۲۰۱۰) به‌ترتیب ۰/۷۲ ، ۰/۷۰ ، ۲/۹۷ ، ۰/۵۸ و برای دوره اعتبارسنجی (۲۰۲۰-۲۰۱۹) به‌ترتیب ۰/۷۸ ، ۰/۷۷ ، ۷/۶ و ۰/۳۸ به دست آمدند. به منظور ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی دبی‌های پایه و دبی اوج و همچنین بررسی سازگاری زمانی آنها با داده‌های مشاهده شده، نمودارهای پراکندگی و سری زمانی مقادیر جریان روزانه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی ترسیم شد. بررسی دقیق نمودارهای ترسیم شده نشان داد که این مدل، زمان پیک دبی‌ها را به درستی شبیه‌سازی کرده است. همچنین نوسانات روزانه جریان رودخانه به درستی مدل‌سازی شده است. از نقطه نظر گرافیکی، مقایسه نمودارهای سری زمانی در طول دوره اعتبارسنجی نشان می‌دهد که مدل SWAT+ جریان‌های پیک و پایه را نزدیک به مقادیر واقعی تخمین زده است.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که مدل SWAT+ توانایی مناسبی برای شبیه‌سازی دبی روزانه در حوزه آبخیز رودخانه میمه دارد و می‌تواند برای شبیه سازی رواناب تحت سناریوهای مدیریتی مختلف و همچنین در حوضه‌های با شرایط طبیعی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: رواناب، واسنجی، اعتبارسنجی، SWAT+، حوضه میمه.

استناد: شیرخانی، ر.، توکلی، م.، اختری، ع. الف؛ و ابراهیمی، ح. (۱۴۰۴). ارزیابی کارایی مدل SWAT^{+} در حوزه‌های آبخیز کوهستانی مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوضه میمه، ایلام). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۵۳-۳۸.

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

سیستم حوزه آبخیز، تنظیم‌کننده کمیت و کیفیت چرخه آب می‌باشد. مشکلاتی که در عصر حاضر در این چرخه پدید آمده است (ازجمله وقوع کم‌آبی و سیل)، هزینه‌ای است که بشر به دلیل عدم درک صحیح از این چرخه پیچیده و عدم برنامه‌ریزی در پروژه‌های مرتبط با مدیریت آب و توسعه جوامع متحمل شده است. سیل‌ها پرهزینه‌ترین خطر طبیعی در جهان هستند و ۳۱ درصد از خسارات اقتصادی ناشی از بلایای طبیعی را تشکیل می‌دهند (Sanders & Tabuchi, 2000; Wondim, 2016). این پدیده یکی از بلایای طبیعی بزرگ در حال افزایش است که علاوه بر تخریب و خسارات ساختاری، ممکن است اثرات فیزیکی، روانی و اجتماعی را بر جمعیت آسیب‌دیده تحمیل کند (Paranjothy *et al.*, 2011; Alderman *et al.*, 2013; Mohammadinia *et al.*, 2019).

ایران کشوری بلاخیز است (Rahmati *et al.*, 2016) که در سال ۲۰۱۵، بلایای طبیعی آن ۱۰۷ کشته و ۲۶۴۸۱ مجروح یا آسیب‌دیده است (Sanderson *et al.*, 2016) و بر اساس آمار در سال‌های اخیر تعداد سیلاب‌ها افزایش یافته و بخش‌های مختلف کشور را تحت تأثیر قرار داده است (Mohammadinia *et al.*, 2019).

تجزیه‌وتحلیل سیل به‌طور خاص، به کارشناسان منابع آب و آمار اجازه می‌دهد تا احتمال وقوع سیل در آینده و همچنین بزرگی اوج جریان را تخمین بزنند. در این راستا اعتقاد بر این است که شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولوژیکی (ازجمله سیلاب) در حوزه آبخیز می‌تواند راه‌حلی بهینه برای مدیریت صحیح آن‌ها باشد.

برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی و سیلاب چندین رویکرد مانند قطعی، احتمالی و تصادفی وجود دارد (Machekposhti *et al.*, 2017). مدل یک نمایش ساده از سیستم دنیای واقعی است و بهترین مدل، مدلی است که با استفاده از کمترین پارامترها و پیچیدگی، نتایجی نزدیک به واقعیت ارائه دهد. در هیدرولوژی، مدل‌ها عمدتاً برای پیش‌بینی رفتار سیستم و درک فرآیندهای هیدرولوژیکی مختلف استفاده می‌شوند (Sorooshian *et al.*, 2008; Gayathri *et al.*, 2015). مدیران و تصمیم‌گیرندگان معمولاً از مدل‌سازی به‌عنوان ابزاری برای درک چگونگی تأثیر تغییرات آب‌وهوا و شرایط کاربری زمین یا تصمیم‌های مدیریتی در مقیاس حوضه استفاده می‌کنند (Meaurio *et al.*, 2015). علاوه بر این، پیش‌بینی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت جریان رودخانه‌ها برای اطلاع تصمیم‌گیرندگان و حمایت از آن‌ها در دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب ضروری است (Petroselli *et al.*, 2018; Apollonioand *et al.*, 2020; Tudose *et al.*, 2021).

در حال حاضر چندین مدل هیدرولوژیکی ازجمله SWAT[1] به‌صورت رایگان در دسترس هستند. SWAT که از دهه ۱۹۹۰ به‌طور مداوم بهبود یافته است. این مدل، یک مدل فیزیکی رایگان است که اگرچه در ابتدا برای حوضه‌های رودخانه‌های بزرگ توسعه یافته بود، اما برای حوزه‌های آبخیز تا ۱۰۰۰ کیلومترمربع نیز مناسب است (Marin *et al.*, 2020). علاوه بر این، این مدل برای بررسی اثرات بلندمدت، به‌ویژه در حوزه‌های آبخیز بدون ایستگاه‌های اندازه‌گیری، مناسب تشخیص داده می‌شود (Ha *et al.*, 2017; Jabbar *et al.*, 2020; Tudose *et al.*, 2021).

مدل SWAT به‌طور گسترده در مقیاس‌های جهانی و منطقه‌ای برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی و محیطی استفاده شده است (Arnold *et al.*, 1998; Tan *et al.*, 2020; Akoko *et al.*, 2021; Rufino *et al.*, 2023). استفاده گسترده از مدل SWAT در سرتاسر جهان نیز محدودیت‌های آن را آشکار و نیازهای توسعه آن را شناسایی کرده است به‌طوری‌که الحاقات و اصلاحات متعدد مدل و اجزای منفرد آن، مدیریت و نگهداری کد

1. Soil and Water Assessment Tool.

آن را به‌طور فزاینده‌ای دشوار کرده است (Bieger *et al.*, 2017).

به‌منظور مواجهه با چالش‌های حال و آینده در مدل‌سازی منابع آب، کد SWAT در چند سال گذشته دستخوش تغییرات عمده‌ای شده است که منجر به انتشار مدل SWAT+، به‌عنوان نسخه‌ای کاملاً اصلاح‌شده مدل شده است. SWAT+ نمایش مکانی انعطاف‌پذیرتری از فعل‌وانفعالات و فرآیندهای درون یک حوزه آبخیز را ارائه می‌کند (Bieger *et al.*, 2017). با توجه به اینکه این مدل در سال ۲۰۱۷ معرفی شده است، تاکنون مطالعات زیادی با استفاده از آن انجام نشده است و کارایی و عملکرد آن در مناطق مختلف جهان و همچنین در ایران نامشخص است؛ بنابراین، در میان طیف گسترده‌ای از مدل‌های هیدرولوژیکی توسعه‌یافته تا امروز، برای این مطالعه، مدل هیدرولوژیکی SWAT+ را به دلیل سازگاری و انعطاف‌پذیری بالا برای بررسی طیف گسترده‌ای از مسائل مربوط به آب، با استفاده از پارامترهای زیاد، از نرم‌افزار رایگان QGIS و با کاربرد گرافیکی انتخاب شده است. کد SWAT+ ابزار ارزشمندی است که به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند و آن‌ها را قادر می‌سازد تا مجموعه‌ای از تأثیرات را پیش‌بینی کنند و ازاین‌رو، اقدامات موردنیاز برای کاهش خطرات آینده را شناسایی و اولویت‌بندی کنند (Tudose *et al.*, 2021). از معدود مطالعات انجام‌شده با استفاده از مدل SWAT+ می‌توان به مطالعه Bieger *et al.*, 2017 در *آمریکا* Kakarnde *et al.*, 2020 در تایلند، Van Tol *et al.*, 2021 در آفریقای جنوبی، Wanger *et al.*, 2022 در آلمان، Sharma *et al.*, 2024 در آمریکا، Tigabu *et al.*, 2024 در آمریکا و Hadi Qoraqi, 2024 در حوضه آبریز طشک بختگان در ایران اشاره نمود که بر اساس نتایج آن‌ها عملکرد قابل قبولی از خود نشان داده است.

در این راستا، نوآوری و اهداف ویژه این تحقیق عبارت‌اند از: (۱) اختصاصی نمودن پایگاه‌های داده مدل SWAT+ برای حوضه میمه به‌عنوان یکی از اولین مطالعات انجام‌شده در کشور و (۲) ارزیابی کارایی آن با توجه به ویژگی‌های محلی یک حوضه کوهستانی در یک منطقه نیمه‌خشک. با توجه به اینکه یک سد مخزنی در خروجی حوضه در حال ساخت است و جمعیت محلی زیادی به مخزن آن وابسته است، مدل SWAT+ واسنجی شده و تأییدشده ابزار ارزشمندی برای تصمیم‌گیرندگان محلی و ملی است و با شبیه‌سازی سناریوهای احتمالی و پیش‌بینی نتایج، کمک چشمگیری در طراحی استراتژی‌های جدید مدیریت منابع آب به‌ویژه مدیریت عرضه و تقاضا، سیل و بار خواهد بود.

مواد و روش‌ها

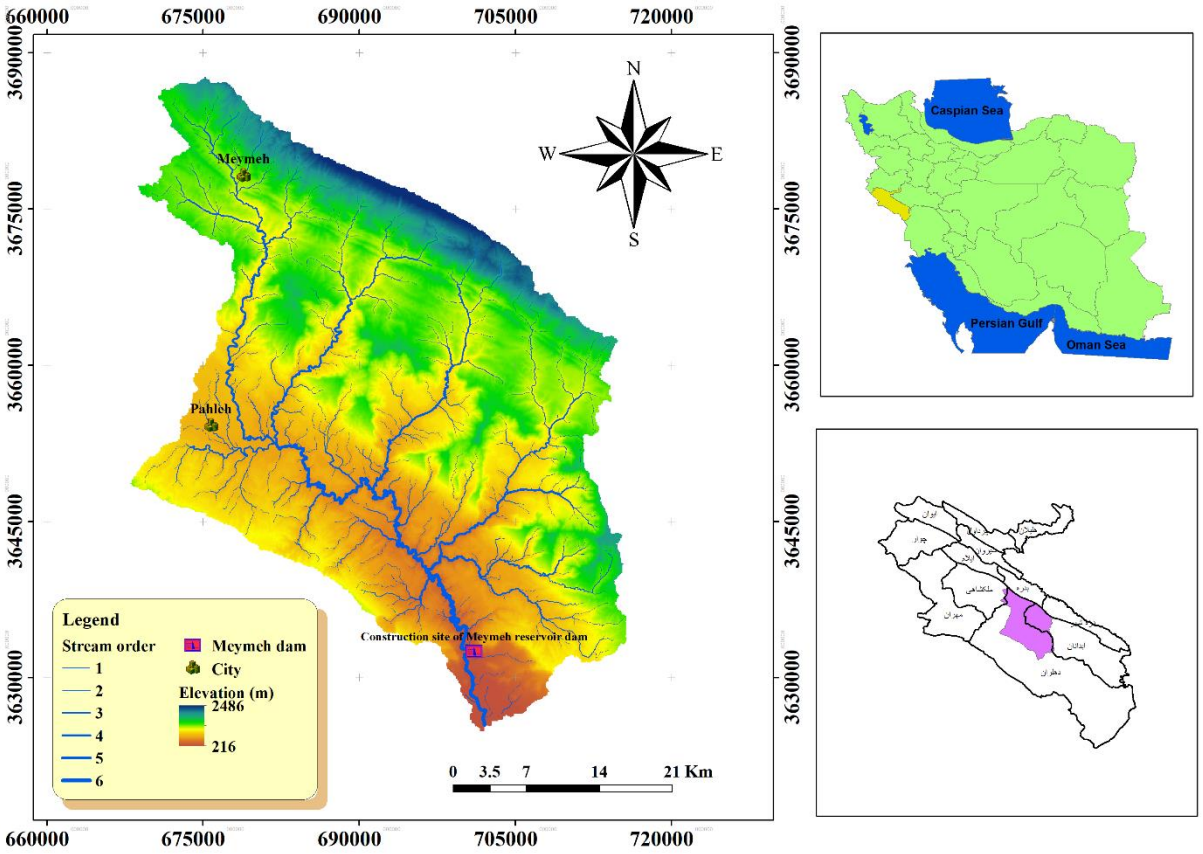
منطقه موردمطالعه

حوضه میمه در شهرستان دهلران در جنوب استان ایلام (بین عرض‌های جغرافیایی َ۱۹ °۳۲ تا َ۴۲ °۳۳ شمالی و طول جغرافیایی َ۱۸ °۴۶ و َ۴۷ °۴۶ شرقی) واقع شده است. این حوضه از دو ناحیه کوهستانی و تپه‌ماهور تشکیل شده و حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۲۱۶ و ۲۴۸۶ متر از سطح دریا است (شکل ۱). طول رودخانه اصلی حوضه مورد مطالعه ۱۱۵ کیلومتر است که از به‌هم پیوستن دو شاخه به نام‌های میمه و گوراب تشکیل می‌شود و سپس ۴ رودخانه فرعی به آن می‌ریزد که از بالادست به سمت پایین‌دست عبارت‌اند از خربزان، شهرامیر، ورازان و سرکده (ترکیب قده و سیول). این حوضه با مساحت ۱۶۳۳ کیلومترمربع بر اساس طبقه‌بندی هیدرولوژیکی به ۱۰ زیرحوضه تقسیم می‌شود.

براساس روش طبقه بندی اقلیم دمارتن، این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک با میانگین بارندگی سالانه ۴۳۳ میلی‌متر است. بخش عمده بارندگی منطقه در فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد و میانگین دمای سالانه هوا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است. سازندهای عمده زمین‌شناسی حوضه عبارت‌اند از گچساران (Gs)، پابده (Pd)، سروک (Sv)، آسماری (As)، رسوبات کواترنر (Qt)، بخش امام حسن (Ehm)، پابده-گورپی (Pd-

Gu)، آغاجاری (Aj) و کمتر از ۵ درصد سایر سازندها (Ilam Regional Water Company, 2021).

حوضه میمه با انواع کاربری اراضی مختلف شامل زمین‌های کشاورزی، مناطق شهری (حدود ۴ درصد مساحت) و مرتع و جنگل (بیش از ۹۵ درصد مساحت) مشخص می‌شود. همچنین دارای ۲ شهر و ۲۶ روستا و ۱۱۱۶۰ نفر جمعیت می‌باشد (Ilam Regional Water Company, 2021).



شکل ۱- موقعیت حوضه موردمطالعه در ایلام و ایران

Figure 1- Location of the study area in Ilam and Iran

مدل SWAT+

در طول ۲۰ سال گذشته، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT) به‌طور گسترده در سراسر جهان، مورداستفاده قرار گرفته است. مدل SWAT یک مدل بر پایه پیچیدگی‌های فیزیکی است و برای آزمایش و پیش‌بینی چرخه آب و رسوب و تولیدات کشاورزی با مصرف کودهای شیمیایی در حوضه‌های فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری طراحی شده است. این مدل در انجام شبیه‌سازی‌های طولانی‌مدت کارآمد است. این مدل کل حوضه را به حوضه‌های فرعی تقسیم می‌کند که بیشتر به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU[1]) بر اساس کاربری زمین، پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک تقسیم می‌شوند. داده‌های بارش روزانه، حداکثر و حداقل دمای هوا، تابش خورشیدی، رطوبت نسبی هوا و سرعت باد ورودی‌های مورداستفاده در این مدل هستند و قادر به توصیف گردش آب و رسوب می‌باشد (Gayathri *et al.*, 2015). در SWAT+ به‌عنوان نسخه‌ای کاملاً اصلاح‌شده از مدل SWAT،

1. Hydrological Response Unit

فعل‌وانفعالات و فرآیندهای درون یک حوزه آبخیز به‌عنوان ماژول‌های مستقل بازسازی شده‌اند به‌طوری‌که خطاهای آن کمتر و توسعه آن نیز بسیار آسان‌تر است. علاوه بر مدل‌سازی جدید، پیشرفت‌های کلیدی نیز برای افزایش عملکرد مدل وجود دارد. به‌عنوان‌مثال، عملکردهای جدید سفره‌های آب زیرزمینی و دستورالعمل بهره‌برداری مخزن (منحنی فرمان) در SWAT+ موجود است. سفره‌های آب به‌طور انحصاری در HRUها کنترل می‌شوند و مرزهای آبخوان مربوطه را می‌توان به‌صورت انعطاف‌پذیر و بدون پیروی از محدودیت‌های HRU تعریف کرد (Bieger *et al.*, 2017). یکی از موانع و محدودیت‌های اولیه مدل SWAT، در مورد عملکرد مخزن می‌باشد. با توجه به اینکه مدلSWAT یک مدل نیمه‌توزیعی است، امکان تعریف تمام سازه‌ها به‌صورت مجزا نیست؛ بنابراین حجم ذخیره تمامی سازه‌های موجود در هر زیرحوضه با هم جمع شده و به‌عنوان یک مخزن یکپارچه در انتهای هر زیرحوضه تعریف می‌شود. همچنین رهاسازی مخازن ممکن است نقش مهمی در پاسخ‌های حوزه‌های آبخیز داشته باشد، به‌ویژه برای حوضه‌هایی که مساحت نسبتاً بزرگ‌تری دارند. کاربران می‌توانند قوانین عملیات دقیقی را بدون زحمت در SWAT+ اختصاص دهند تا خروجی‌های شبیه‌سازی مخزن به روال عملیات واقعی بسیار نزدیک‌تر باشد (Yen *et al.*, 2019). همچنین ماژول‌های مکانی دیگری با عملکردهای مشخص در مدل SWAT+ در مقایسه با SWAT وجود دارد: (۱) خروجی‌ها، می‌توانند برای افزودن یا حذف آب از حوضه استفاده شوند. (۲) کانال‌ها می‌تواند برای انجام انحراف آب در میان مناطق آبیاری استفاده شود. (۳) پمپ‌ها را می‌توان در هر آبخوان به نقاط مکانی مشخص اضافه کرد و (۴) حقابه‌ها، می‌تواند با سهم‌های متفاوتی از تقاضای آب اختصاص یابد (Yen *et al.*, 2019).

واسنجی مدل

بر اساس منابع موجود برای واسنجی مدل SWAT+ تا زمان انجام این پژوهش ۵ روش معرفی شده است که شامل واسنجی دستی با استفاده از امکانات داخل SWAT+، نرم‌افزار SWAT+ Toolbox، ابزار IPEAT+، محیط R-SWAT و SWATplus-CUP می‌باشند. در این پژوهش ابتدا تلاش شد مدل با استفاده از روش واسنجی دستی و استفاده از امکانات SWAT+واسنجی شود. برای این کار پارامترهای موردنظر در تکرارهای فراوان (حدود ۲۰۰ تکرار) تغییر و مدل اجرا گردید اما تغییری در نتایج مدل حاصل نشد و تمام راه‌های ممکن برای حل مشکل این روش بررسی گردید اما درنهایت نتایج مناسبی به دست نیامد. با توجه به کارا نبودن روش واسنجی دستی در این حوضه، تصمیم به استفاده از نرم‌افزار SWAT+Toolbox جهت واسنجی به کار گرفته شد که فاقد خطا و اشکال بود و عملیات واسنجی با استفاده از آن صورت گرفت.

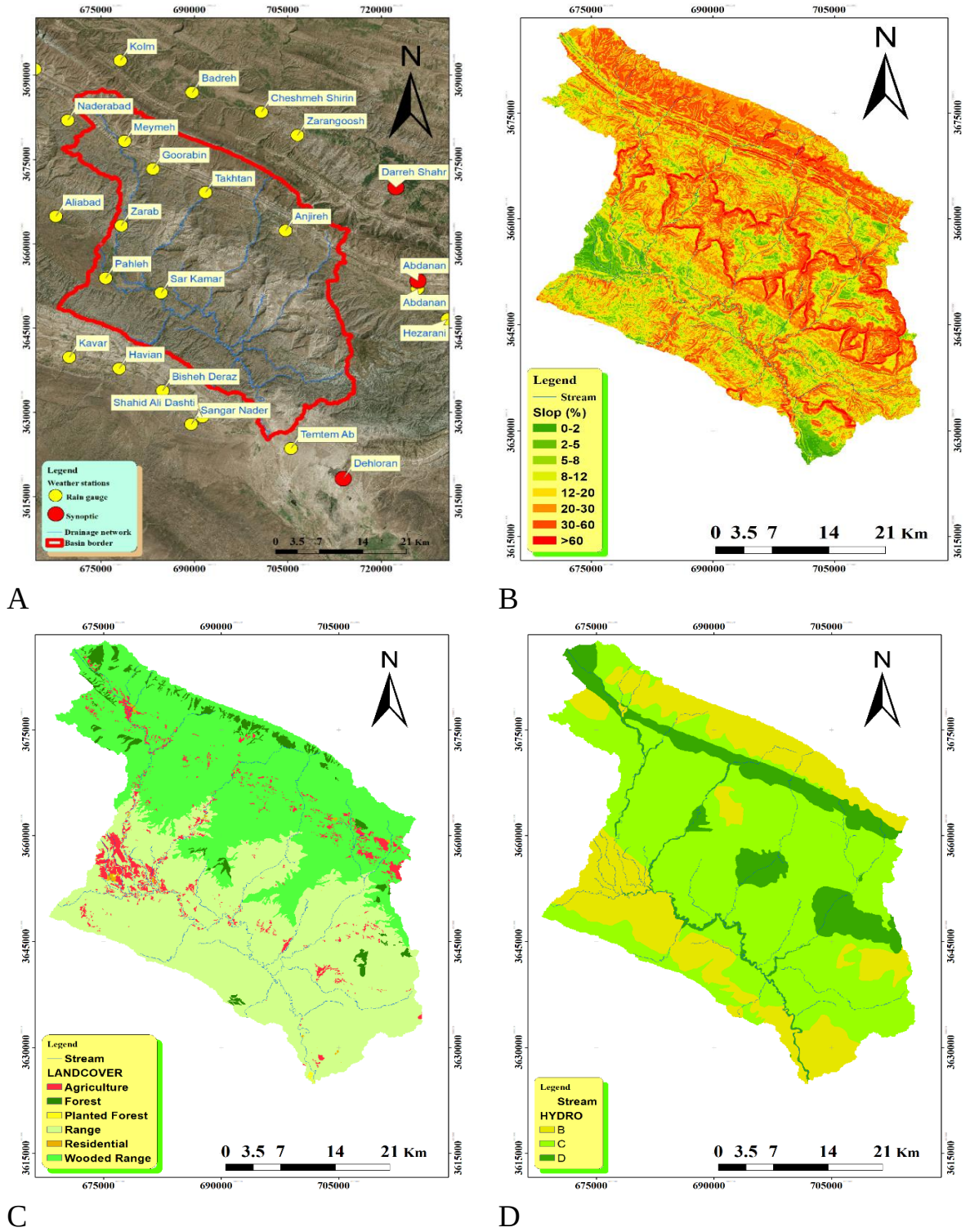
جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های موردنیاز این تحقیق شامل داده‌های هواشناسی حوضه و مناطق اطراف آن، داده‌های تاریخی و ثبت‌شده جریان رودخانه میمه، مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، نقشه‌های خاک و زمین‌شناسی است. داده‌های هواشناسی دو ایستگاه سینوپتیک واقع در اطراف حوضه و ۲۰ ایستگاه باران‌سنجی در داخل و اطراف حوضه از سازمان‌های دولتی اخذ شد. داده‌های تاریخی و مشاهده‌ای جریان روزانه در ایستگاه هیدرومتری پل میمه واقع در خروجی حوضه نیز از پایگاه‌های داده موجود استخراج شده است (جدول ۱ و شکل ۲ (الف)). پس از بررسی اولیه داده‌های هیدرومتری و هواشناسی، با توجه به محدودیت‌های کمی و کیفی داده‌ها، یک دوره آماری ۱۱ ساله (۲۰۲۰-۲۰۱۰) انتخاب شد که مطابق با روش مطالعات متعدد و مشابه که ۵۰ تا ۷۰ درصد داده‌ها در ابتدای دوره، برای واسنجی و باقیمانده را برای اعتبارسنجی اختصاص داده‌اند، ۹ سال ابتدایی دوره برای مرحله واسنجی مدل (۲۰۱۸ - ۲۰۱۰) و ۲ سال پایانی آن (۲۰۲۰ - ۲۰۱۹) نیز برای مرحله اعتبارسنجی استفاده شد.

نقشه DEM حوضه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۲۰ متری تهیه شد و با استفاده از آن، نقشه شیب تولید گردید (شکل ۲ (ب)). نقشه کاربری اراضی با بهره‌گیری از نقشه‌های تهیه‌شده مطالعات پیشین، در محیط GIS تهیه شد (Ilam Regional Water Company, 2021). به‌منظور اعتبارسنجی نقشه کاربری اراضی تهیه‌شده، از تصاویر ماهواره‌ای و همچنین بازدیدهای میدانی و تطبیق اطلاعات استفاده شد (شکل ۲ (ج)). بر این اساس، بیش از ۹۳ درصد منطقه مرتع (مشجر و غیرمشجر) و ۲/۶ درصد جنگل (طبیعی و دست‌کاشت) می‌باشد و کاربری‌های کشاورزی (زراعت و باغداری) و مسکونی در حدود ۴ درصد مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. برای تهیه نقشه خاک حوضه، سه طبقه خاک تعریف و برای تکمیل اطلاعات خاک مانند بافت خاک و هدایت هیدرولیکی، نقشه‌های تهیه‌شده در مطالعات قبلی (مطالعه و طراحی شبکه پایش کیفیت منابع آب حوضه آبریز دهلران، انجام‌شده توسط شرکت آب منطقه‌ای ایلام)، اطلاعات پروفیل‌های حفرشده و نرم‌افزار SHPC استفاده شد (شکل ۲ (د)).

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری
Table 1- Characteristics of weather and hydrometric stations

ردیف	نام ایستگاه	نوع	مختصات جغرافیایی			متوسط بارش سالانه (mm)	سال تأسیس
			طول جغرافیایی (درجه اعشاری)	عرض جغرافیایی (درجه اعشاری)	ارتفاع (m)		
1	جاده دهلران	هیدرومتری	47.156	32.743	240	----	1960
2	دهلران	سینوپتیک	47.281	32.681	232	240	1987
3	آبدانان	سینوپتیک	47.418	32.996	916	580	2005
4	آبدانان	باران‌سنجی	47.417	32.983	916	589	1987
5	انجیره	باران‌سنجی	47.192	33.081	1355	531	1997
6	بیشه دراز	باران‌سنجی	46.975	32.827	358	290	1990
7	پهله	باران‌سنجی	46.882	33.009	768	479	1989
8	تختان	باران‌سنجی	47.056	33.144	1080	614	1989
9	تماتم	باران‌سنجی	47.193	32.731	241	226	1999
10	زراب	باران‌سنجی	46.910	33.093	890	431	1998
11	سرکمر	باران‌سنجی	46.976	32.984	653	386	1999
12	سنگر نادر	باران‌سنجی	47.023	32.772	344	244	1999
13	شهید علی دشتی	باران‌سنجی	47.042	32.784	368	286	1999
14	علی آباد	باران‌سنجی	46.798	33.110	707	341	1997
15	کاور	باران‌سنجی	46.817	32.883	367	251	1999
16	گورابین	باران‌سنجی	46.967	33.183	1098	406	1999
17	نادرآباد	باران‌سنجی	46.822	33.264	1337	562	1998
18	میمه	باران‌سنجی	46.919	33.229	1097	530	1995
19	هاویان	باران‌سنجی	46.902	32.864	433	376	1996



شکل ۲- نقشه‌های منطقه مورد مطالعه: (a) موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی (b) طبقات شیب حوضه (c) کاربری اراضی حوضه (d) گروه‌های هیدرولوژی خاک

Figure 2- Maps of the study area; (a) Location of weather stations (b) Watershed slope classes (c) Land use of the watershed (d) Soil hydrological groups

معیارهای ارزیابی عملکرد مدل

آماره‌های زیر به‌طور گسترده در مطالعات هیدرولوژیکی برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده می‌شود: ضریب تعیین (R^2) و نش ساتکلیف (NSE). انتخاب شاخص آماری چندگانه «احتمال تفسیر ترکیبی، عملکرد مدل را افزایش می‌دهد» (Tudose et al, 2021). ضریب

تعیین میزان هم‌خطی بودن مقادیر شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌شده را منعکس می‌کند و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود. این شاخص بین صفر و ۱ است که در آن صفر هیچ همبستگی را توصیف نمی‌کند، درحالی‌که ۱ تطابق کامل را نشان می‌دهد:

رابطه (۱)
$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Qsim}_i - \mathrm{Qsim}_m)(\mathrm{Qobs}_i - \mathrm{Qobs}_m)]^2}{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Qsim}_i - \mathrm{Qsim}_m)^2 \sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Qobs}_i - \mathrm{Qobs}_m)^2}$$

که در آن Qobs: دبی اندازه‌گیری شده، Qsim: دبی شبیه‌سازی‌شده، $\mathrm{Qobs_m}$: میانگین دبی اندازه‌گیری شده و $\mathrm{Qsim_m}$: میانگین دبی شبیه‌سازی‌شده است.

ضریب NSE تناسب ۱:۱ بین مقادیر مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده را با استفاده از رابطه (۲) برجسته می‌کند:

رابطه (۲)
$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{Qobs}_i - \mathrm{Qsim}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left[\mathrm{Qobs}_i - {}^1\!/_n \sum_{i=1}^{n}\mathrm{Qobs}_i\right]^2} MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)$$

که در آن Qsim دبی شبیه‌سازی‌شده و Qobs دبی اندازه‌گیری‌شده است.

میانگین خطای مطلق (MAE[1])، معیاری است که برای ارزیابی عملکرد مدل‌های رگرسیونی در یادگیری ماشین به کار گرفته می‌شود. عمده کاربرد میانگین خطای مطلق در سنجش دقت پیش‌بینی‌ها است. در محاسبه این معیار از تفاضل مطلقِ میان داده‌های حقیقی و پیش‌بینی‌شده، میانگین گرفته می‌شود. به‌طورمعمول زمانی از MAE استفاده می‌شود که بخواهیم کیفیت پیش‌بینی‌ها را نسبت به اندازه مطلق و نه اندازه نسبی آن‌ها ارزیابی کنیم. همان‌طور که از نام آن نیز مشخص است، در میانگین خطای مطلق یا MAE از قدر مطلق خطاهای مدل میانگین گرفته می‌شود. فرمول محاسبه MAE به‌صورت رابطه ۳ است:

رابطه (۳)
$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|x_i - x|$$

که در آن، n: تعداد کل نمونه‌ها، x_i: مقادیر پیش‌بینی‌شده و x: مقادیر حقیقی می‌باشد.

شاخص میانگین خطای اریب (MBE[2])، میانگین انحراف مقدار برآوردی از مقدار مشاهده‌ای است، مقدار این شاخص هرچه به صفر تمایل داشته باشد نشان‌دهنده تخمین بهتر مدل در برآورد مقادیر متغیر موردنظر است. به عبارتی این شاخص کارایی مدل را در برآورد مقادیر نشان می‌دهد. اگر مقدار شاخص بزرگ‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده این است که مدل متغیر موردنظر را بیشتر تخمین زده است و اگر کوچک‌تر از صفر باشد نشان‌دهنده این است که میزان متغیر توسط مدل کمتر تخمین زده است و اگر مقدار شاخص برابر صفر باشد نشانگر عدم وجود خطا است. فرمول محاسبه MBE به‌صورت رابطه ۴ است:

رابطه (۴)
$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - x)$$

که در آن n: تعداد کل نمونه‌ها، x_i: مقادیر پیش‌بینی‌شده و x: مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد.

نتایج

بر اساس نتایج اولین اجرای مدل با پارامترها و ضرایب پیش‌فرض، ضریب NSE و R^2 به ترتیب ۰/۳۸- و ۰/۳۹ به دست آمد. با توجه به مقادیر تابع هدف در این مرحله، مشخص شد که مدل SWAT+ فاقد دقت برای شبیه‌سازی رواناب حوضه است، بنابراین عملیات واسنجی برای بهبود دقت آن ضروری است (شکل‌های ۳ و ۴). برای مرحله واسنجی، ده ضریب و پارامتر مؤثر بر رواناب حوضه به همراه محدوده مجاز تغییرات آن‌ها (به لحاظ نظری) وارد مدل شدند و در طی ۲۰۰۰ تکرار، واقعی و بهینه شدند (جدول ۲). در این مرحله دقت شبیه‌سازی با استفاده از ضرایب NSE و R^2 بین داده‌های مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت. جدول (۳) مقادیر توابع ارزیابی مدل را در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد.

مقایسه نتایج دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد که مدل SWAT+ در دوره اعتبارسنجی نسبت

1. Mean Absolute Error

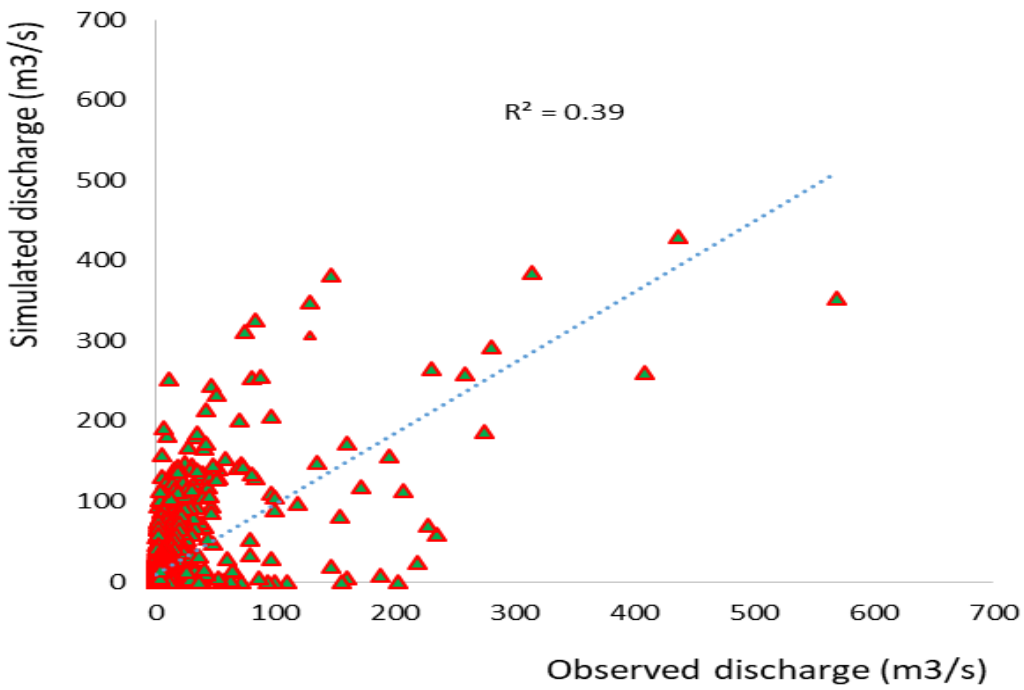
2. Mean Bias Error

به دوره واسنجی عملکرد بهتری داشته است. به‌منظور ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی دبی پایه و دبی پیک و همچنین بررسی سازگاری زمانی آن‌ها با داده‌های مشاهده‌شده، نمودارهای پراکندگی و سری زمانی مقادیر جریان روزانه مشاهده‌شده و شبیه‌سازی‌شده برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی ترسیم شد (شکل‌های ۵ تا ۸).

جدول ۲- مقادیر بهینه‌شده پارامترهای تعیین‌شده به‌منظور منطقه‌ای نمودن مدل SWAT+ در فرآیند واسنجی

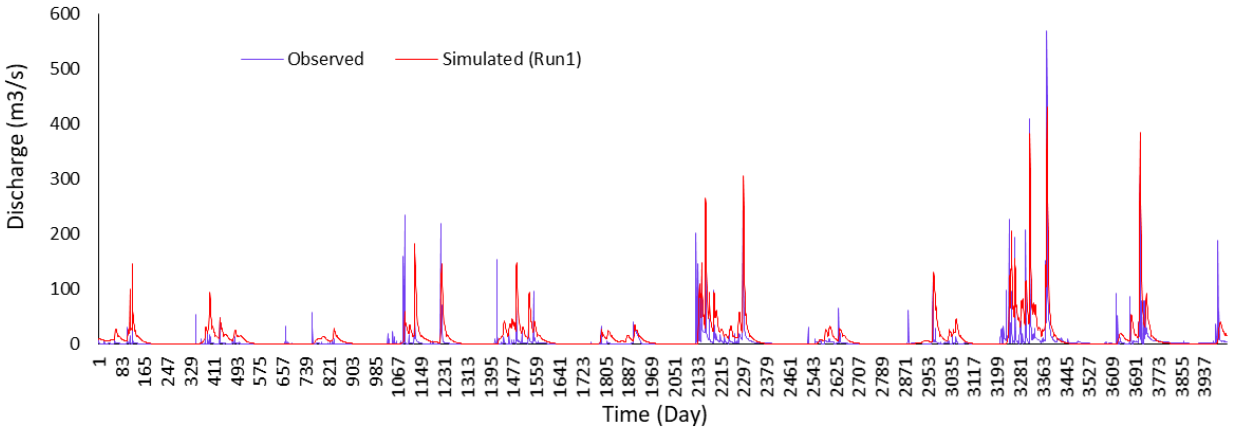
Table 2- The optimized values of the parameters to localize the SWAT+ model in the calibration process.

ردیف	نام پارامتر	واحد اندازه‌گیری	نوع تغییرات	مقدار بهینه	مقدار حداقل	مقدار حداکثر
1	CN2.hru		نسبی	13.867	-60	15
2	ALPHA.aqu	روز	مطلق	0.898	0	1
3	CH_N.rte		نسبی	-59.977	-60	60
4	CH_K.rte	mm/hr	نسبی	5.853	-40	40
5	AWC.sol	mm-H2O/mm	نسبی	31.2	-40	40
6	K.sol	mm/hr	نسبی	-95.620	-300	40
7	ESCO.hru		نسبی	-54.320	-60	60
8	REVAP_MN.aqu	m	مطلق	6.912	0	50
9	REVAP_CO.aqu		مطلق	0.079	0.02	0.2
10	SURLAG.bsn	روز	مطلق	4.38	0.05	24



شکل ۳- همبستگی داده‌های جریان روزانه شبیه‌سازی‌شده و مشاهده‌ای پیش از واسنجی مدل.

Fiure. 3- Correlation between observed and simulated daily flow data before calibration



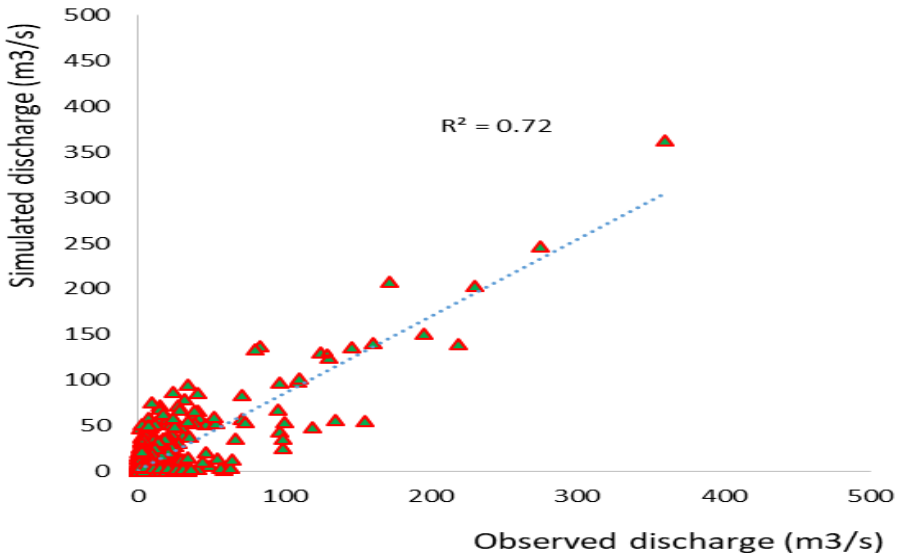
شکل ۴- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده پیش از واسنجی مدل (۲۰۲۰ – ۲۰۱۰)

Figure 4- Observed and simulated flow hydrograph before model calibration (2010 to 2020)

جدول ۳- دقت مدل‌سازی در اجرای اول، مرحله واسنجی و مرحله اعتبارسنجی

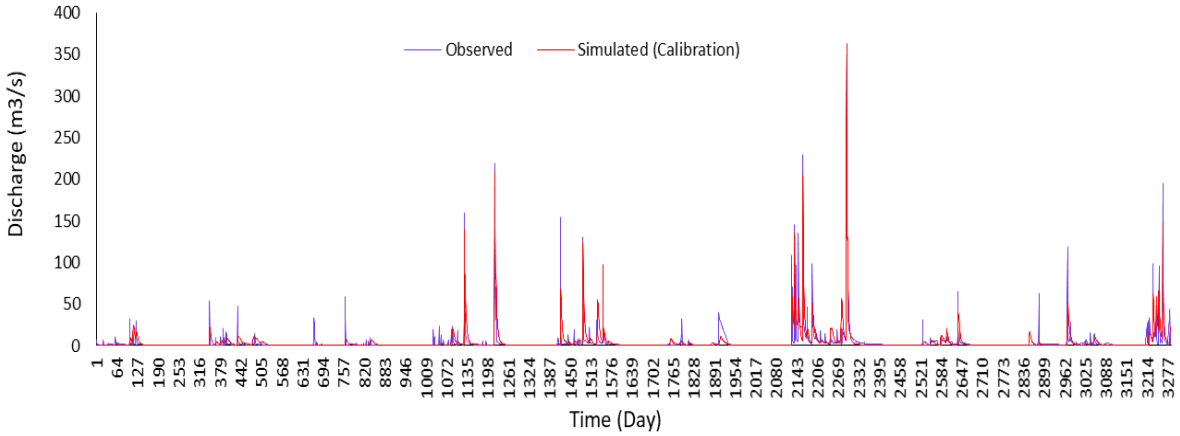
Table 4- Model accuracy in first run, calibration and validation periods

توابع هدف (شاخص‌های ارزیابی	اولین اجرا با داده‌های پیش‌فرض (دوره ۲۰۲۰ – ۲۰۱۰ میلادی)		مرحله واسنجی (دوره ۲۰۱۸ – ۲۰۱۰ میلادی)		مرحله صحت سنجی (دوره ۲۰۲۰ – ۲۰۱۹ میلادی)	
مدل)	مشاهده‌ای	شبیه‌سازی‌شده	مشاهده‌ای	شبیه‌سازی‌شده	مشاهده‌ای	شبیه‌سازی‌شده
حداقل (m^3/s)	0	0.04	0	0	0.02	0.00
حداکثر (m^3/s)	569	430	360	363	569	432.4
متوسط (m^3/s)	5.02	13.46	3.67	4.25	10.49	10.87
(R^2)	0.39		0.72		0.78	
(NS)	-0.38		0.70		0.77	
MAE	11.1		2.97		7.6	
MBE	8.4		0.58		0.37	



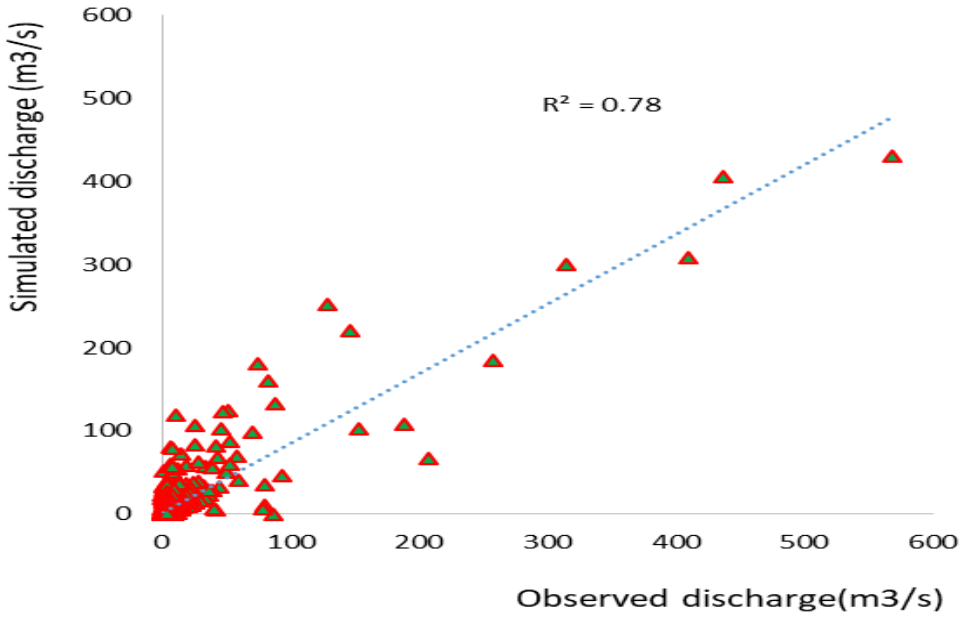
شکل ۵- همبستگی بین داده‌های جریان روزانه مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله واسنجی (۲۰۱۸-۲۰۱۰)

Fiure. 5- Correlation between observed and simulated daily flow data in the calibration period (2010 to 2018)



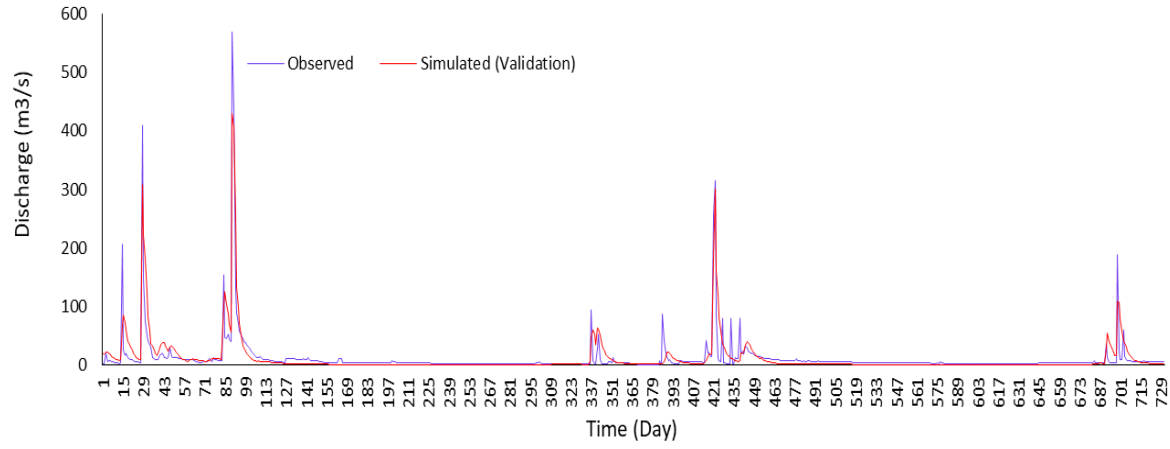
شکل ۶- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در مرحله واسنجی (۲۰۱۸-۲۰۱۰)

Figure 6- Observed and simulated flow hydrograph in the calibration period (2010 to 2018)



شکل ۷- همبستگی بین داده‌های جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در دوره اعتبارسنجی (۲۰۲۰-۲۰۱۹).

Figure 7- Correlation between observed and simulated daily flow in the validation period (2019 to 2020)



شکل ۸- هیدروگراف جریان مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده در دوره اعتبارسنجی (۲۰۲۰-۲۰۱۹)

Figure 8- Observed and simulated flow hydrograph in the validation period (2019 to 2020)

بحث

عوامل متعددی در دقت نتایج مدل‌سازی دخیل هستند. برخی از این عوامل مربوط به شرایط محیطی منطقه موردمطالعه و صحت اطلاعات جمع‌آوری‌شده و دسته دیگر مربوط به نقاط ضعف مدل در شبیه‌سازی هستند. تحقیق حاضر نشان داد که بین داده‌های شبیه‌سازی‌شده توسط مدل SWAT+ با داده‌های مشاهده‌شده در حوضه، همبستگی مطلوبی وجود دارد؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که این مدل در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی منطقه موردمطالعه عملکرد خوبی داشته است (Moriasi et al., 2007). این مدل زمان پیک دبی‌ها را به‌درستی شناسایی کرده است. همچنین نوسانات روزانه جریان رودخانه به‌درستی مدل‌سازی شده است. از نقطه‌نظر گرافیکی، مقایسه نمودارهای سری زمانی در طول دوره اعتبارسنجی نشان می‌دهد که مدل SWAT+ جریان‌های پیک و پایه را نزدیک به مقادیر واقعی، اما اغلب دبی‌های پیک را کمتر تخمین زده است. بر اساس مقادیر شاخص‌های ارزیابی و مقایسه با پژوهش‌های مشابه (Moriasi *et al.*, 2007) و با توجه از انتظارات از یک مدل در شبیه‌سازی پدیده‌های پیچیده طبیعی، به‌طورکلی، مدل، عملکرد خوبی داشته است و دبی‌های حداکثر آن با رویدادهای بارش که داده‌های دقیق‌تری نسبت به داده‌های دبی هستند تناسب زمانی بسیار خوبی دارند اما در مواردی، بین دبی‌های حداکثر مشاهده‌ای و رویدادهای بارش تناسب زمانی دیده نمی‌شود که این نشان‌دهنده خطا در ثبت داده‌های حدی دبی می‌باشد. همچنین ازآنجاکه داده‌های حدی دبی با تخمین محاسبه می‌شوند باعث خطا در برآورد مقادیر دقیق آن‌ها شود. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد مدل SWAT+ در سال ۲۰۱۷ معرفی شده است و مرور منابع نشان می‌دهد که تاکنون مطالعات زیادی در ارتباط با عملکرد آن صورت نگرفته و مطالعات انجام‌شده انگشت‌شمار می‌باشد که در ادامه نتایج برخی از آن‌ها با نتایج تحقیق حاضر مقایسه شده است:

Kakarndee و Kositsakulchai (۲۰۲۰)، مدل SWAT و SWAT+ را برای شبیه‌سازی جریان یک رودخانه با کاربری شالیزار در بالادست در شمال شرق تایلند مقایسه نمودند. آن‌ها در مطالعه خود از داده‌های آماری ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۷ استفاده نمودند. بر اساس نتایج، ضرایب R^2 و NSE کمتر از ۰/۵۰ به دست آمد که از نظر ایشان خروجی مدل‌ها، با داده‌های پیش‌فرض رضایت‌بخش نبوده است. این نتیجه با نتایج اولین اجرای مدل در این تحقیق که با داده‌ها و ضرایب پیش‌فرض مدل انجام گرفت منطبق می‌باشد.

Bieger و همکاران (۲۰۱۷) با یک رویکرد هیدروپدولوژیکی جریان رواناب را در یک حوضه در آفریقای جنوبی با استفاده از مدل SWAT+ شبیه‌سازی نمودند و مقادیر R^2 و NSE را به‌ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۸۰ به دست آوردند. ایشان موفقیت شبیه‌سازی را خوب توصیف و تأکید کردند که در این مدل‌سازی از داده‌های ورودی و مشاهداتی دقیق استفاده نموده‌اند. مقایسه شاخص‌های ارزیابی مطالعه ایشان با تحقیق حاضر نشان می‌دهد که عملکرد مدل در آن مطالعه بهتر بوده است که این می‌تواند به علت استفاده ایشان از داده‌های دقیق باشد اما نکته‌ای که وجود دارد این است که حتی باوجود داده‌های دقیق، شاخص‌های ارزیابی به حداکثر خود نرسیده‌اند که این موضوع آشکار می‌کند که باید انتظارات از یک مدل در پیش‌بینی پدیده‌های پیچیده طبیعی را تعدیل نمود.

Tigabu (۲۰۲۴)، از مدل SWAT+ برای پیش‌بینی بخش‌های مختلف یک هیدروگراف جریان مدیریت‌شده در یک رودخانه در ایالت کالیفرنیا استفاده نمودند. ایشان بیان داشتند که مطالعات مختلف در سراسر جهان نشان داده‌اند که به‌روزرسانی مقادیر پارامتر مدل و به‌کارگیری توابع چندهدفه برای بخش‌های مختلف جریان می‌تواند قابلیت‌های پیش‌بینی مدل‌های هیدرولوژیکی را افزایش دهد که نیاز مدل به واسنجی در پژوهش حاضر، نتایج تحقیق ایشان را تأیید می‌نماید.

Sharma و همکاران (۲۰۲۴)، عملکرد مدل SWAT+ را در مدیریت زهکشی آب در یک حوزه آبخیز در شمال آلمان بررسی نمودند. ایشان در مطالعه خود دوره زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸ را مورد بررسی قرار دادند و دو سال ابتدایی دوره را (۲۰۱۷ - ۲۰۱۶) جهت واسنجی و سال پایانی دوره را (۲۰۱۸) جهت اعتبارسنجی مورداستفاده قراردادند. بر اساس نتایج، مقدار NSE در دوره واسنجی و اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۷۱ به دست آمد و عملکرد مدل، رضایت‌بخش ارزیابی گردید که هرچند شاخص NSE در پژوهش حاضر کمتر به دست آمده است اما با توجه به منابع موجود که مقدار بالاتر از ۰/۵۰ را رضایت‌بخش می‌دانند می‌توان نتیجه گرفت که نتیجه پژوهش حاضر با نتایج تحقیق ایشان نسبتاً منطبق می‌باشد.

Qoraqi و Delavar (۲۰۲۴)، تغییرات مؤلفه بیلان آب را با استفاده از مدل SWAT+ را در ۱۰ ایستگاه هیدرومتری حوضه طشک-بختگان در جنوب استان فارس در ایران بررسی نمودند. ایشان مقادیر شاخص NSE بیشتر از ۰/۲ و R^2 بیشتر از ۰/۵ که برای ایستگاه‌های هیدرومتری بررسی‌شده به دست آمده بود را مطلوب و قابل‌قبول ارزیابی نمودند. مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق ایشان نشان می‌دهد که مدل در تحقیق حاضر عملکرد بهتری نشان داده است. بررسی منابع نشان می‌دهد که عملکرد مدل SWAT در اغلب نقاط جهان در شبیه‌سازی جریان حوزه آبخیز رضایت‌بخش و قابل‌قبول بوده است اما تجربه ما در استفاده از مدل SWAT+ نقاط قوت آن را نسبت به مدل SWAT ازجمله ارائه نتایج به‌صورت گرافیکی، امکان تعریف کانال‌ها در حوزه آبخیز که دست محقق را برای ارزیابی سناریوهای مختلف بازتر می‌نماید، امکان تعریف خصوصیات دشت سیلابی که بر روی روندیابی جریان تأثیرگذار می‌باشد، انعطاف بیشتر مدل برای بررسی سناریوهای مختلف، رایگان بودن QGIS به‌عنوان رابط گرافیکی و روش‌های متنوع واسنجی مدل، آشکار نمود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اطلاعات موردنیاز مدل SWAT+، می‌توان از این مدل برای شبیه‌سازی رواناب در حوضه‌های آبخیز مناطق نیمه‌خشک و کوهستانی ایران استفاده کرد، هرچند عدم وجود نقشه‌های کاربری اراضی و خاک با دقت نامناسب بر نتایج اثر نامطلوب دارد و این امر بنا به نتایج این پژوهش و پژوهش‌های مشابه، ضرورت واسنجی مدل را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. همچنین با توجه به محدودیت کنونی تعداد داده‌های متناظر هواشناسی و دبی مشاهداتی، بررسی میزان تأثیر افزایش طول دوره واسنجی بر نتایج و عملکرد مدل، به‌عنوان یک موضوع تحقیقاتی برای آینده پیشنهاد می‌گردد.

References

Akoko, G., Le, T. H., Gomi, T., & Kato, T. (2021). A review of SWAT model application in Africa. *Water*, 13(9), 1313. https://doi.org/10.3390/w13091313

Alderman, K., Turner, L. R., & Tong, S. (2013). Assessment of the health impacts of the 2011 summer floods in Brisbane. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 7(4), 380–386. https://doi.org/10.1017/dmp.2013.42

Apollonio, C., Bruno, M. F., Iemmolo, G., Molfetta, M. G., & Pellicani, R. (2020). Flood risk evaluation in ungauged coastal areas: The case study of ippocampo (Southern Italy). *Water*, 12(5), 1466. https://doi.org/10.3390/w12051466

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., & Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association*, 34, 73–89. https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1998.tb05961.x

Bieger, K., Arnold, J. G., Rathjens, H., White, M. J., & Bosch, D. D., Allen, P. M., Volk, M., & Srinivasan, R. (2017). Introduction to SWAT+, a completely restructured version of the soil and water assessment tool. *Journal of the American Water Resources*

Marin, M., Clinciu, I., Tudose, N., Ungurean, C., Adorjani, A., Mihalache, A., Davidescu, A., Davidescu, S. O., Dinca, L., & Cacovean, H. (2020). Assessing the vulnerability of water resources in the context of climate changes in a small forested watershed using SWAT: A review. *Environmental Research*, 184, 109330. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109330

Mohammadinia, L., Ahmadi Marzaleh, M., & Peyravi, M. R. (2021). Report of field assessment in the flooded areas of Iran, 2019. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*, 6(2), 73–78. http://doi.org/10.32598/hdq.6.2.190.1

Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900. https://doi.org/10.13031/2013.23153

Paranjothy, S., Gallacher, J., Amlôt, R., Rubin, G. J., Page, L., Baxter, T., & Palmer, S. R. (2011). Psychosocial impact of the summer 2007 floods in England. *BMC Public Health*, 11, 145. https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-145

Petroselli, A., & Grimaldi, S. (2018). Design hydrograph estimation in small and fully ungauged basins: A preliminary assessment of the EBA4SUB framework. *Journal of Flood Risk Management*, 11, S197–S210. https://doi.org/10.1111/jfr3.12193

Rahmati, O., Zeinivand, H., & Besharat, M. (2016). Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. Geomatics, *Natural Hazards and Risk*, 7(3), 1000–1017. https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1045043

Rufino, P. R., Gücker, B., Faramarzi, M., Boëchat, I. G., Cardozo, F. d. S., Santos, P. R., Zanin, G. D., Mataveli, G., & Pereira, G. (2023). Evaluation of the SWAT model for the simulation of flow and water balance based on orbital data in a poorly monitored basin in the Brazilian Amazon. *Geographies*, 3(1), 1–18. https://doi.org/10.3390/geographies3010001

Samadi, A., Sadrolashrafi S. S., & Kholghi M. K. (2019). Development and testing of a

Association, 53(1), 115–130. https://doi.org/10.1111/1752-1688.12482

Gayathri, K. D., Ganasri, B.P., & Dwarakish. G.S. (2015). A review on hydrological models. *Aquatic Procedia*, 4, 1001–1007. https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.126

Ha, L., Bastiaanssen, W., van Griensven, A., van Dijk, A., & Senay, G. (2017). SWAT-CUP for calibration of spatially distributed hydrological processes and ecosystem services in a Vietnamese river basin using remote sensing. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. https://doi.org/10.5194/hess-2017-251

Hadi Qoraqi, R., & Delavar, M. (2024). Investigating changes in water balance components using the SWAT+ model and determining the role of factors affecting them. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13(4), 1071–1092. https://doi.org/10.22059/jwim.2023.358050.1066

Hamidi Machekposhti, K., Sedghi, H., Telvari, A., & Babazadeh, H. (2017). Flood analysis in Karkheh River Basin using stochastic model. *Civil Engineering Journal*, 3(9), 794-808. http://dx.doi.org/10.21859/cej-030915

Ilam Regional Water Company. (2021). *Study and design of monitoring network for the quality of water resources in the Dehlran watershed*. (In Persian)

Jabbar, F. K., & Grote, K. (2020). Evaluation of the predictive reliability of a new watershed health assessment method using the SWAT model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 224. https://doi.org/10.1007/s10661-020-8182-9

Kakarndee, I., & Kositsakulchai, E. (2020). *Comparison between SWAT and SWAT+ for simulating streamflow in a paddyfield-dominated basin, northeast Thailand*. The 13th Thai Society of Agricultural Engineering International Conference (TSAE 2020). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018706002

Maite Meaurio, Zabaleta, A., Uriarte, J. A., Srinivasan, R., & Antigüedad, I. (2015). Evaluation of SWAT model performance to simulate streamflow spatial origin: The case of a small forested watershed. *Journal of Hydrology*, 525, 326–334. http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.050

rainfall-runoff model for flood simulation in dry mountain catchments: A case study for the Dez River Basin. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 109, 9–25. https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.07.003

Sanders, R., & Tabuchi, S. (2000). Decision support system for flood risk analysis for River Thames, United Kingdom. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 66(10), 1185–1193.

Sanderson, D., & Sharma, A. (2016). *IFRC World Disasters Report: Resilience – Saving lives today, investing for tomorrow. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC).*

Sharma, A., Mehan, S., McDaniel, R., Arnold, J., Trooien, T., Sammons, N., & Amegbletor, L. (2024). Assessing SWAT+ performance in simulating drainage water management and parameter transferability for watershed-scale applications. *Journal of Hydrology*, 637, 131338. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131338

Sorooshian, S., Hsu, K. L., Coppola, E., Tomassetti, B., Verdecchia, M., & Visconti, G. (Eds.). (2008). *Hydrological modelling and the water cycle: coupling the atmospheric and hydrological models* (Vol. 63). Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77843-1

Tan, M. L., Gassman, P. W., Yang, X., & Haywood, J. (2020). A review of SWAT applications, performance and future needs for simulation of hydro-climatic extremes. *Advances in Water Resources*, 143, 103662. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103662

Tigabu, T. B., Visser, A., Kadir, T., Abudu, S., Cameron-Smith, P., & Dahlke, H. E. (2024). Optimization of the SWAT+ model to adequately predict different segments of a managed streamflow hydrograph. *Hydrological Sciences Journal*, 69(9), 1198–1217. https://doi.org/10.1080/02626667.2024.2364714

Tudose, N. C., Marin, M., Cheval, S., Ungurean, C., Davidescu, S. O., Tudose, O. N., Mihalache, A. L., & Davidescu, A. A. (2021). SWAT model adaptability to a small mountainous forested watershed in Central Romania. *Forests*, 12, 860. https://doi.org/10.3390/f12070860

Van Tol, J., Bieger, K., & Arnold, J. G. (2021). A hydropedological approach to simulate streamflow and soil water contents with SWAT+. *Hydrological Processes*, 35(6), e14242. https://doi.org/10.1002/hyp.14242

Wagner, P. D., Bieger, K., Arnold, J. G., & Fohrer, N. (2022). Representation of hydrological processes in a rural lowland catchment in Northern Germany using SWAT and SWAT+. *Hydrological Processes*, 36, e14589. https://doi.org/10.1002/hyp.14589

Wondim, Y. K. (2016). Flood hazard and risk assessment using GIS and remote sensing in Lower Awash Sub-basin, Ethiopia. *Journal of Environment and Earth Science*, 6(9), 69-86. https://iiste.org/Journals/index.php/JEES/article/view/32924

Yen, H., Park, S., Arnold, J.G., Srinivasan, R., Chawanda, C.J., Wang, R., Feng, Q., Wu, J., Miao, C., Bieger, K., & Daggupati, P. (2019). IPEAT+: A built-in optimization and automatic calibration tool of SWAT+. *Water*, 11(8), 1681. https://doi.org/10.3390/w11081681

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 54-67 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2058858.1223 **Online ISSN: 2783-4581**

Spatial modeling of soil moisture using OLS and GWR regression models (Case study: Halilrud Watershed)

Shapour Kohestani[1*], Fahimeh Mirchooli[2], Elham Rafiei Sardooi[3]

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Kerman, Iran
2. Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Department of Ecological Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Kerman, Iran

*** Corresponding author: shapourkohestani@gmail.com**

(Received: 26 April 2025 Revised: 17 May 2025 Accepted: 21 May 2025)

Extended Abstract

Introduction: Although numerous studies have investigated the relationships between soil moisture and various environmental and climatic variables, the spatial relationship between soil moisture and these variables has not yet been fully identified. This is primarily because traditional statistical methods present parameter values as averages across the study area, thereby ignoring spatial variations in the relationships between soil moisture and independent variables. To overcome this limitation, it is necessary to use an appropriate spatial analysis approach. In this context, spatial statistical methods such as Ordinary Least Squares (OLS) and Geographically Weighted Regression (GWR) can be employed to model spatial relationships between different variables. The Halilrud Basin is a key agricultural region in Kerman Province, Iran, with the local economy heavily dependent on crop production. Soil moisture is a critical factor affecting agricultural drought. Therefore, this study aimed to estimate soil moisture in the Halilrud watershed using field observations and laboratory analyses, and to evaluate its spatial relationship with remotely sensed indices—specifically the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Land Surface Temperature (LST)—using OLS and GWR models.

Material and Methods: Soil moisture measurements were taken in the plains of the Halilrud watershed using a TDR device at a depth of 30 cm across 72 sampling points in May 2019. To prepare NDVI and LST maps, Landsat 8 (OLI) and MODIS (MOD11A1) satellite images from May 2019 were acquired and preprocessed. The NDVI and LST indices were then extracted. To assess the spatial relationship between soil moisture and each independent variable (NDVI, LST) as well as their combination, both GWR and OLS regression models were applied.

Results and Discussion: The results showed that the GWR model outperformed the OLS model based on evaluation criteria. The GWR model yielded R^2 values of 0.28 for LST, 0.44 for NDVI, and 0.58 when both variables were combined, indicating improved model performance. Additionally, the GWR model demonstrated higher efficiency across all scenarios due to lower AICc values and higher local and adjusted R^2 values. While the OLS model indicated a general correlation between soil moisture and the independent variables, the GWR model revealed that this relationship varies spatially. In particular, the northern regions of the watershed exhibited a stronger correlation between soil moisture and the independent variables. This spatial variability illustrates the advantage of the GWR model, which accounts for local variations in the relationships, unlike the OLS model that assumes a uniform relationship across the study area.

Conclusion: The maps generated in this study can be used to identify areas with significant increases or decreases in soil moisture, which is valuable for decision-making, watershed management, and irrigation planning in the agricultural sector. The methodology and objectives applied here can be extended to other watersheds, offering practical and research value. For future studies, it is recommended to include additional independent variables—such as topographic features and other satellite-derived indices—to identify the most influential factors affecting soil moisture.

Keywords: Land surface temperature, Soil moisture, Ordinary Least Squares regression, Geographical Weighted regression.

Citation: Kohestani., Sh., Mirchooli, F & Rafiei Sardooi, E. (2026). Spatial modeling of soil moisture using OLS and GWR regression models (Case study: Halilrud Watershed). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 54-67. doi= 10.22034/iwm.2025.2058858.1223

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۶۷-۵۴) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2058858.1223

مدل‌سازی مکانی رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های رگرسیون کلی و رگرسیون وزن دار جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز هلیل‌رود)

شاپور کوهستانی[1*]، فهیمه میرچولی[2]، الهام رفیعی ساردوئی[3]

۱-گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

۲. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳- گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، کرمان، ایران.

[*]نویسنده مسئول: shapourkohestani@gmail.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۲/۰۶ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۲/۲۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۲/۳۱)

چکیده مبسوط

مقدمه: اگرچه مطالعات متعددی به بررسی روابط بین رطوبت خاک و برخی متغیرهای محیط‌زیستی و اقلیمی پرداخته‌اند، اما هنوز تغییرات مکانی ارتباط رطوبت خاک با بسیاری دیگر از متغیرهای محیطی به‌طور کامل مشخص نمی‌باشد؛ زیرا این روش‌های آماری، مقادیر پارامترها را به‌صورت میانگین در سطح منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد و از تغییرات مکانی رابطه بین رطوبت خاک و متغیرهای مستقل چشم‌پوشی می‌کنند. ازاین‌رو، به‌کارگیری یک رویکرد مناسب برای رفع این محدودیت، ضروری است. در همین راستا، می‌توان روش‌های آمار مکانی برای مدل‌سازی روابط مکانی بین متغیرهای مختلف استفاده کرد. پرکاربردترین روش‌های آمار مکانی می‌توان به روش حداقل مربعات معمولی (OLS) و رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی (GWR) اشاره کرد. حوزه آبخیز هلیل‌رود یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی در استان کرمان و ایران بوده و اقتصاد محلی منطقه به آن بستگی دارد. رطوبت یکی از متغیرهایی است که بر خشکسالی کشاورزی تأثیرگذار می‌باشد؛ بنابراین، این پژوهش با هدف برآورد رطوبت خاک در حوزه آبخیز هلیل‌رود با استفاده از بازدید صحرایی و تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، ارزیابی ارتباط مکانی آن با شاخص‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور ازجمله شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص دمای سطح زمین (LST) با استفاده از مدل OLS و GWR انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، از دستگاه TDR در مناطق دشتی حوزه آبخیز هلیل‌رود استفاده شد. سنجش رطوبت خاک در ۷۲ نقطه (عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک) و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸ انجام شد. برای تهیه نقشه شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و دمای سطح زمین (LST)، ابتدا تصاویر ماهواره لندست ۸ (OLI) و مودیس (MOD11A1) منطقه موردمطالعه مربوط به اردیبهشت ۱۳۹۸ تهیه شد. سپس پیش‌پردازش‌های لازم برای تصاویر موردنظر انجام و شاخص‌ها استخراج گردید. برای ارزیابی ارتباط مکانی بین رطوبت خاک و هر یک از متغیرهای مستقل و همچنین ترکیب هر دو متغیر از مدل‌های رگرسیون وزنی جغرافیایی و مدل رگرسیون حداقل مربعات استفاده شد.

نتایج و بحث: نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که بر اساس معیارهای ارزیابی، مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی با R^2=۰/۲۸ برای متغیر مستقل LST، R^2=۰/۴۴ برای متغیر مستقل NDVI و R^2=۰/۵۸ برای ترکیب هر دو متغیر، دارای قدرت تبیین و برآورد بهتری نسبت به مدل رگرسیون کلی می‌باشد. همچنین مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی در تمامی حالت‌ها و در نظر گرفتن متغیرهای مختلف، به دلیل داشتن مقادیر کمتر AICc و مقادیر بالاتر R^2 و Adjusted R^2 عملکرد بهتری نسبت به مدل حداقل مربعات معمولی داشته است. اگرچه، نتایج مدل حداقل مربعات معمولی نشان داد که همبستگی بین رطوبت خاک و متغیرهای مستقل وجود دارد اما مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی تائید کرد که این ارتباط در نقاط مختلف، یکسان نمی‌باشد. به‌طوری‌که مناطق شمالی حوضه دارای ارتباط قوی‌تری بین تمامی متغیرهای مستقل و رطوبت خاک می‌باشند. یکی از دلایل برتری مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی می‌تواند این باشد که در مدل رگرسیون حداقل مربعات، رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته در کل منطقه یکسان است؛ اما در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی، روابط بین متغیرها در نقاط مختلف منطقه به‌طور جداگانه مدل‌سازی و بررسی می‌شود.

نتیجه‌گیری: با استفاده از نقشه‌های حاصل از این مطالعه می‌توان نقاط در معرض کاهش یا افزایش رطوبت خاک را در منطقه شناسایی کرد و برای بهبود فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت حوزه آبخیز و پیش‌بینی نیازهای آبیاری در بخش کشاورزی مورداستفاده قرار داد. به‌کارگیری روش و هدف مطالعه حاضر در سایر حوزه‌های آبخیز می‌تواند از نظر کاربردی و پژوهشی، اهمیت زیادی داشته باشد. به‌علاوه، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به‌منظور یافتن مهم‌ترین متغیر، برخی دیگر از متغیرهای مستقل ازجمله خصوصیات توپوگرافی و نیز دیگر شاخص‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای مورداستفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دمای سطح زمین، رطوبت خاک، رگرسیون حداقل مربعات معمولی، رگرسیون وزنی جغرافیایی.

استناد: کوهستانی، ش؛ میرچولی، ف و رفیعی‌ساردوئی، الف. (۱۴۰۴). مدل‌سازی مکانی رطوبت خاک با استفاده از مدل‌های رگرسیون کلی و رگرسیون وزن دار جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز هلیل‌رود). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۶۷-۵۴.

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

رطوبت خاک[1] یکی از متغیرهای مهمی است که بر ابعاد مختلفی ازجمله کشاورزی، هیدرولوژیکی، خاک‌شناسی و محیط‌زیستی تأثیرگذار می‌باشد (Fathololoumi *et al*., 2020). از بُعد فیزیکی، رطوبت خاک بر خصوصیات هیدرولیکی خاک مؤثر بوده و به نوبه خود اثرات قابل‌توجهی بر نفوذ، رواناب سطحی و فرآیندهای فرسایش خاک دارد. از دیدگاه زیست‌زمین‌شناسی، رطوبت خاک، فعالیت میکروبی را کنترل می‌کند که خود بر فرآیندهایی نظیر تنفس، جریان CO_2، معدنی شدن و سایر تبادلات شیمیایی اثرگذار می‌باشد (Zucco *et al*., 2014). محققان نشان داده‌اند که بازخورد قوی بین خاک و آب و هوای منطقه وجود دارد. درنتیجه تهیه نقشه‌های رطوبت خاک با دقت بالا درک ما را از آب و هوای منطقه بهبود می‌بخشد (Tabatabaeenejad *et al*., 2019). بطور کلی، رطوبت خاک تحت تاثیر عوامل متعددی ازجمله کاربری اراضی، خصوصیات توپوگرافی، پوشش گیاهی، دمای خاک، بارش، دمای هوا و رطوبت نسبی می‌باشد (Felegari *et al*., 2022; Gemitzi *et al*., 2024). این خصوصیات در مکان بسیار متنوع‌اند و تغییرات مکانی رطوبت خاک در سطح وسیع به این عوامل وابسته است. اگرچه اخیراً تصاویر سنجش‌ازدور برآوردهای مناسبی از رطوبت خاک در سطح وسیع انجام داده‌اند اما در حال حاضر هیچ شبکه جهانی منظمی برای پایش رطوبت خاک وجود ندارد. روش‌های میدانی برآورد رطوبت خاک در سطح محلی دقت بالایی دارند اما برای یک منطقه وسیع، بسیار پرهزینه و زمان‌بر هستند. روش‌های معمول اندازه‌گیری رطوبت خاک در مقیاس زمانی و مکانی مناسب نیستند (Mekonnen, 2009). از مدل‌های مکانی و تصاویر سنجش‌ازدور می‌توان برای کاهش هزینه‌ها و کاهش زمان‌های بررسی استفاده کرد. برآوردهای رطوبت خاک از اطلاعات مستخرج از تصاویر سنجش‌ازدور به‌دلیل پوشش وسیع می‌تواند شرایط رطوبت سطحی و زیرسطحی خاک را در بازه‌های زمانی مختلف به‌صورت بهینه پایش کند (Ahmadi *et al*., 2022). همچنین با استفاده از متغیرها و مدل‌های مکانی می‌توان رطوبت خاک را برآورد کرد. شناخت و مدل‌سازی متغیرهای دخیل در رطوبت خاک می‌تواند گام اساسی جهت پیش‌بینی‌ها باشد.

در این راستا، پژوهش‌های مختلفی به بررسی توزیع و مدل‌سازی مکانی رطوبت خاک و بررسی عوامل مؤثر بر آن پرداخته‌اند (Xu *et al*., 2021; Rash *et al*., 2024). Niu و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی تغییرات مکانی و زمانی رطوبت خاک در چین به این نتیجه رسیدند که کاربری اراضی مهم‌ترین عامل مؤثر بر آن است که از طریق تبخیروتعرق، سرعت نفوذ و رواناب تأثیر می‌گذارد. تحقیق Yoshioka و همکاران (۲۰۱۷) در ژاپن نیز نشان داد که رطوبت و دمای خاک با یکدیگر ارتباط داشته و رطوربت خاک متأثر از آب نفوذ یافته باران است. دمای سطحی خاک، میزان بارندگی و دمای هوا ازجمله خصوصیات مؤثر و مورد بررسی در روش‌های برآورد رطوبت خاک هستند.

Malekinejad و همکاران (۲۰۲۴) در دشت جیرفت به ارزیابی توزیع مکانی و برآورد رطوبت سطحی خاک براساس شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین به دست آمده از تصاویر مودیس، پرداختند. آن‌ها از مدل حداقل مربعات معمولی[2] (OLS) برای برآورد رطوبت خاک استفاده کردند. نتایج رگرسیون حاکی از ضریب تبیین R^2=۰/۷۸، بود که نشان می‌دهد که شاخص‌های تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI[3]) و دمای سطح زمین (LST[4]) دارای ارتباط خوب و معنی‌داری با رطوبت خاک سطحی می‌باشند. اگرچه این مطالعات به بررسی روابط بین رطوبت خاک و برخی متغیرهای محیط‌زیستی و اقلیمی پرداخته‌اند؛

1. Soil Moisture
2. Ordinary Least Squares (OLS)
3. Normalized difference vegetation index
4. Land surface temperature

اما هنوز تغییرات مکانی ارتباط رطوبت خاک با متغیرهای موثر بر آن به‌طورکامل مشخص نمی‌باشد. زیرا اکثر این مطالعات، از روش‌های آمار کلاسیک و نیز الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل روابط متغیرهای موردنظر استفاده کرده‌اند. این در صورتی است که این روش‌های آماری، مقادیر پارامترها را به‌صورت میانگین در سطح منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد و از تغییرات مکانی رابطه بین رطوبت خاک و متغیرهای مستقل چشم‌پوشی می‌کند. از این‌رو، به‌کارگیری یک رویکرد مناسب برای رفع این محدودیت، ضروری است. در همین‌راستا، می‌توان روش‌های آمار مکانی برای مدل‌سازی روابط مکانی بین متغیرهای مختلف استفاده کرد (Zhao *et al*., 2018). از مهم‌ترین و پرکاربردترین روش‌های آمار مکانی می‌توان به مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی[1](GWR) اشاره کرد که امکان ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل تغییرات و ناهمگنی روابط مکانی بین متغیرهای مستقل و وابسته را فراهم کرده و تغییرات مکانی رابطه بین رطوبت خاک و متغیرهای مستقل را در نظر می‌گیرد (Mirchooli *et al*., 2020a). این مدل از مکان و محیط، مجاورت، فاصله، جهت‌گیری و روابط مکانی به‌طور مستقیم در محاسبات خود استفاده می‌کند.

با مرور مطالعات گذشته مشخص می‌شود که روش GWR در مطالعات رطوبت خاک کم‌تر موردتوجه قرار گرفته است. اگرچه از این روش در سایر موضوعات محیط‌زیستی ازجمله کربن آلی خاک (Mirchooli *et al*., 2020a)، دمای سطح زمین (Mirchooli *et al*., 2020b) و فرسایش خاک (Wen, 2020) استفاده شده است. اما استفاده از این مدل، در ارزیابی تغییرات ارتباط مکانی رطوبت خاک با متغیرهای محیط‌زیستی و سنجش‌ازدوری کم‌تر موردتوجه قرارگرفته است.

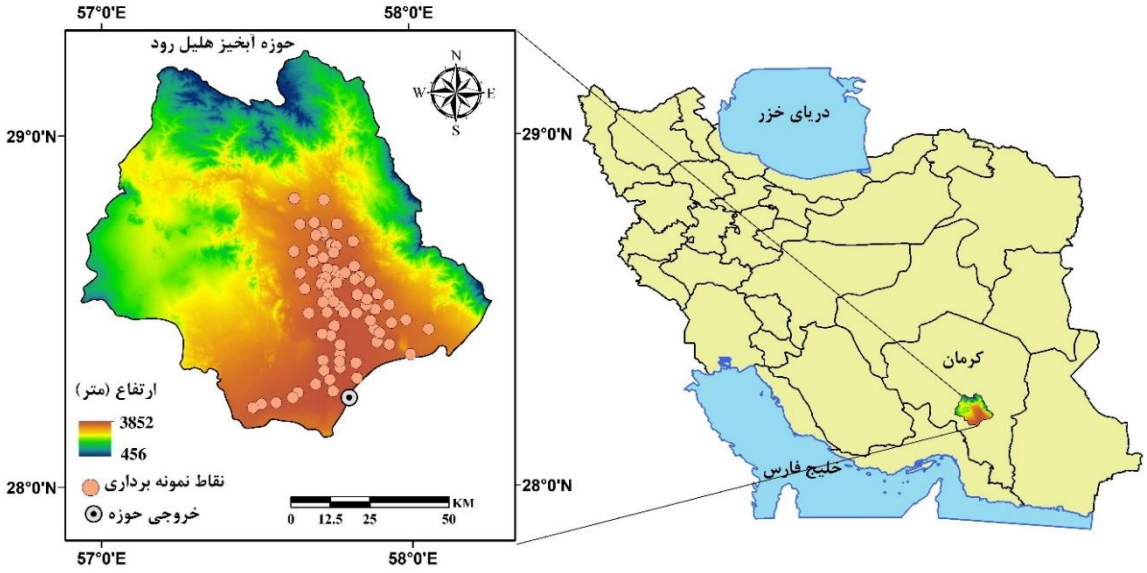
حوزه آبخیز هلیل‌رود یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی در استان کرمان و ایران بوده و اقتصاد محلی منطقه به آن بستگی دارد. رطوبت یکی از متغیرهایی است که بر خشکسالی کشاورزی تأثیرگذار می‌باشد. بنابراین، این پژوهش با هدف برآورد رطوبت خاک در حوزه آبخیز هلیل‌رود با استفاده از بازدید صحرایی و تجزیه‌وتحلیل آزمایشگاهی، ارزیابی ارتباط مکانی آن با شاخص‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور ازجمله شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی و شاخص دمای سطح زمین با استفاده از مدل OLS و GWR انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، حوزه آبخیز هلیل‌رود که در جنوب‌شرقی ایران در استان کرمان قرار دارد به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۱). این حوضه با مساحت ۹۲۰۴/۱۳ کیلومترمربع، از شاخه‌های حوزه آبخیز جازموریان است و آب سطحی را برای فعالیت‌های کشاورزی و تالاب جازموریان فراهم می‌کند. ارتفاع این منطقه از ۴۵۶ متر تا ۳۸۵۲ متر بالاتر از سطح دریا است. قسمت‌های بالایی و میانی حوضه شامل مناطق کوهستانی و قسمت‌های پایین‌دست مسطح و هموار می‌باشند. متوسط بارندگی سالانه منطقه از ۱۵۵/۱ تا ۴۲۵/۸ میلی متر و متوسط دمای سالانه منطقه از ۱۶/۷ تا ۲۵/۸ درجه سانتی‌گراد متغیر بوده و اقلیم منطقه خشک و نیمه‌خشک است. پوشش گیاهی منطقه شامل اراضی باغی، اراضی زراعی و مرتع می‌باشد. این حوضه یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی در ایران است و اقتصاد محلی منطقه به آن بستگی دارد (Rafiei-Sardooie *et al*., 2022).

1. Geographical Weighted Regression (GWR)



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه آبخیز هلیل‌رود در استان کرمان و ایران
Figure 1- Location of Halilrud watershed in Kerman Province, Iran

برداشت داده‌های رطوبت خاک

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، از دستگاه TDR[1] (انعکاس‌سنج زمانی) مدل IDRG SMS-T2 در مناطق دشتی حوزه آبخیز هلیل‌رود استفاده شد. سنجش رطوبت خاک در ۷۲ نقطه حوزه آبخیز هلیل‌رود، عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک و در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۸ انجام شد. قبل از کارگذاری حس‌گرهای رطوبت‌سنج در داخل خاک، به‌منظور واسنجی دستگاه، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه انتقال یافت. این دستگاه امکان اندازه‌گیری رطوبت خاک را به‌صورت حجمی (سانتی‌متر مکعب آب در سانتی‌مترمکعب خاک) فراهم می‌کند (Rezaei, 2009). شکل (۲) نمونه‌برداری خاک و انجام مراحل آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۲-تصاویری از نمونه برداری خاک و انجام مراحل آزمایشگاهی
Figure 2- Images of soil sampling and laboratory procedures

1. Time Domain Reflectometry

تهیه نقشه شاخص‌های مؤثر بر رطوبت خاک

شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI): برای تهیه این شاخص، ابتدا تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ منطقه مربوط به اردیبهشت ۱۳۹۸ از آرشیو داده‌های ماهواره لندست OLI تهیه شد. سپس پیش‌پردازش‌های لازم شامل تصحیحات رادیومتری و اتمسفری برای تصویر موردنظر انجام شد. سپس با استفاده رابطه (۱) شاخص گیاهی محاسبه شد (Rouse *et al*., 1974):

$$NDVI = \frac{P_{NIR} - P_{RED}}{P_{NIR} + P_{RED}} \qquad (۱)$$

که در آن P_{RED} باند قرمز و P_{NIR} باند مادون قرمز نزدیک است.

شاخص دمای سطح زمین (LST):

در این مطالعه جهت تهیه نقشه دمای سطح زمین از محصول MODIS (MOD11A1) مربوط به اردیبهشت ۱۳۹۸ با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر استفاده گردید. شکل ۳ توزیع مکانی شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) در حوزه آبخیز هلیل‌رود را نشان می‌دهد.

ارتباط مکانی رطوبت خاک و شاخص‌های محیط‌زیستی

رگرسیون حداقل مربعات معمولی: این نوع رگرسیون، نوعی رگرسیون خطی است که برای پیش‌بینی کلی یا مدل‌سازی متغیر وابسته (در این مطالعه رطوبت خاک) با استفاده از مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل می‌باشد. فرض اصلی در این نوع روش رگرسیونی، ثابت در نظر گرفتن روابط و ضرایب رگرسیون در کل منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، نوع رابطه متغیرها با ارائه یک مدل رگرسیونی برای کل منطقه مشخص می‌شود. رابطه رگرسیونی در این مدل به‌صورت رابطه (۲) بیان می‌شود (Fotheringham *et al*., 2002):

$$R_i = b_0 + \sum_{k=1}^{m} b_k x_k + \varepsilon_k \qquad (۲)$$

که در آن Yi متغیر وابسته، b_0 عرض از مبدأ، b_k ضرایب برآورد شده برای متغیرهای مستقل X_k، n تعداد متغیرهای مستقل و ε جزء خطا می‌باشد. براساس این رابطه، متغیر پاسخ، رطوبت خاک است که ممکن است به n متغیر مستقل دیگر وابسته باشد. رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی: همان‌طورکه قبلاً گفته شد، روش‌های رگرسیون کلاسیک، برای متغیرهای وابسته و مستقل، میانگینی از داده‌ها را ارائه می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر، برای کل داده‌ها، یک خط رگرسیونی کلی را برازش می‌دهد. در مقابل، مدل رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی برای محاسبه ناایستایی مکانی در روابط داده‌ها مطرح شده است. ناایستایی مکانی بیان‌گر وضعیتی است که در مناطق مختلف، رابطه متفاوتی بین متغیرهای مستقل و وابسته برقرار می‌باشد.

روش GWR همان روش OLS است با این تفاوت که مشاهدات براساس موقعیت قرارگیری نسبت به موقعیت مرجع، وزن‌دهی می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر، این نوع رگرسیون به‌صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود (de Almeida Salles *et al*., 2018):

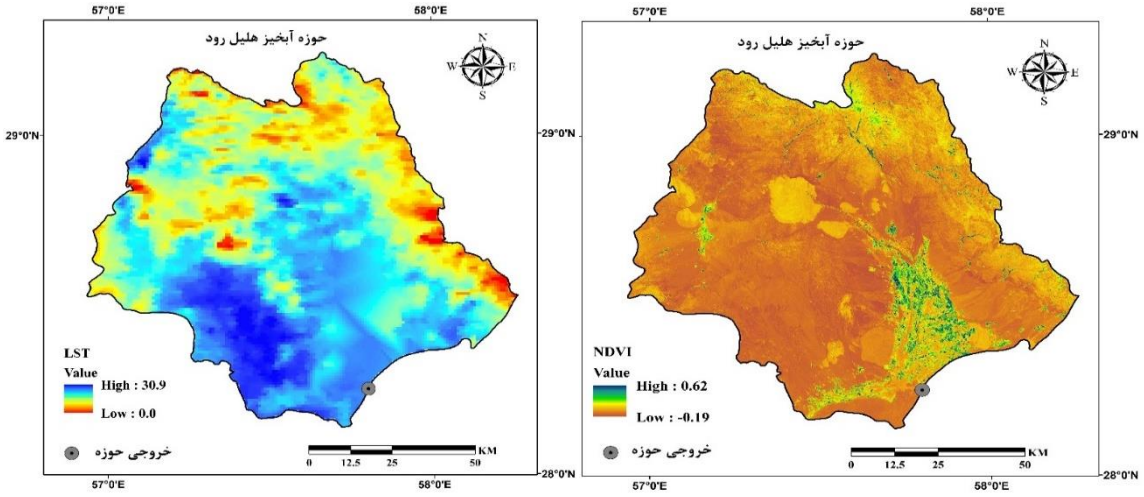
$$Y_i = \beta_0(\mu_i.v_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i.v_i)x_{ik} \qquad (۳)$$

که در آن $(\mu_i.v_i)$ نشان‌دهنده مختصات نقاط، $\beta_0(\mu_i.v_i)$ عرض از مبدأ برای موقعیت مکانی i، $\beta_k(\mu_i.v_i)$ پارمتراهای محلی برآورد شده برای متغیر مستقل x_{ik} در موقعیت مکانی i می‌باشد. برای تخمین پارامترها در هر نقطه در مدل GWR، داده‌ها و مشاهدات نزدیک به آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین، مشاهدات نزدیک‌تر دارای تأثیر بیش‌تری در مقایسه با مشاهدات دورتر برای برآورد محلی پارامترها می‌باشد. پارامترها در این مدل با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شوند:

$$\hat{\beta}(\mu,\nu) = (X^T W(\mu,\nu) X)^{-1} X^T W(\mu,\nu) y, \qquad (۴)$$

که در آن، $\hat{\beta}(\mu_i, v_i)$ نشان‌دهنده برآورد خطا از β، $w(\mu, v)$ همان ماتریس وزن‌دهی مشاهدات می‌باشد (Gao & Li., 2011). در این مطالعه، برای بررسی عملکرد مدل‌های OLS و GWR از AICc، Adjusted

R^2 و R^2 استفاده شد. AICc همان معیار اطلاعاتی تصحیح شده[1] است که عملکرد مدل‌ها را نشان می‌دهد و برای مقایسه مدل‌های رگرسیونی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع، مقادیر کم‌تر این معیار، نشان‌دهنده برازش مناسب داده‌های مشاهداتی و عملکرد بهتر مدل می‌باشد (Gao & Li., 2011). R^2 مناسب بودن برازش مدل را نشان می‌دهد که ارزش آن از صفر تا یک متغیر می‌باشد. Adjusted R^2 نیز همان R^2 نرمال شده است که مدل واقعی‌تری را از برازش‌ها نشان می‌دهد. مقادیر این معیار معمولاً کم‌تر از R^2 می‌باشد.



شکل ۳- توزیع مکانی شاخص NDVI و LST در حوزه آبخیز هلیل‌رود

Figure 3- Spatial distribution of NDVI and LST in the Halilrud watershed

نتایج و بحث

عملکرد مدل‌های OLS و GWR

مقادیر معیارهای ارزیابی برای مدل‌های OLS و GWR و متغیرهای NDVI، LST در قالب حالت ۱ و ۲ و ترکیب هر دو این متغیرها در حالت مدل ۳ در جدول (۱) نشان داده شده‌است. همچنین شکل (۴) نمودار پراکندگی رطوبت خاک پیش بینی شده توسط مدل‌های OLS و GWR را نشان می‌دهد. جدول (۱) نشان می‌دهد که مدل‌های GWR در تمامی حالت‌ها و در نظر گرفتن متغیرهای مختلف، به دلیل داشتن مقادیر کم‌تر AICc و مقادیر بالاتر R^2 و Adjusted R^2 عملکرد بهتری نسبت به مدل OLS داشته است. مقایسه این معیارها و عملکرد بهتر مدل GWR توسط پژوهش‌گران دیگر نیز تائید شده است (Zhao *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2022). یکی از دلایل برتری مدل GWR می‌تواند این باشد که در مدل رگرسیون حداقل مربعات معمولی (OLS) رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته در کل منطقه یکسان است. اما در مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR) روابط بین متغیرها در نقاط مختلف منطقه به‌طور جداگانه مدل‌سازی و بررسی می‌شود.

از میان حالت‌های موردبررسی، حالت سوم یعنی ارتباط بین رطوبت خاک و ترکیب هر دو متغیر NDVI و LST دارای بیش‌ترین مقدار R^2 و بالاترین دقت می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، در این حالت، در مدل GWR، ۵۳ درصد و در مدل OLS، ۲۸ درصد از تغییرات واریانس توضیح داده می‌شود. در این حالت، شاخص تورم واریانس (VIF) کم‌تر از ۷/۵ بوده که نشان‌دهنده عدم وجود هم‌خطی بین NDVI و LST می‌باشد. به‌علاوه، آماره Jarque-Bera برای تمام حالت‌های موردبررسی، معنی‌دار نشده است که بیان‌گر عدم توزیع نرمال باقی‌مانده‌ها می‌باشد. توزیع نرمال باقی‌مانده‌ها

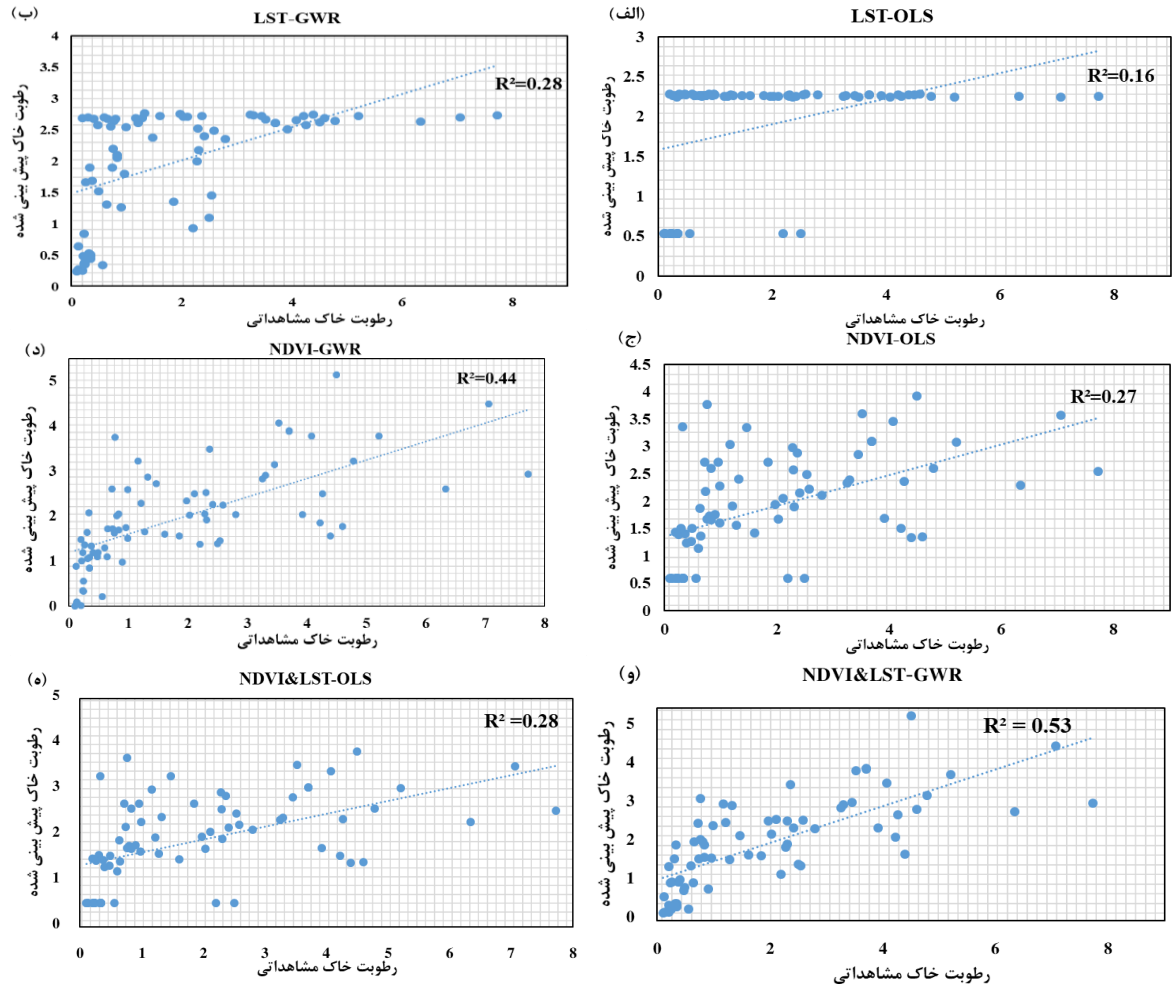
1. Corrected Akaike's Information Criterion

نشان‌دهنده خطای مدل و نیز مفقود بودن متغیرهای مهم مستقل، می‌باشد (Shrestha & Luo, 2017). شماری از پژوهش‌گران استفاده ترکیبی از اطلاعات ماهواره‌ای دمای سطح زمین (LST) و شاخصهای گیاهی را در برآورد رطوبت خاک پیشنهاد کردند و باور دارند که ترکیب این داده‌ها می‌تواند اطلاعات بهتری از تنش‌های گیاهی و شرایط رطوبتی سطح زمین فراهم آورد (Cibula *et al.*, 1992). بر طبق نتایج استفاده از شاخص‌های گیاهی مانند NDVI به‌تنهایی رابطه قوی با رطوبت سطحی نداشت که می‌تواند به دلیل پاسخ تاخیری پوشش گیاهی به تغییرات رژیم رطوبتی خاک باشد (Wang *et al.*, 2001). با توجه به نتایج، در این مطالعه، با دخالت شاخص دمای سطح زمین و ترکیب آن با شاخص پوشش گیاهی، رطوبت خاک توسط مدل‌ها دقیق‌تر پیش‌بینی گردید.

جدول ۱- نتایج مدل‌های OLS وGWR با در نظر گرفتن متغیرهای مختلف

Table 1- Results of OLS and GWR models considering different variables

Adjusted R^2		R^2		AIC		متغیر مستقل	حالت
GWR	OLS	GWR	OLS	GWR	OLS		
0.21	0.14	0.28	0.16	284.9	288.7	LST	1
0.37	0.26	0.44	0.27	269.1	277.4	NDVI	2
0.42	0.26	0.53	0.28	268.3	279.5	LST-NDVI	3



شکل ۴- نمودار پراکندگی رطوبت خاک پیش‌بینی شده توسط مدل‌های OLS و GWR

Figure 4- Scatter plot of predicted soil moisture using OLS and GWR models.

مقایسه خودهمبستگی مکانی باقی‌مانده‌ها در مدل‌های OLS و GWR

خودهمبستگی درواقع یک داده بوم‌شناختی است که نشان‌دهنده عدم وجود استقلال بین مشاهدات موردبررسی می‌باشد. برای مقایسه توانایی دو مدل OLS و GWR با مسئله خودهمبستگی، از Moran's I استفاده شد. نتایج حاصل از شاخص Moran's I بر روی باقی‌مانده‌های مدل‌های OLS و GWR در جدول ۲ نشان داده شده است. همان‌طورکه در این جدول نشان داده شده است، خودهمبستگی مکانی در تمامی حالت‌ها برای مدل OLS در مقایسه با مدل GWR بیش‌تر می‌باشد. به‌طوری‌که مقادیر شاخص Moran's I برای مدل OLS، ۰/۱۴، ۰/۲۰ و ۰/۲۵ بوده و برای مدل GWR از ۰/۰۱ تا ۰/۱۶ می‌باشد. این نتایج نشان‌دهنده آن است که مدل GWR با کاهش دادن خودهمبستگی مکانی باقی‌مانده‌ها، اعتبار روابط بین متغیرهای موردبررسی را بهبود می‌بخشد؛ بنابراین چنانچه در مدل‌های OLS مشکل خودهمبستگی مکانی وجود داشت، کاربرد مدل GWR برای رفع آن، مؤثر خواهد بود.

جدول ۲- مقایسه Moran's I باقی‌مانده‌ها در مدل OLS و GWR

Table 2- Comparison of Moran's I residuals in OLS and GWR models

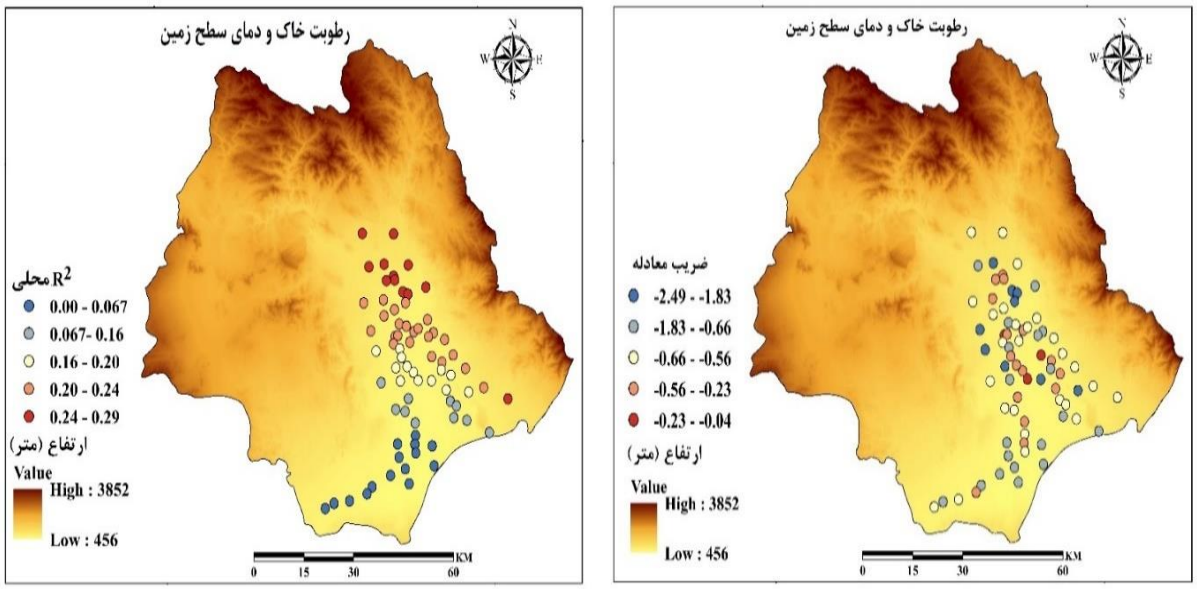
حالت	متغیر مستقل	Moran's I	
		OLS	GWR
1	LST	0.20	0.09
2	NDVI	0.14	0.02
3	LST-NDVI	0.14	0.01

تغییرات مکانی روابط بین رطوبت خاک با متغیرهای موردبررسی

نقشه‌های مربوط به فاکتورهای R^2 محلی و نیز ضریب β مربوط به حالت‌های ۱، ۲ و ۳ که حاصل از اجرای مدل GWR می‌باشند، راه مناسبی برای شناسایی تغییرات ارتباط بین رطوبت خاک و شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین می‌باشد. مدل‌های GWR معادله‌های رگرسیونی محلی را همراه با پارامترهای آن، ارائه می‌دهد. مقدار باقی‌مانده که درواقع تفاضل ارزش‌های مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده است، در شکل ۵ نشان داده شده است. براساس شکل ۵، R^2 محلی مربوط به ارتباط بین LST و رطوبت خاک از ۰ تا ۰/۲۹ متغیر می‌باشد که بهترین مدل برازش داده شده با داده‌های مشاهداتی در مناطق شمالی حوزه با R^2 محلی بین ۰/۲۴ تا ۰/۲۹ واقع هستند. در مقابل، ضعیف‌ترین مدل مربوط به نقاط جنوبی حوضه با R^2 محلی ۰ تا ۰/۰۷ می‌باشد. ارتباط رطوبت خاک و LST توسط محققان دیگر ازجمله Fathololoumi و همکاران (۲۰۲۰) نیز تائید شده است. ایشان دلیل این ارتباط را کاهش بازتاب در مادون‌قرمز نزدیک موج مرئی با افزایش رطوبت خاک، مطرح کرده است. همچنین در پژوهشی دیگر دلیل این ارتباط را تأثیر رطوبت خاک بر ضریب گسیل‌مندی مطرح کرده‌اند (Harti *et al*., 2016). به‌طورکلی، رطوبت خاک با LST در تمامی نقاط مطالعاتی، همبستگی منفی دارد. به‌علاوه، ضرایب رگرسیونی در موقعیت‌های مکانی مختلف، متفاوت می‌باشد. این موضوع نشان‌دهنده آن است که رطوبت خاک در موقعیت‌های مکانی متفاوت، متغیر می‌باشد. همچنین، این نقشه مؤید تغییرات متغیر مستقل موردبررسی (LST) در نقاط مختلف رطوبتی می‌باشد. در همین راستا، Wang و همکاران (۲۰۱۸) نتایج مشابهی را در بررسی کربن آلی خاک به‌دست آوردند. R^2 محلی برای ارتباط مکانی NDVI و رطوبت خاک بین ۰/۰۱ تا ۰/۷۳ متغیر می‌باشد. مقادیر بالای این فاکتور نشان‌دهنده مناسب بودن رابطه رگرسیون محلی برازش داده شده با مشاهدات می‌باشد. ارتباط بین NDVI و رطوبت خاک نیز توسط محققان دیگر (Zhang *et al*., 2018) مورد تائید قرار گرفته

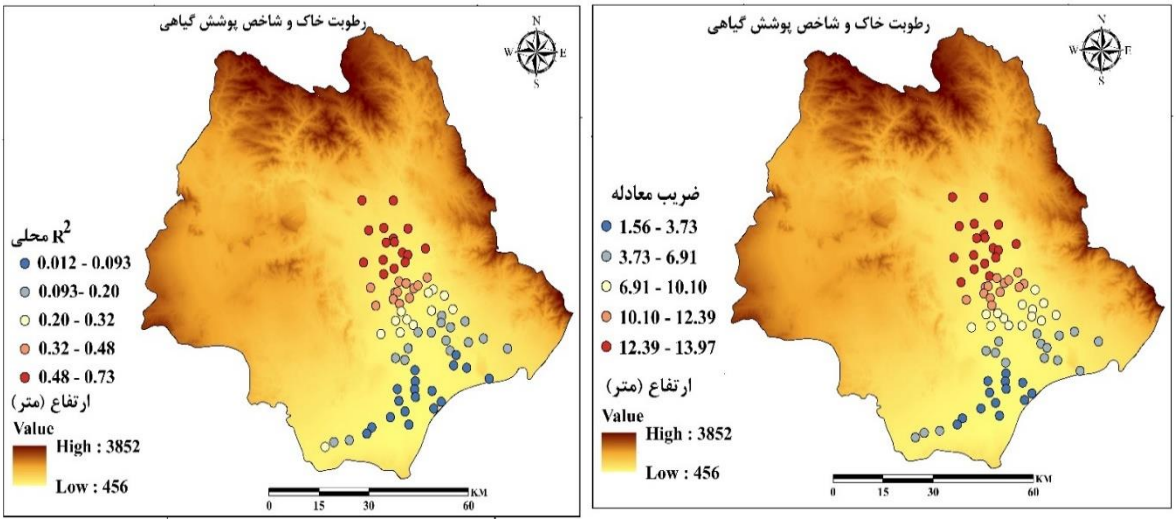
است. همان‌طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، نقاط واقع در مناطق شمالی حوزه دارای ارتباط مکانی بالاتری با NDVI می‌باشند که این ارتباط از شمال به جنوب حوضه، به‌تدریج کاهش می‌یابد. اکثر نقاطی که دارای ارتباط مکانی بالایی بین رطوبت خاک و NDVI هستند، در مراتع واقع شده‌اند. در مقابل، نقاط با همبستگی کم‌تر (نقاط جنوبی حوضه) در اراضی کشاورزی قرار دارند. به‌علاوه، ضریب معادله‌های رگرسیونی در تمامی نقاط موردبررسی، مثبت می‌باشد که نشان‌دهنده ارتباط مثبت شاخص پوشش گیاهی با رطوبت خاک می‌شود. این نتیجه با یافته‌های سایر پژوهش‌گران (Zhao *et al*., 2018) مبنی بر تأثیر مثبت پوشش گیاهی بر رطوبت خاک هم‌راستا می‌باشد. همچنین، اگرچه این ارتباط مثبت، بین رطوبت خاک و LST در شکل ۵ نیز مشاهده شد؛ اما دامنه تغییرات ضریب رگرسیونی در مورد NDVI بسیار بیش‌تر (۱/۵۶ تا ۱۳/۹۷) می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که رطوبت خاک به شاخص NDVI حساس‌تر است. در همین راستا، Hou و همکاران (۲۰۱۵) نتایج مشابهی را در ارزیابی ارتباط NDVI و دما به دست آوردند. در شکل ۷، همانند دو حالت قبل، مناطق شمالی حوضه دارای R^2 محلی بالاتری می‌باشند. با این تفاوت که در این مناطق، تغییرات مکانی رطوبت خاک نسبت به دو حالت قبل بیش‌تر بوده و از ۰/۵۶ تا ۰/۷۸ متغیر می‌باشد. بنابراین تمامی نتایج مربوط به توزیع مکانی R^2 محلی، فرضیه تغییرات مکانی ارتباط بین متغیرهای NDVI، LST و ترکیب این دو متغیر با رطوبت خاک را تائید می‌کنند.

در مناطق خشک انتظار می‌رود که رابطه‌ای منفی بین NDVI و LST وجود داشته باشد که این امر می‌تواند به دلیل افزایش دمای سطح زمین برای مناطق با پوشش گیاهی کم و NDVI پایین باشد (Hou et al., 2015). این امر منجر به یک فضای مثلثی می‌شود که برای استخراج وضعیت رطوبت سطحی خاک مورد بررسی قرار گرفته است (Gao, 2007). با افزایش دما تبخیروتعرق بالا رفته و رطوبت خاک کاهش می‌یابد. بنابراین بر فعالیت‌های زیستی و متابولیکی گیاه اثرگذار خواهد بود که به‌تبع آن تولید محصول و تراکم پوشش گیاهی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Van de Griend & Engman, 1985). ازاین‌رو ضرایب معادله برای شاخص LST منفی و برای شاخص NDVI مثبت به‌دست آمد.



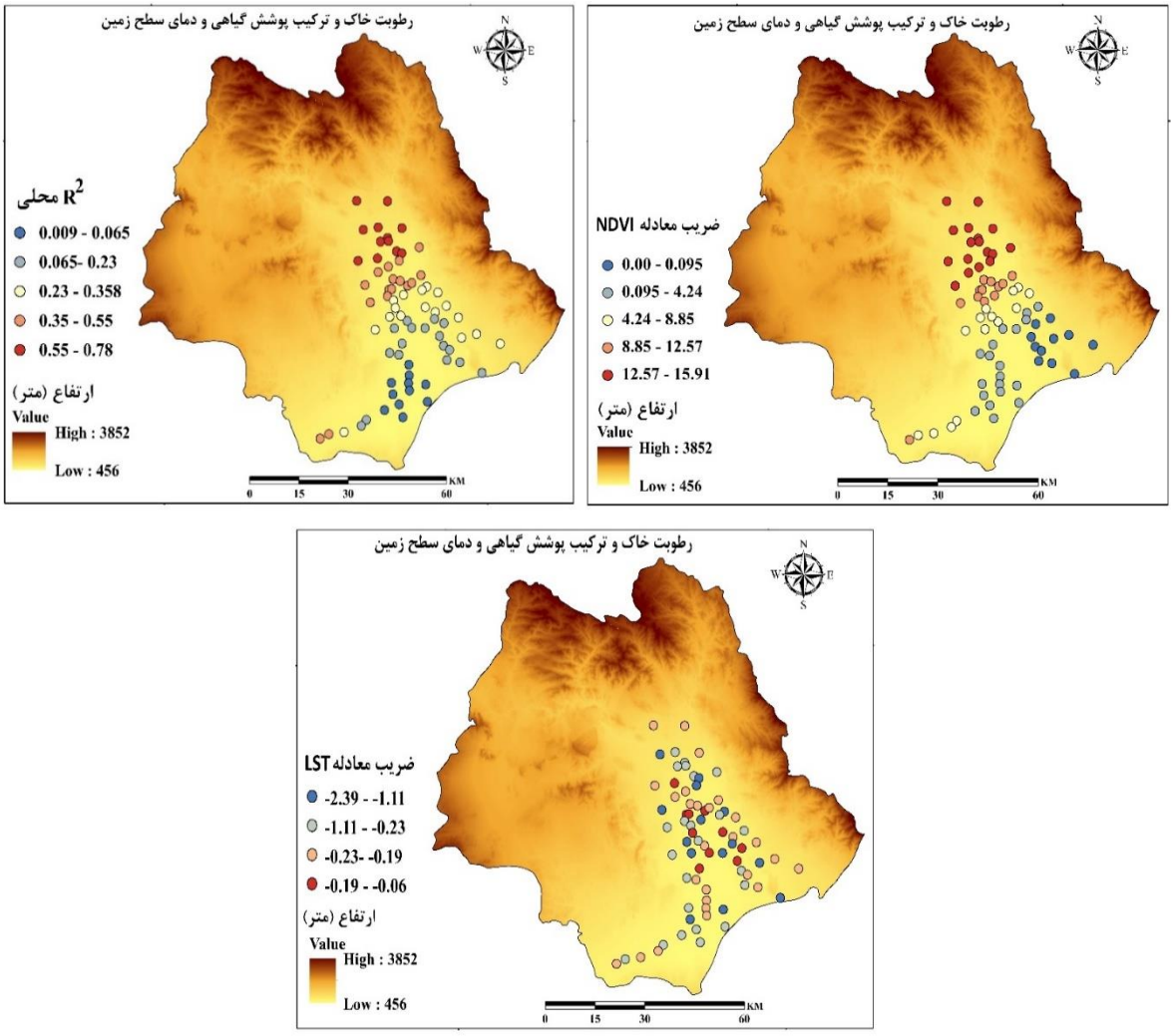
شکل ۵- R^2 محلی و ضریب معادله حاصل از مدل GWR برای ارتباط مکانی رطوبت خاک و دمای سطح زمین

Figure 5- Local R^2 and equation coefficient obtained from the GWR model for the spatial relationship between soil moisture and LST



شکل ۶- R^2 محلی و ضریب معادله حاصل از مدل GWR برای ارتباط مکانی رطوبت خاک و پوشش گیاهی

Figure 6- Local R^2 and equation coefficient obtained from the GWR model for the spatial relationship between soil moisture and NDVI



شکل ۷ - R^2محلی و ضریب معادله حاصل از مدل GWR برای ارتباط مکانی رطوبت خاک و ترکیب دمای سطح زمین و پوشش گیاهی

Figure 7- Local R^2 and equation coefficient obtained from the GWR model for the spatial relationship between soil moisture and the combination of LST and NDVI

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تمامی مدل‌های GWR عملکرد بهتری از نظر R^2، AICc و Adjusted R^2 نسبت به مدل OLS متناظر خود دارند. اگرچه، مدل OLS نشان داد که همبستگی بین رطوبت خاک و متغیرهای مستقل وجود دارد اما مدل GWR تائید کرد که این ارتباط در نقاط مختلف، یکسان نمی‌باشد. به‌طوری‌که مناطق شمالی حوضه دارای ارتباط قوی‌تری بین تمامی متغیرهای مستقل و رطوبت خاک می‌باشند.

درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که با استفاده از نقشه‌های حاصل از این مطالعه می‌توان نقاط در معرض کاهش یا افزایش رطوبت خاک را در منطقه شناسایی کرد و برای بهبود فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت حوزه آبخیز و پیش‌بینی نیازهای آبیاری در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار داد. به‌کارگیری روش و هدف مطالعه حاضر در سایر حوزه‌های آبخیز از نظر کاربردی و پژوهشی، اهمیت زیادی دارد. به‌علاوه، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده به‌منظور یافتن مهم‌ترین متغیر، برخی دیگر از متغیرهای مستقل ازجمله خصوصیات توپوگرافی و نیز دیگر شاخص‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود که از روش‌های جدیدتر مانند روش رگرسیون وزنی جغرافیایی چندمقیاسی (MGWR) در مطالعات آینده استفاده گردد.

References

Ahmadi, M., Kamangar, M., Molanazar, G., & Madani, B. (2022). Evaluation of OLS regression models and GWR regression for modeling Spatial Soil Moisture, Case Study: Fars Province. *Journal of Environmental Studies*, *48*(3), 403-418. https://doi.org/10.22059/jes.2022.344444.1008329 (In Persian)

Cibula, W.G., Zetka, E.F., & Rickman., D.L. (1992). Response of thematic mapper bands to plant water stress. *Inter. J. Rem. Sens*. *13*(10), 1869-1880. https://doi.org/10.1080/01431169208904236

Eghtedarnezhad, M., Malekinezhad, H., & Rafiei Sardooi, E. (2024). Soil moisture estimation based on MODIS NDVI and LST productions in areas with no data. *Environmental Erosion Research Journal*, 14 (2), 141-160. https://doi.org/10.61186/jeer.14.2.9 (In Persian)

Fathololoumi, S., Vaezi, A. R., Alavipanah, S. K., & Ghorbani, A. (2020). Modeling the Influence of Biophysical Properties and Surface Topography on the Spatial Distribution of Soil Moisture in the Summer: A Case Study of Balikhli-Chay Watershed. *Journal of Ecohydrology*, 7(3), 563-581. https://doi.org/10.22059/ije.2020.299783.1307 (In Persian)

Felegari, S., Sharifi, A., Moravej, K., Golchin, A., & Tariq, A. (2022). Investigation of the relationship between NDVI index, soil moisture, and precipitation data using satellite images. *Sustainable Agriculture Systems and Technologies*, 314-325. https://doi.org/10.1002/9781119808565.ch15

Gao, J., & Li, S. (2011). Detecting spatially non-stationery and scale-dependent relationships between urban landscape fragmentation and related factors using Geographically Weighted Regression. *Applied Geography*, 31, 292–302. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.06.003

Gemitzi, A., Kofidou, M., Falalakis, G., Fang, B., & Lakshmi, V. (2024). Estimating high-resolution soil moisture by combining data from a sparse network of soil moisture sensors and remotely sensed MODIS LST information. *Hydrology Research*, 55(9), 905-920. https://doi.org/10.2166/nh.2024.043

Harti, A. El, Lhissou, R., Chokmani, K., Ouzemou, J., Hassouna, M., Mostafa, E., & El, A. (2016). Spatiotemporal monitoring of soil salinization in irrigated Tadla Plain (Morocco) using satellite spectral indices. International *Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 50, 64–73. https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.03.008

Hou, W., Gao, J., Wu, S., & Dai, E. (2015). Interannual variations in growing-season NDVI and its correlation with climate variables in the southwestern karst region of China. *Remote Sensing*, 7, 11105–11124. https://doi.org/10.3390/rs70911105

Li, F., Wu, J., Xu, F., Yang, Y., & Du, Q. (2022). Determination of the spatial correlation characteristics for selected groundwater pollutants using the geographically weighted regression model: A case study in Weinan, Northwest China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 29(2), 471-493. https://doi.org/10.1080/10807039.2022.2124400

Li, L., Wu, D., Wang, T., & Wang, Y. (2022). Effect of topography on spatiotemporal patterns of soil moisture in a mountainous region of Northwest China. *Geoderma Regional*, 28, e00456. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00456

Mirchooli, F., Kiani-harchegani, M., & Khaledi, A. (2020). Spatial distribution dependency of soil organic carbon content to important environmental variables. *Ecological Indicators*, 116, 106473. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106473

Mirchooli, F., Sadeghi, S.H., & Darvishan, A.K. (2020). Analyzing spatial variations of relationships between Land Surface Temperature and some remotely sensed indices in different land uses. Remote Sensing Applications. *Society and Environment,* 19, 100359. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100359

Niu, C.Y., Musa, A., & Liu, Y. (2015). Analysis of soil moisture condition under different land uses in the arid region of Horqin sandy land, northern China. *Solid Earth*, 6, 1157–1167. https://doi.org/10.5194/se-6-1157-2015, 2015

Rafiei-Sardooi, E., Azareh, A., Shooshtari, S. J., & Parteli, E. J. (2022). Long-term assessment of land-use and climate change on water scarcity in an arid basin in Iran. *Ecological Modelling*, 467, 109934. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2022.109934

Rash,A. J. H., Khodakarami, L., Muhedin, D. A., Hamakareem, M. I., & Ali, H. F. H. (2024). Spatial modeling of geotechnical soil parameters: Integrating ground-based data, RS technique, spatial statistics and GWR model. *Journal of Engineering Research*, 12(1), 75-85. https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.10.026

Rezaei, A. (2009). Soil moisture measurement error by TDR in Zanjan's flood spreading station. *Watershed Engineering and Management*, *1*(2), 128-139. http://doi.org/20.1001.1.22519300.1388.1.2.7.9 (In Persian)

Rouse Jr, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W., Schell, J. A., & Harlan, J. C. (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation *(No. E75-10354)*. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station.

Shrestha, A., & Luo, W. (2017). Analysis of Groundwater Nitrate Contamination in the Central Valley: Comparison of the Geodetector Method, Principal Component Analysis and Geographically Weighted Regression. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(10), 297. https://doi.org/10.3390/ijgi6100297

Srivastava, A., Saco, P., Rodriguez, J., Kumari, N., Chun, K., & Yetemen, O. (2021). The Role of Landscape Morphology on Soil Moisture Variability in Semi-arid, The role of landscape morphology on soil moisture variability in semi-arid ecosystems. *Hydrological Processes*, 35(1), 1-50. https://doi.org/10.1002/hyp.13990

Van de Griend, A. A., & Engman, E. T. (1985). Partial area hydrology and remote sensing. *Journal of Hydrology*, 81(3-4), 211-251. https://doi.org/10.1016/0022-1694(85)90033-2

Wang, J., Price, K. P., & Rich, P. M. (2001). Spatial patterns of NDVI in response to precipitation and temperature in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 22(18), 3827-3844. https://doi.org/10.1080/01431160010007033

Wang, S., Zhuang, Q., Jia, S., Jin, X., & Wang, Q. (2018). Spatial variations of soil organic carbon stocks in a coastal hilly area of China. *Geoderma*, 314, 8–19. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.10.052

Wen, X. (2020). Temporal and spatial relationships between soil erosion and

ecological restoration in semi-arid regions: a case study in northern Shaanxi, China. *Geoscience* and *Remote Sensing*, 57, 572–590. https://doi.org/10.1080/15481603.2020.1751406

Wicki, A., Lehmann, P., Hauck, C., Seneviratne, S.I., Waldner, P., & Stähli, M. (2020). Assessing the potential of soil moisture measurements for regional landslide early warning. *Landslides*, 17, 1881–1896. https://doi.org/10.1007/s10346-020-01400-y

Xu, G., Huang, M., Li, P., Li, Z., & Wang, Y. (2021). Effects of land use on spatial and temporal distribution of soil moisture within profiles. *Environmental Earth Sciences*, 80(4), 128. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09464-2

Yoshioka, M., S., Ishizawa, T. and Sakai, N. (2015). Temporal changes of soil temperature with soil water content in an embankment slope during controlled artificial rainfall experiments. *Journal of Applied Geophysics,* 114, 134-145. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.01.009

Zhang, H., Chang, J., Zhang, L., Wang, Y., Li, Y., & Wang, X. (2018). NDVI dynamic changes and their relationship with meteorological factors and soil moisture. Environmental *Earth Sciences*, 77, 1–11. https://doi.org/10.1007/s12665-018-7759-x

Zhao, C., Jensen, J., Weng, Q., & Weaver, R. (2018). A Geographically Weighted Regression Analysis of the Underlying Factors Related to the Surface Urban Heat Island Phenomenon. *Remote Sensing*, 10, 1–18. https://doi.org/10.3390/rs10091428

Zucco, G., Brocca, L., Moramarco, T., & Morbidelli, R. (2014). Influence of land use on soil moisture spatial – temporal variability and monitoring. *Journal of hydrology,* 516, 193-199. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.043

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 68-91 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2056408.1214 **Online ISSN: 2783-4581**

Analyzing the governance structure of the water-energy-food nexus on Qeshm Island: A social network analysis approach

Parastou Rajabpour Nikou[1], Mehdi Ghorbani[2*], Sharareh Pourebrahim[1], Alireza Gharagozlou[3]

1. Department of Environmental Planning and Management, College of Environment, University of Tehran, Karaj, Iran
2. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering, Water and Environmental Science, University of Shahid Beheshti, Tehran, Iran

* **Corresponding author**: mehghorbani@ut.ac.ir

(Received: 23 March 2025 Revised: 03 May 2025 Accepted: 27 May 2025)

Extended Abstract

Introduction: Effective management of critical resources such as water, energy, and food is essential due to their strong interdependence—changes in one sector often impact the others. Rapid population growth, economic development, and escalating climate change are intensifying challenges in resource management worldwide. The Water-Energy-Food (WEF) nexus framework has emerged as a comprehensive approach to address these complexities by integrating environmental, social, economic, and political dimensions. This framework is especially relevant for arid and semi-arid regions like Iran, where water scarcity exerts considerable pressure on local governance systems. Qeshm Island, the largest island in the Persian Gulf, exemplifies the difficulties of managing the WEF nexus under such constraints. Fragmented policymaking and weak coordination across water, energy, and food sectors on the island highlight the urgent need for integrated management strategies and stronger inter-sectoral cooperation. This study aims to analyze and evaluate the governance structure of the WEF nexus on Qeshm Island using Social Network Analysis (SNA). The goal is to provide a comprehensive understanding of institutional interactions and identify opportunities for enhancing sustainable resource management in the region.

Materials and Methods: This research adopts a descriptive-survey design with an applied focus on examining the governance network of the WEF nexus on Qeshm Island through SNA. The study investigates inter-organizational relationships across the water, energy, and food sectors by collecting primary data via 123 questionnaires distributed equally among sector experts and officials. Additionally, document reviews and field visits complemented data collection efforts. Network data were analyzed using UCINET6 software, focusing on key metrics such as network density, reciprocity, transitivity, centralization, average geodesic distance, and core-periphery structure. This approach allows for an in-depth assessment of the governance network, revealing institutional dynamics and pinpointing areas requiring policy and management improvements. The findings provide a foundational basis for developing integrated and effective governance frameworks for the island's critical resources.

Results and Discussion: Analysis reveals significant governance challenges within Qeshm Island's WEF nexus. The overall low network density indicates limited collaboration and underutilization of institutional capacity. Among the sectors, the energy network showed the highest density, suggesting better coordination, whereas the food network exhibited the lowest density, highlighting critical weaknesses in collaboration. Reciprocity scores were moderate, demonstrating some mutual communication among stakeholders; however, weak transitivity—particularly in the food sector—suggests a lack of sustained tripartite interactions necessary for cohesive governance. Centralization measures revealed that governance is highly concentrated around a few key organizations, with the food network showing the greatest centralization, potentially restricting the system's adaptability. The high average geodesic distance points to slow information and resource flows, especially within the food network, further impeding effective governance. Core-periphery analysis identified two central institutions—the Qeshm Free Trade Zone Organization and the Governor's Office—as dominant nodes facilitating inter-sectoral linkages. These results collectively indicate that despite some institutional interactions, the governance structure remains fragmented and inefficient.

Conclusion: This study highlights the institutional strengths and weaknesses within the water, energy, and food governance networks on Qeshm Island through rigorous network analysis. While there is some collaboration, significant opportunities exist to improve coordination and cohesion among stakeholders. Enhancing inter-sectoral communication, broadening stakeholder participation, and adopting integrated governance approaches are crucial to increasing the sustainability and resilience of resource systems on the island. The prominent role of the Qeshm Free Trade Zone Organization underscores the potential of leveraging key institutions to strengthen weaker sectors, notably the food network. Moreover, considering informal relationships and the influence of macro-level policies—both national and international—will be essential for a more comprehensive understanding of governance challenges and opportunities. Future research should also explore the role of non-state actors in this nexus. Ultimately, reforming governance structures and fostering stronger institutional cooperation is vital for the sustainable management of water, energy, and food resources in Qeshm Island, and these findings offer actionable insights for policymakers aiming to address complex resource challenges in similar contexts.

Keywords: Water-Energy-Food Nexus, Collaborative Management, Social Network Analysis, Inter-institutional Cooperation, Qeshm Island

Citation: Rajabpour Nikou, P., Ghorbani, M., Pourebrahim, Sh., & Gharagozlou, A. (2026). Analyzing the governance structure of the water-energy-food nexus on Qeshm Island: A social network analysis approach. *Integrated Watershed Management*. 5(4), 68-91. doi= 10.22034/iwm.2025.2056408.1214

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).

مدیریت جامع حوزه‌های سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۹۱-۶۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2056408.1214

بررسی ساختار حکمرانی همبست آب-انرژی- غذا در جزیره قشم: کاربرد تحلیل شبکه اجتماعی

پرستو رجب‌پور نیکو[۱]، مهدی قربانی[۲*]، شراره پورابراهیم[۱]، علیرضا قراگوزلو[۳]

۱- گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: mehghorbani@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۰۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۶)

چکیده مبسوط

مقدمه: مدیریت مؤثر منابع حیاتی مانند آب، انرژی و غذا، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا این منابع به‌طور متقابل به یکدیگر وابسته‌اند و تغییرات در هر یک می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر سایرین داشته باشد. چالش‌های مرتبط با این منابع، به‌ویژه در شرایطی که رشد سریع جمعیت، توسعه اقتصادی سریع و تغییرات اقلیمی شدت یافته است، پیچیدگی فزاینده‌ای پیدا می‌کنند. در این میان، رویکرد همبست آب-انرژی-غذا به‌عنوان چارچوبی جامع مطرح شده است که با در نظر گرفتن ابعاد محیط‌زیستی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، راهکارهایی برای مقابله با این پیچیدگی‌ها ارائه می‌دهد. این رویکرد، به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران که با محدودیت منابع آبی روبرو هستند، از ضرورتی مضاعف برخوردار است و فشاری سنگین بر نظام‌های مدیریت محلی وارد می‌کند. جزیره قشم، به عنوان بزرگترین جزیره خلیج فارس، نمونه‌ای بارز از چالش‌های مدیریت یکپارچه منابع آب، انرژی و غذا در چنین مناطقی است. محدودیت‌های موجود در سیاست‌گذاری‌های منسجم و یکپارچه در حوزه‌های آب، انرژی و غذا، ضرورت تدوین استراتژی‌های مدیریت یکپارچه و تقویت همکاری‌های بین‌بخشی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. رویکرد همبست آب، انرژی و غذا، با هدف ارتقای کارایی مدیریت منابع و تاب‌آوری نظام‌ها، به‌عنوان مدلی ارزشمند برای مقابله با چالش‌های پیچیده حکمرانی منابع شناخته می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع و چالش‌های موجود در جزیره قشم، هدف این پژوهش، تحلیل و ارزیابی ساختار حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا در این منطقه با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) است. این پژوهش تلاش می‌کند تا با ارائه تصویری جامع از وضعیت تعاملات نهادی و شناسایی فرصت‌های بهبود، گامی در راستای ارتقای مدیریت پایدار منابع در جزیره قشم بردارد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه با رویکرد توصیفی-پیمایشی و با هدف کاربردی انجام شده است تا شبکه حکمرانی پیوند آب-انرژی-غذا را در جزیره قشم با استفاده از تحلیل شبکه اجتماعی بررسی کند. پژوهش حاضر به تحلیل تعاملات بین سازمانی در هر یک از بخش‌های آب، انرژی و غذا پرداخته و داده‌های موردنیاز از طریق مرور مستندات و اسناد مرتبط و همچنین بازدیدهای میدانی جمع‌آوری شده است. برای گردآوری داده‌های اصلی، ۱۲۳ پرسشنامه (۴۱ پرسشنامه برای هر حوزه آب، انرژی و غذا) میان کارشناسان و مسئولان بخش‌های مربوطه توزیع شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار UCINET6 صورت گرفت تا معیارهای کلیدی شبکه ازجمله تراکم، دوسویگی، انتقال‌پذیری، تمرکز، میانگین فاصله ژئودزیک و مرکز-پیرامون، ارزیابی شوند. هدف اصلی این تحلیل، ارائه درکی دقیق و عمیق از ساختار حکمرانی در همبست آب، انرژی و غذا در جزیره قشم، شناسایی روابط کلیدی بین نهادها و همچنین تشخیص نقاط نیازمند بهبود در استراتژی‌های مدیریتی است. این رویکرد جامع امکان شناسایی چالش‌ها و فرصت‌های موجود در نظام حکمرانی منابع حیاتی جزیره را فراهم می‌آورد و می‌تواند به عنوان مبنایی برای تدوین سیاست‌های یکپارچه و کارآمد در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که وضعیت حکمرانی منابع در جزیره قشم با چالش‌هایی روبرو است. تراکم پایین شبکه ارتباطات، نشان‌دهنده همکاری ناکافی و عدم بهره‌برداری مناسب از ظرفیت‌های نهادی موجود است. شبکه انرژی با تراکم بالاتر همکاری بیش‌تری را نشان می‌دهد، درحالی‌که شبکه غذا با کم‌ترین تراکم، با چالش‌های بیش‌تری در هماهنگی روبرو است. دوسویگی در حد متوسط بوده و ارتباطات متقابل میان دست‌اندرکاران تاحدودی برقرار است. انتقال‌پذیری، به‌ویژه در شبکه غذا، بسیار ضعیف است که بیانگر عدم توانایی در حفظ پیوندهای سه‌گانه است. تمرکز قدرت در دست سازمان‌های کلیدی نشان می‌دهد که تعاملات حول محور چند دست‌اندرکار متمرکز شده است و این میزان در شبکه غذا بیش‌ترین مقدار را دارد که می‌تواند انعطاف‌پذیری شبکه را کاهش دهد. همچنین، میانگین فاصله ژئودزیک بالا نشان‌دهنده فاصله قابل توجه بین دست‌اندرکاران و کندی انتقال اطلاعات و منابع درون شبکه‌ها به ویژه شبکه غذا است. نتایج شاخص مرکز-پیرامون نشان داد که دو سازمان، یعنی سازمان منطقه آزاد قشم و فرمانداری، به عنوان نقاط مرکزی در میان سه گروه مشترک عمل می‌کنند.

نتیجه‌گیری: بررسی جداگانه هر یک از این شبکه‌ها، نقاط ضعف و قوت آن‌ها را شناسایی کرد. نتایج پژوهش نشان داد که علی‌رغم وجود برخی ارتباطات و همکاری‌های بین نهادهای مختلف در جزیره قشم، هنوز فرصت‌های قابل توجهی برای بهبود انسجام و هماهنگی میان حوزه‌های آب، انرژی و غذا وجود دارد. تقویت ارتباطات بین‌بخشی، افزایش مشارکت ذی‌نفعان متنوع، و اتخاذ رویکردهای یکپارچه در سیاست‌گذاری و مدیریت منابع، می‌تواند به افزایش پایداری و تاب‌آوری نظام آب، انرژی و غذا کمک کند. این پژوهش با تأکید بر نقش کلیدی سازمان منطقه آزاد قشم، نیاز به تقویت شبکه غذایی، پتانسیل پروژه‌های یکپارچه و اهمیت توجه به روابط غیررسمی و عوامل کلان، زمینه‌ای برای تحقیقات آینده فراهم می‌آورد. همچنین بررسی تأثیر سیاست‌های کلان ملی و بین‌المللی و نقش بازیگران غیردولتی می‌تواند به درک بهتر چالش‌ها و فرصت‌های موجود در حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا کمک کند. در نهایت، اصلاح ساختار حکمرانی و تقویت همکاری نهادها برای مدیریت بهتر منابع ضروری است و باید توسط سیاست‌گذاران به‌طور جدی مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: همبست آب-انرژی-غذا، مدیریت مشارکتی، تحلیل شبکه اجتماعی، همکاری بین نهادی، جزیره قشم

استناد: رجب‌پورنیکو، پ.، قربانی، م.، پورابراهیم، ش؛ و قراگوزلو، ع. (۱۴۰۴). بررسی ساختار حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا در جزیره قشم: کاربرد تحلیل شبکه اجتماعی. *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۹۱-۶۸.

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

مدیریت منابع‌طبیعی در عصر حاضر با چالش‌های پیچیده‌ای ناشی از وابستگی متقابل میان آب، انرژی و غذا مواجه است؛ به‌گونه‌ای‌که کشاورزی حدود ۷۰ درصد از آب مصرفی جهان و صنایع غذایی نزدیک به ۳۰ درصد از کل انرژی را به خود اختصاص می‌دهند (Schmidt *et al.*, 2022). این پیوندها موجب شده هر تغییر در یک حوزه پیامدهای گسترده‌ای در سایر بخش‌ها ایجاد کند. رشد جمعیت، توسعه اقتصادی و تغییرات اقلیمی نیز این چالش‌ها را تشدید کرده و بر اهمیت رویکردهای جامع در مدیریت منابع می‌افزاید (Safaei *et al.*, 2019).

همبست آب-انرژی-غذا[1] یک رویکرد جامع برای مدیریت پایدار این منابع است که روابط متقابل میان این سه حوزه را تقویت می‌کند (Ghanian, 2024). این رویکرد علاوه بر جنبه‌های محیط‌زیستی، ابعاد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی را نیز شامل می‌شود تا تصمیم‌گیری‌های مؤثرتری در مدیریت منابع فراهم گردد (Schmidt *et al.*, 2022). مفهوم همبست نخستین‌بار در نشست سازمان ملل درباره محیط‌زیست و توسعه مطرح شد و از آن زمان به یکی از چارچوب‌های کلیدی در حکمرانی منابع طبیعی تبدیل شده است (Arvandi *et al.*, 2021). شکل ۱ پیوند متقابل این سه بخش را نشان می‌دهد (Safaei *et al.*, 2019). در کشورهایی مانند ایران با اقلیم خشک و منابع آبی محدود، اهمیت مدیریت پایدار منابع آب دوچندان است. افزون بر مشکلات منابع آب، ایران با چالش‌های جدی در حوزه انرژی و تولید غذا نیز روبه‌رو است (Safaei *et al.*, 2019).

برای مقابله با این چالش‌ها، استفاده از الگوهای نوین حکمرانی مانند رویکرد همبست آب-انرژی-غذا پیشنهاد شده است که به تدوین سیاست‌های یکپارچه و تسهیل مشارکت بین‌بخشی کمک می‌کند. این رویکرد تاب‌آوری نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک را افزایش داده و بهره‌وری منابع را بهبود می‌بخشد (Benson *et al.*, 2015; Safaei *et al.*, 2019).

شکل ۱- مدل مفهومی همبست آب-انرژی-غذا

Figure 1- Conceptual Model of the Water-Energy-Food Nexus

مطالعات اولیه در حوزه همبست آب-انرژی-غذا عمدتاً پس از کنفرانس بن در کشور آلمان در سال ۲۰۱۱ و با تأکید بر ضرورت رویکردهای یکپارچه در مدیریت منابع شکل گرفتند. در این دوره، تمرکز اصلی بر تبیین مفهومی، شناسایی وابستگی‌های متقابل و تأکید بر ضرورت عبور از ساختارهای جزیره‌ای و بخشی در حکمرانی منابع بود (Leese & Meisch, 2015). در سال‌های بعد، توجه به چالش‌های سیاست‌گذاری و ضرورت هماهنگی بین‌بخشی افزایش یافت. Belinskij (۲۰۱۵) استدلال می‌کند که رویکرد همبست می‌تواند از "جزیره‌ای عمل کردن نهادها[2]" در سیاست‌گذاری جلوگیری کند. با این حال، Leck و همکاران (۲۰۱۵) هشدار می‌دهند که رویکرد چندبخشی پیوند آب-انرژی-غذا ممکن است با چالش‌هایی در مبادلات و وابستگی‌ها مواجه شود که منجر به شکست آن گردد. همچنین، Daher و همکاران (۲۰۱۷) بر پیچیدگی مدل‌سازی همبست آب-غذا-انرژی تأکید کرده و معتقدند که یک مدل جهانی برای حل مسائل این حوزه

1. Water-Energy-Food Nexus

2. Institutional Silos

وجود ندارد و هر منطقه نیازمند رویکردی خاص است.

نتایج تحقیقات

Simpson و Jewitt (۲۰۱۹)، بر اهمیت بومی‌سازی و تطبیق این رویکرد با شرایط محلی تأکید می‌کند. همچنین تحقیق Mahlknecht و همکاران (۲۰۲۰) نشان می‌دهند که تدوین و به کارگیری شاخص‌های اختصاصی برای ارزیابی پیشرفت در این حوزه می‌توانند به سیاست‌گذاران در تدوین راهبردهای مؤثر کمک کنند. در تحقیقات جدیدتر، El Majdoubi و همکاران (۲۰۲۴) با بررسی روند تغییرات همبست آب-انرژی-غذا در مراکش، کاهش روند نزولی این شاخص را مستند کرده و بر ضرورت استفاده از شاخص‌های کمی برای پایش و بهبود سیاست‌های مدیریت یکپارچه منابع تأکید کرد. همچنین، Farmandeh و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود نشان دادند که توسعه چارچوب نظری، ارزیابی پایداری و بهینه‌سازی مصرف، از مهم‌ترین اهداف مطالعات معاصر در حوزه همبست آب-انرژی-غذا به شمار می‌روند.

هر یک از منابع موجود در همبست به‌عنوان عناصری مرتبط با سایر منابع است. رویکرد همبست آب-انرژی-غذا با تأکید بر پیوندهای میان منابع، به‌طور متفاوت از سایر رویکردهای پژوهشی منابع‌طبیعی که بر کارایی نظام یا هر منبع به‌طور جداگانه متمرکزند، به هماهنگی بین بخش‌های مختلف توجه دارد. همانطور که Urbinatti و همکاران (۲۰۲۰) بیان می‌کند هماهنگی و هم‌افزایی بین‌بخشی، شرط لازم برای موفقیت رویکرد همبست و مدیریت یکپارچه منابع است. آن‌ها در مطالعه خود با مرور نظام‌مند ادبیات و تحلیل شبکه اجتماعی و گفتمان، تأکید می‌کنند که حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا مستلزم کاهش رویکردهای بخشی، ایجاد سازوکارهای همکاری و تبادل داده میان نهادهای دولتی، خصوصی و سایر ذینفعان است.

در این میان، حکمرانی منابع که طراحی و اجرای سیاست‌های مؤثر برای مدیریت منابع را شامل می‌شود، در ایران با چالش‌های قابل توجهی مانند عدم هماهنگی بین‌بخشی و ضعف در اجرای قوانین همراه است (Rahimi *et al.*, 2023). عدم هماهنگی میان سیاست‌های آب، انرژی و غذا، تضاد منافع کنشگران و غلبه نقش دولت در تصمیم‌گیری، کارایی حکمرانی را کاهش داده و اعتماد عمومی را تضعیف کرده است (Rothman & *Mays.*, 2014; Safaei et al., 2019).

همچنین، منافع متضاد کنشگران مختلف، به‌ویژه در حوزه‌های آب، انرژی و غذا، مانع از همکاری مؤثر و مدیریت منابع می‌شود و نقش دولت به‌عنوان کنشگر اصلی باعث نادیده گرفتن جامعه مدنی و کاهش اعتماد عمومی می‌شود (Rothman *et al.*, 2014). تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) ابزاری مناسب برای شفاف‌سازی روابط پیچیده میان ذینفعان در حکمرانی منابع‌طبیعی به‌شمار می‌رود (Stein *et al.*, 2014; Kurian *et al.*, 2018). این روش می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و قوت در حکمرانی منابع طبیعی کمک کند و سیاست‌گذاران را در تدوین سیاست‌های کارآمدتر راهنمایی کند (Rothman *et al.*, 2014). مطالعات اخیر در ایران برای تحلیل ساختارهای حکمرانی مورد استفاده قرار گرفته است (Ghanian, 2024; Garakani *et al.*, 2024; Ghafari *et al.*, 2024).

نتایج پژوهش Zarrintab و همکاران (۲۰۲۴)، نیز بر لزوم توجه به تضادهای بین‌بخشی و مکانیزم‌های حل اختلاف در سیاست‌گذاری‌ها تأکید کرده‌اند. ساختار حکمرانی آب ایران در برنامه ششم توسعه با تمرکز بر همبست آب-غذا-انرژی، به غفلت از این همبست در قوانین برنامه توسعه اشاره کرده و بر لزوم توجه به تضادهای بین‌بخشی و مکانیزم‌های حل مناقشه در برنامه‌های آتی تأکید کردند.

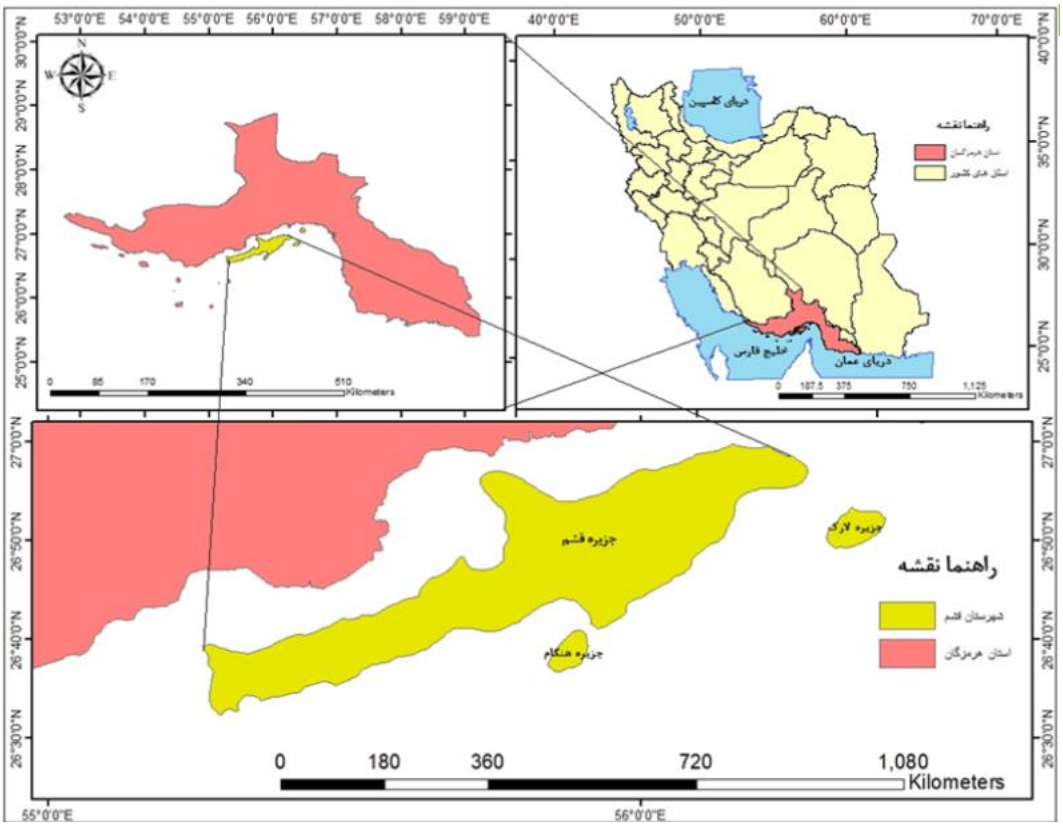
در این راستا، جزیره قشم به‌دلیل موقعیت راهبردی و توسعه آن به‌عنوان منطقه آزاد تجاری-صنعتی، نمونه‌ای مناسب برای تحلیل ساختار حکمرانی منابع حیاتی در ایران است. این پژوهش با هدف شناسایی ساختار حکمرانی آب، انرژی و غذا در جزیره قشم و بررسی میزان انسجام و پایداری روابط نهادی میان بازیگران مختلف، با استفاده از شاخص‌های کمی

شبکه‌ای مانند تراکم، دوسویگی، انتقال‌پذیری، میانگین فاصله ژئودزیک و مرکز-پیرامون، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جزیره قشم، با مساحتی حدود ۱۴۹۱ کیلومترمربع، بزرگ‌ترین جزیره ایران و خلیج فارس است. این جزیره در موقعیت جغرافیایی بین ´۴۱ °۲۶ تا ´۵۷ °۲۶ عرض شمالی و ´۱۶ °۵۵ تا ´۱۶ °۵۶ طول شرقی واقع شده و در مدخل خلیج فارس و تنگه هرمز قرار دارد. از نظر جغرافیایی، جزیره قشم از شمال‌شرق به جزیره هرمز، از شرق به جزیره لارک، از جنوب به جزیره هنگام و از جنوب‌غرب به جزایر تنب بزرگ، کوچک و ابوموسی محدود می‌شود (Bakhtavar *et al.*, 2021). جزیره قشم دارای آب‌وهوای گرم و خشک بیابانی با تابستان‌هایی بسیار گرم و مرطوب و زمستان‌هایی معتدل است. میانگین دمای سالانه حدود ۲۷ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و بیشینه دما در تابستان گاهی به ۴۶ درجه می‌رسد. میانگین بارش سالانه بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی بیشتر در فصل پاییز و زمستان رخ می‌دهد. رطوبت نسبی هوا بالا و معمولاً بیش از ۷۰ درصد است و بادهای غالب از سمت شمال‌غرب و جنوب‌شرق می‌وزند (Iran Meteorological Organization, n.d). در شکل ۲ موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۲-موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 2 - Location of the study area

جزیره قشم به‌دلیل مجاورت با اقیانوس هند و وجود منابع نفت و گاز، به‌ویژه در زمینه خدمات سوخت‌رسانی به کشتی‌های عبوری از آبراهه‌های بین‌المللی، تجهیزات فراساحلی، و پارک‌های انرژی و

زیست‌فناوری، به یکی از نقاط استراتژیک ایران تبدیل شده است. این جزیره همچنین به‌دلیل ویژگی‌های طبیعی و تاریخی خود، به مقصد گردشگری مهمی در ایران تبدیل شده است. منطقه آزاد تجاری-صنعتی قشم حدود ۳۰۰ کیلومترمربع از این جزیره را در بر می‌گیرد.

شهر قشم که در شرقی‌ترین نقطه جزیره واقع شده، با وجود اینکه مرکز هندسی جزیره نیست، به‌دلیل موقعیت استراتژیک و دید گسترده به تنگه هرمز و نزدیکی به بندرعباس، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این شهر به‌عنوان مرکز توسعه منطقه آزاد تجاری-صنعتی قشم انتخاب شده و به‌همین دلیل به مهم‌ترین سکونتگاه جزیره تبدیل شده است (Ministry of Culture and Islamic Guidance, 2024). طبق سرشماری ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان قشم ۱۴۸,۹۹۳ نفر است. به‌دلیل کمبود بارندگی و منابع آب شیرین، کشاورزی جزیره محدود به کشت‌های دیم است که تحت تأثیر نوسانات بارندگی قرار دارد. قشم همچنین دارای دو میدان گازی اصلی به نام‌های گَورزین و سرخون است که گاز تولیدی آن‌ها به پالایشگاه بندرعباس و مصرف شهری، صنعتی و نیروگاهی ارسال می‌شود (Mohammad-Qoli, 2021).

روش تحقیق

این پژوهش، از نظر روش‌شناسی، توصیفی-پیمایشی و از نظر هدف، کاربردی است. با استفاده از روش تحلیل شبکه اجتماعی (SNA[1])، تعاملات میان بخش‌های آب، انرژی و غذا در جزیره قشم بررسی شد. داده‌ها از طریق تحلیل اسناد، گزارش‌های رسمی و منابع دانشگاهی گردآوری گردید (Bryman, 2016).

به‌منظور شناسایی نهادهای مرتبط و بررسی نقش و روابط میان آن‌ها، بازدیدهای میدانی از منطقه مورد مطالعه انجام شد. در این مرحله، مرز شبکه نهادی با تعیین سازمان‌های فعال در حوزه همبست آب، انرژی و غذا مشخص شد. فرآیند نمونه‌گیری به‌صورت دومرحله‌ای انجام شد؛ ابتدا از روش گلوله‌برفی جهت شناسایی نهادهای کلیدی استفاده شد و در ادامه به بهره‌گیری از روش نمونه‌گیری شبکه کامل، فهرستی جامع از تمام نهادهای مرتبط تدوین شد. جامعه آماری پژوهش متشکل از ۴۱ نفر از مدیران، معاونان و کارشناسان نهادهای مرتبط بود. برای گردآوری داده‌ها، در مجموع ۱۲۳ پرسشنامه (۴۱ پرسشنامه برای هر یک از سه حوزه آب، انرژی و غذا) بین نهادهای مذکور توزیع و تکمیل شد. توزیع برابر پرسشنامه‌ها، با هدف افزایش قابلیت مقایسه میان سه بخش طراحی شده و لزوماً بازتاب‌دهنده وزن واقعی تعاملات نهادی نیست. این تفاوت در مرحله تحلیل و از طریق شاخص‌های ساختاری شبکه مدنظر قرار گرفت، به‌گونه‌ای که تنوع در شدت و تراکم روابط نهادی به‌وضوح آشکار شد. با توجه به ماهیت خوداظهاری داده‌های پرسشنامه‌ای، احتمال سوگیری‌های ادراکی یا گرایش به پاسخ‌های مطلوب‌اندیشانه وجود داشت. برای کاهش این اثر، پرسشنامه‌ها به‌صورت حضوری و همراه با توضیحات شفاهی برای پاسخ‌دهندگان تکمیل شدند. همچنین، با تأکید بر محرمانگی داده‌ها و استفاده صرفاً تحلیلی از نتایج، تلاش شد فضایی اعتمادمحور فراهم آید که مشارکت‌کنندگان را به ارائه اطلاعات واقعی‌تر از تعاملات بین‌نهادی ترغیب کند.

شدت روابط میان سازمان‌ها بر اساس طیف شش‌نقطه‌ای لیکرت از صفر تا ۵ سنجیده شد، به طوری که گزینه‌های صفر بیانگر عدم وجود رابطه، ۱ رابطه بسیار ضعیف و ۵ رابطه بسیار قوی را نشان می‌دهد. در تحلیل نهایی، امتیاز بالاتر از ۲ به صورت وجود رابطه معنی‌دار تعبیر شد. در نهایت، داده‌های حاصل، به‌صورت ماتریس باینری (صفر و یک) در نرم‌افزار Excel وارد شده و سپس جهت انجام تحلیل‌های شبکه اجتماعی به نرم‌افزار UCINET6 منتقل شد (Ghorbani *et al.*, 2021). این نرم‌افزار قابلیت محاسبه

1. Socail Network Analysis

شاخص‌ها و معیارهای متنوع تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی را دارد (Omondiagbe *et al.*, 2017). برای تحلیل داده‌ها، شاخص‌های انسجام و پایداری روابط سازمانی مورد بررسی قرار گرفت.

معیارهای «انسجام نهادی» و «پایداری روابط نهادی» بر مبنای مفاهیم استخراج‌شده از چارچوب تحلیل نهادی و توسعه (IAD[1]) انتخاب شده‌اند. این چارچوب که توسط ostrom و همکاران (1994) توسعه یافته است، بر عملکرد نهادها در موقعیت‌های اقدام تمرکز دارد و تعاملات میان کنشگران را از منظرهای مختلف تحلیل می‌کند (Ostrom *et al.*, 1994; Polski & Ostrom, 1999). در این چارچوب، انسجام به میزان هم‌راستایی و همکاری نهادی در شبکه سیاستی اشاره دارد و پایداری نشان‌دهنده ثبات روابط بلندمدت و تکرارشونده میان نهادها است که زمینه‌ساز شکل‌گیری اعتماد و کاهش تعارض می‌شود. این دو شاخص، در ادبیات حکمرانی منابع به‌عنوان عوامل کلیدی برای ارزیابی کارایی تعاملات نهادی و موفقیت در مدیریت منابع هم‌بسته مانند آب، انرژی و غذا معرفی شده‌اند (Ostrom, 2011; McGinnis, 2011; Bodin & Prell, 2011).

در سطح کلان، شاخص‌های تراکم، دوسویگی، انتقال‌یافتگی، تمرکز و میانگین فاصله ژئودزیک محاسبه شد، و در سطح میانی، شاخص مرکز-پیرامون ارزیابی گردید. این تحلیل‌ها تصویری جامع از ساختار حکمرانی در حوزه‌های آب، انرژی و غذا ارائه داده و مبنای تدوین استراتژی‌های بهبود مدیریتی را فراهم می‌کند. معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی شبکه نهادی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- معیارهای مورد بررسی در تحلیل روابط نهادی شبکه حکمرانی همبست آب، انرژی و غذا

Table 1- Criteria Examined in the Analysis of Institutional Relations in the WEF Governance Network

	معیارهای اجتماعی ـ سیاستی	تعاریف
شبکه دست‌اندرکاران سازمانی	انسجام نهادی	روابط همکاری و تبادل اطلاعات بین دست‌اندرکاران سازمان‌ها که سبب ایجاد شکل‌گیری ساختاری منسجم در شبکه سیاستی شده و از گسیختگی شبکه روابط ممانعت کرده و هم‌گرایی سازمانی را تقویت می‌نماید.
	پایداری روابط نهادی	این معیار به دوام و ثبات روابط بین دست‌اندرکاران سازمان‌ها اشاره دارد. به عبارت دیگر، پایداری روابط نهادی نشان‌دهنده توانایی شبکه در حفظ و تقویت روابط طولانی‌مدت و مستمر بین سازمان‌ها است. روابط پایدار به ایجاد اعتماد، تسهیل تبادل اطلاعات، و حمایت از همکاری‌های مؤثر کمک می‌کند و از تضعیف یا گسیختگی ساختار شبکه جلوگیری می‌نماید.

تحلیل شبکه اجتماعی (SNA) یک روش پیشرفته برای مطالعه ساختارهای اجتماعی است که با بهره‌گیری از نظریه گراف، روابط میان کنشگران را نمایش و تحلیل می‌کند (Cramer *et al.*, 2017; Scott, 2015). این روش علاوه بر درک ساختار روابط در حکمرانی، به تسهیل جریان دانش، تخصیص بهینه منابع و مدیریت تعارضات کمک می‌کند (Narayan *et al.*, 2020; Rojas *et al.*, 2020).

ساختار شبکه اجتماعی با تأثیرگذاری بر مدیریت چالش‌های پیچیده محیط‌زیستی، از طریق معیارهای متنوعی قابل ارزیابی است که روابط در سطح فردی، گروهی و کلان را تحلیل می‌کند (Valente, 2012; Ghorbani & Azadi, 2021). این تحلیل‌ها نقاط قوت

1. Institutional analysis and development

و ضعف شبکه را در دستیابی به اهداف حکمرانی و بهبود کارایی نظام‌ها آشکار می‌سازد.

یکی از شاخص‌های کلیدی در تحلیل شبکه اجتماعی، تراکم شبکه[1] است. تراکم به نسبت پیوندهای موجود در شبکه به پیوندهای بالقوه اشاره دارد. تراکم شبکه ارتباط مثبتی با انسجام اجتماعی و سرمایه اجتماعی دارد. تراکم بالای شبکه می‌تواند باعث افزایش اعتماد میان ذینفعان، تسهیل تبادل اطلاعات و منابع، و تقویت مشارکت و همکاری شود. همچنین، افزایش تراکم موجب گسترش فعالیت‌های مشارکتی می‌شود که خود به تقویت روابط دوسویه و توسعه پیوندهای بیشتر در شبکه منجر خواهد شد (Olsson *et al.,* 2007). به تبع آن، میزان سرمایه اجتماعی و انسجام اجتماعی افزایش یافته و فعالیت‌های مشارکتی تسهیل می‌شود (Pahl-Wostl & Knieper, 2014).

میزان دوسویگی[2] پیوندها یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی اعتماد و مشارکت متقابل در شبکه است (Hanneman& Riddle, 2015). هرچه میزان دوسویگی در شبکه بیشتر باشد، نشان‌دهنده روابط دوسویه سازنده و پایداری بیشتر شبکه است. این شاخص همچنین به ارزیابی میزان سرمایه اجتماعی در شبکه کمک می‌کند (Bodin & Prell, 2011).

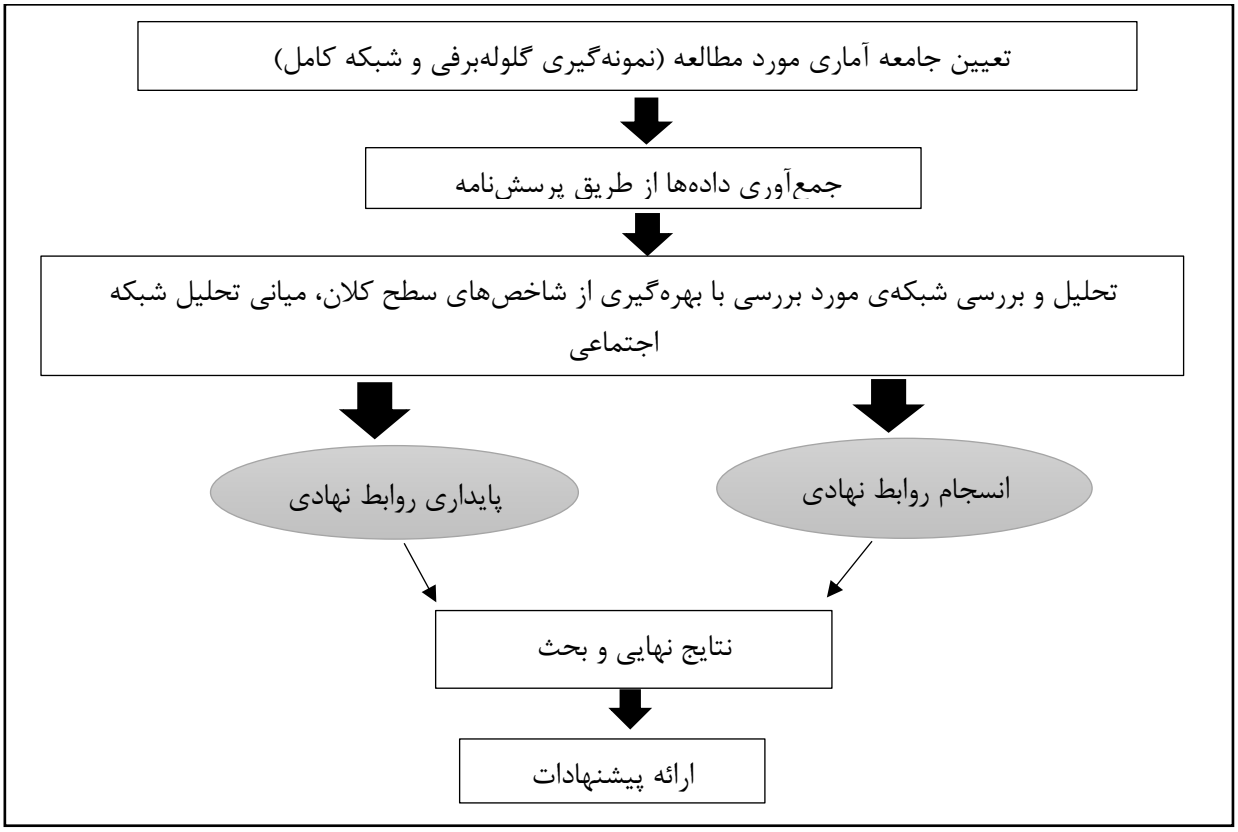
انتقال‌پذیری[3] شاخصی برای ارزیابی تعادل و توازن شبکه است. هرچه روابط سه‌گانه میان کنشگران بیشتر باشد، شبکه متعادل‌تر و مقاوم‌تر در برابر شکنندگی خواهد بود (Bodin & Prell, 2011). به عبارت دیگر، اگر کنشگر A پیوندی با کنشگر B داشته باشد و کنشگر B پیوندی با کنشگر C برقرار کند، انتقال‌یافتگی نشان‌دهنده فرصت کنشگر A برای ایجاد پیوند مستقیم با C است. این ویژگی به شبکه کمک می‌کند تا از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار باشد و روابط درون شبکه به صورت پایدارتر و مستحکم‌تری باقی بماند (Holling & Meffe, 1996).

تمرکز شبکه[4] یکی از شاخص‌های مهم در تحلیل شبکه است که درصدی از شبکه را که تحت کنترل افراد محدود با موقعیت مرکزی قرار دارد، نشان می‌دهد (Green *et al*., 2013). این شاخص به توزیع قدرت در شبکه اشاره دارد و ویژگی‌های کلی شبکه را مشخص می‌کند (Bordons *et al.,* 2015).

میانگین فاصله ژئودزیک[5] به‌عنوان میانگین کوتاه‌ترین فاصله بین کنشگران در شبکه، سرعت تبادل اطلاعات را اندازه‌گیری می‌کند. هرچه این فاصله کمتر باشد، سرعت بیشتر در تبادل و مشارکت بهتر میان ذینفعان را نشان می‌دهد که منجر به همبستگی و اتحاد بیشتر در شبکه می‌شود. این امر در مدیریت بحران منابع طبیعی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا کاهش این فاصله به تسهیل هماهنگی و دسترسی سریع‌تر میان افراد کمک می‌کند (Hanneman & Riddle, 2005; Bodin & Prell, 2011).

شاخص مرکز-پیرامون[6] کنشگران شبکه را به دو گروه مرکزی و پیرامونی تقسیم می‌کند. در گروه مرکزی، روابط گسترده‌تر باعث افزایش تراکم شبکه می‌شود، در حالی که در گروه پیرامونی، تراکم شبکه کمتر است (Newig & Pehl-Wostl, 2010; Ghorbani, 2014). این شاخص به‌طور کلی به تحلیل زیرگروه‌ها و قدرت‌های اجتماعی در شبکه کمک می‌کند و می‌تواند در مدیریت مشارکتی و حکمرانی موفق منابع آب، انرژی و غذا مفید باشد. فلوچارت فرآیند انجام تحقیق در شکل ۳ نشان داده شده است.

1. Network Density
2. Reciprocity
3. Transitivity
4. Centralization
5. Geodesic Distance
6. Core - Periphery

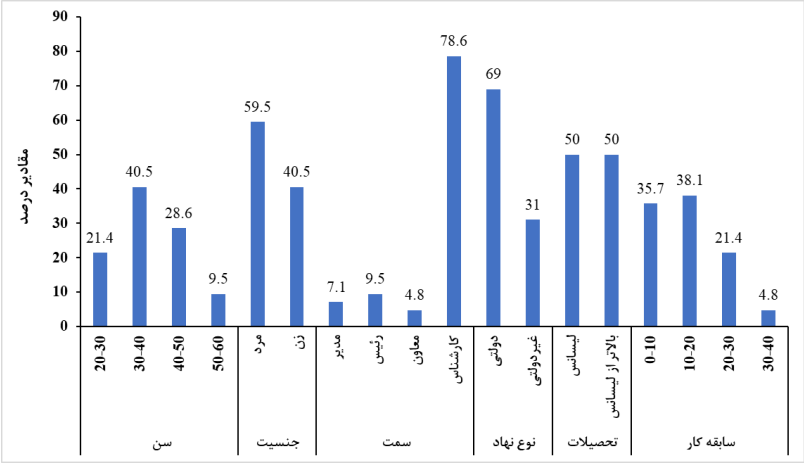


شکل ۳. فلوچارت مراحل انجام پژوهش

Figure 3 - Research Process Steps

نتایج

به‌منظور تعیین نظام حکمرانی در همبست آب-انرژی-غذا در جزیره قشم، پرسشنامه‌ای بر اساس میزان تعاملات در سطح سازمان‌های مختلف تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب، برای درک بهتر وضعیت و خصوصیات جامعه آماری، آمار توصیفی آن‌ها (شامل سن، جنسیت، سمت، نوع سازمان و میزان تحصیلات در سطح سازمان) در پرسشنامه‌ها گنجانده شده و از آن‌ها سوال شد. نتایج مربوط به آمار توصیفی نهادی در شکل ۴ آورده شده است.



شکل ۴- مشخصات جامعه آماری مورد مطالعه در پژوهش

Figure 4- Characteristics of the statistical population in the research

براساس شکل ۴، اکثریت پاسخ‌دهندگان پرسشنامه تحلیل شبکه اجتماعی همبست آب، انرژی و غذا در منطقه مورد مطالعه را نمایندگان سازمان‌های مرتبط با این سه حوزه، در بازه سنی ۳۰ تا ۴۰ سال (۴۰/۵ درصد) تشکیل می‌دهند که نشان‌دهنده حضور فعال نیروهای میانسال و با تجربه در ساختار حکمرانی منابع است. از این میان، ۵۹/۵ درصد مرد و ۷۸/۶ درصد دارای عنوان شغلی کارشناس بودند. همچنین، ۶۹ درصد پاسخ‌دهندگان در سازمان‌های دولتی و ۳۱ درصد در سازمان‌های غیردولتی فعالیت می‌کنند که این بیانگر غلبه ساختار دولتی در مدیریت منابع آب، انرژی و غذا در جزیره قشم است. اکثر افراد نیز دارای تحصیلات لیسانس، فوق لیسانس یا بالاتر و عمدتاً بین ۱۰ تا ۲۰ سال (۳۸/۱ درصد) سابقه کاری داشتند. لیست سازمان‌های مرتبط با همبست آب، انرژی و غذا در جزیره قشم در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- فهرست نهادهای مرتبط و نقش‌های آن‌ها در حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا در جزیره قشم

Table 3- List of Relevant Organizations and Their Roles in the Governance of Water, Energy, and Food Nexus on Qeshm Island

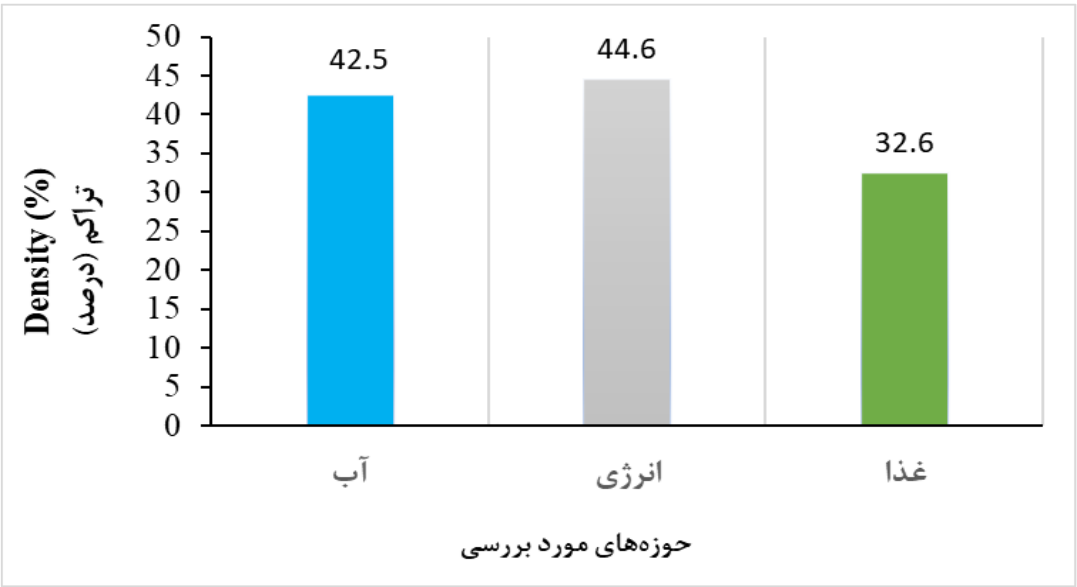
ردیف	کنشگر	نقش
۱	سازمان منطقه آزاد قشم	راهبری، سیاست‌گذاری و تسهیل‌گری در توسعه اقتصادی، تجاری و گردشگری جزیره قشم
۲	اداره برق شهرستان قشم	مدیریت، نظارت و اجرای عملیات تامین، توزیع و نگهداری برق در سطح شهرستان قشم
۳	اداره آب و فاضلاب قشم	مدیریت، بهره‌برداری و نظارت بر تامین، توزیع آب شرب و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در سطح شهرستان قشم
۴	شرکت آب و برق تاسیسات منطقه آزاد قشم	تامین،تولید، انتقال و توزیع آب و برق در محدوده منطقه آزاد قشم، همچنین احداث، نگهداری و بهره‌برداری از تاسیسات زیربنایی مرتبط با آب، برق، فاضلاب و انرژی
۵	اداره گاز شهرستان قشم	اجرای طرح‌های توسعه گاز رسانی، بهره‌برداری، نگهداری و خدمت رسانی در حوزه گاز طبیعی در سطح شهرستان قشم
۶	اداره جهاد کشاورزی شهرستان قشم	مدیریت، حمایت و نظارت بر فعالیت‌های کشاورزی، دامداری، شیلات و منابع طبیعی در سطح شهرستان قشم
۷	اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان قشم	حفاظت، مدیریت و احیای منابع طبیعی، اجرای طرح‌های آبخیزداری، مقابله با بیابان‌زایی و حفاظت از جنگل‌ها و مراتع در شهرستان قشم
۸	اداره شیلات شهرستان قشم	مدیریت، حفاظت و بهره‌برداری پایدار از منابع دریایی و آبزیان، توسعه صیادی، پرورش آبزیان و اجرای طرح‌های شیلاتی در شهرستان قشم
۹	اداره صنعت، معدن و تجارت شهرستان قشم (صمت)	نظارت بر توسعه و مدیریت صنایع، معادن و تجارت در شهرستان قشم، صدور مجوزهای لازم برای فعالیت‌های اقتصادی، حمایت از تولیدات محلی و توسعه صادرات
۱۰	اداره امور مالیاتی قشم	وصول مالیت‌های مستقیم و غیرمستقیم، اجرای سیاست‌های مالیاتی در سطح شهرستان قشم و نظارت بر معاملات اقتصادی و تجاری
۱۱	فرمانداری شهرستان قشم	نظارت و مدیریت اجرایی امور عمومی، هماهنگی بین دستگاه‌های دولتی، اجرای سیاست‌های دولت در سطح شهرستان و پیگیری پروژه‌های توسعه‌ای در قشم. نقش مهمی در تامین امنیت، برنامه‌ریزی توسعه شهری و روستایی، هماهنگی در مسائل اجتماعی، اقتصادی و خدماتی
۱۲	اداره حفاظت محیط‌زیست شهرستان قشم	نظارت، حفاظت و مدیریت منابع طبیعی، حیات‌وحش، مناطق حفاظت‌شده و محیط زیست شهرستان قشم. اجرای قوانین و مقررات محیط‌زیستی، مقابله با آلودگی‌ها و حفاظت از تنوع‌زیستی و اکوسیستم‌های محلی
۱۳	اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی شهرستان قشم	مدیریت و نظارت بر امور تعاون، اشتغال، رفاه اجتماعی و بهبود شرایط کار در شهرستان قشم. حمایت از اقشار مختلف جامعه، تسهیل در ایجاد و توسعه تعاونی‌ها، پیگیری برنامه‌های اشتغال‌زایی و ارائه خدمات رفاهی به شهروندان
۱۴	اداره میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری شهرستان قشم	حفاظت از میراث فرهنگی، توسعه گردشگری و صنایع دستی، معرفی جاذبه‌های طبیعی و تاریخی قشم
۱۵	اداره راه و شهرسازی شهرستان قشم	نظارت، مدیریت و اجرای پروژه‌های زیرساختی مربوط به راه‌ها، حمل و نقل جاده‌ای، مسکن، شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری در شهرستان قشم. مسئول ساخت و نگهداری جاده‌ها، پل‌ها، تاسیسات حمل و نقل و همچنین توسعه پروژه‌های مسکن و شهرسازی در منطقه

ردیف	کنشگر	نقش
۱۶	معاونت غذا و دارو شهرستان قشم- دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان	نظارت بر سلامت و ایمنی مواد غذایی، دارو، فرآورده‌های بهداشتی و صدور مجوزهای بهداشتی در قشم
۱۷	اداره دارو، مواد غذایی و آشامیدنی، آرایش و بهداشتی، مکمل و فرآورده های طبیعی استان هرمزگان	نظارت بر کیفیت و ایمنی محصولات دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی در سطح استان، صدور مجوزها و پروانه‌های بهداشتی مربوط به تولید و توزیع، همکاری با سایر نهادهای نظارتی و قضایی در موارد تخلف یا بحران های سلامت
۱۸	اداره کل آزمایشگاه های مرجع کنترل غذا، دارو و تجهیزات پزشکی استان هرمزگان	کنترل کیفیت و ایمنی موادغذایی، دارویی، آرایشی، بهداشتی و فرآورده‌های طبیعی از طریق انجام آزمایش‌های تخصصی و صدور مجوزهای بهداشتی
۱۹	شرکت آب، برق و تاسیسات قشم	تامین، تولید و توزیع آب و برق و مدیریت زیرساخت‌های مرتبط در محدوده منطقه آزاد قشم
۲۰	شرکت تولید آب و برق قشم مپنا	تولید هم زمان ۵۰ مگاوات برق و ۱۸۰۰۰ مترمکعب آب شیرین در روز برای تامین نیازهای ساکنان و صنایع جزیره قشم
۲۱	نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم مپنا	تامین برق و آب شیرین برای جزیره قشم از طریق تولید همزمان انرژی و شیرین سازی آب دریا با راندمان بالا
۲۲	شرکت پیرامون سیستم قشم	طراحی، ساخت و ارائه سیستم‌های آنالیز و نمونه برداری آنلاین برای صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی
۲۳	شرکت مهندسی برق و الکترونیک قشم ولتاژ	طراحی،تولید و عرضه سیستم‌های اتوماسیون صنعتی، ابزار دقیق و تابلوهای برق هوشمند برای صنایع مختلف
۲۴	شرکت مهندسی رعدآب جنوب	تامین آب شرب در جزایر استان هرمزگان از طریق احداث و بهره‌برداری از تاسیسات آب شیرین‌کن به روش BOO
۲۵	شرکت سرمایه گذاری نفت قشم	طراحی، ساخت و بهره‌برداری از تاسیسات ذخیره‌سازی، انتقال و صادرات نفت و میعانات گازی در جزیره قشم
۲۶	شرکت صنایع پتروشیمی بین الملل قشم	تولید محصولات پتروشیمی مانند پلی‌پروپیلن و متانول از گاز طبیعی، با هدف توسعه صنعتی و تکمیل زنجیره ارزش در جزیره قشم
۲۷	شرکت عمران قشم	طراحی، ساخت و توسعه پروژه‌های عمرانی و زیربنایی، توسعه زرساخت‌های شهری و جاده‌ای، نظارت بر اجرای پروژه‌های عمرانی، حمایت از توسعه پایدار منطقه آزاد قشم
۲۸	شرکت پالایش گاز سرخون و قشم	فعالیت در بخش استحصال و پالایش گاز طبیعی، مایعات گازی همراه و گاز مایع حوزه کازی سرخون در منطقه بندرعباس و حوزه گازی گورزین در جزیره قشم
۲۹	پالایشگاه گاز گورزین قشم	فرآورش گاز طبیعی، تثبیت میعانات گازی، تامین گاز پالایشگاه‌های جنوب و صادرات میعانات گازی
۳۰	پارک زیست فناوری خلیج فارس قشم	توسعه زیست فناوری، حمایت از شرکت‌های دانش بنیان،تجاری‌سازی نوآوری‌ها و تبدیل قشم به قطب زیست‌فناوری کشور
۳۱	مؤسسه آموزش عالی قشم	ارائه آموزش‌های دانشگاهی در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد، با تمرکز بر توسعه علمی و پژوهشی در حوزه‌های غیرپزشکی
۳۲	دانشگاه پیام نور مرکز بین‌الملل قشم	ارائه رشته‌های مرتبط با منابع طبیعی، کشاورزی و محیط‌زیست، تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه‌های آب، غذا و انرژی، انجام تحقیقات کاربردی در راستای توسعه پایدار منطقه و کشور
۳۳	دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم	راه‌اندازی قطب علمی اقتصاد دریا و انرژی، توسعه علمی و پژوهشی در زمینه‌های شیلات و آبزی‌پروری، راه‌اندازی مرکز تحقیقات پرورش آبزیان، تمرکز بر بهره‌برداری پایدار از منابع دریایی، آموزش و پژوهش در زمینه نفت و انرژی
۳۴	موسسه حفاظت از محیط زیست دریاگستر نمونه قشم	انجام پژوهش‌های علمی درباره گونه‌های دریایی، ارائه راهکارهای علمی برای حفاظت از تنوع زیستی خلیج فارس، همکاری با نهادهای ملی و بین‌المللی در حوزه محیط‌زیست دریایی، اطلاع رسانی و افزایش آگاهی عمومی در زمینه حفاظت محیط‌زیست دریایی
۳۵	شرکت گسترش انرژی پاسارگاد	تولید و تامین برق،توسعه میادین نفت و گاز، احداث زیرساخت‌های انرژی، پشتیبانی غیرمستقیم از امنیت غذایی و منابع آب، کمک به توسعه پایدار و تاب‌آوری منطقه‌ای
۳۶	شرکت پخش سراسری یک و یک- مرکز پخش بندرعباس	توزیع و تامین مواد غذایی بسته‌بندی شده در منطقه، تسهیل دسترسی به محصولات غذایی صنعتی، پشتیبانی از امنیت غذایی منطقه با تامین زنجیره توزیع

ردیف	کنشگر	نقش
۳۷	شرکت صنعتی لادن- مرکز پخش بندرعباس	تولید و عرضه روغن‌های خوراکی، تامین بخشی از نیاز داخلی کشور به روغن نباتی، همکاری با صنعت غذا و بهبود زنجیره تامین مواد اولیه در حوزه مواد غذایی
۳۸	شرکت صنایع غذایی گل‌ها- مرکز پخش بندرعباس	توزیع و تامین انواع روغن‌های خوراکی در سطح استان هرمزگان، پشتیبانی از زنجیره تامین فروشگاه‌ها، رستوران‌ها و مراکز تهیه غذا
۳۹	شرکت نظارت بر ضوابط بهداشت انسانی و استاندارد قشم	نظارت بر کیفیت و ایمنی محصولات، صدور گواهینامه‌های استاندارد، بازرسی و نمونه‌برداری، همکاری با سایر نهادها برای ارتقائ سطح کیفیت و ایمنی محصولات در منطقه
۴۰	اداره غذا و دارو و استاندارد منطقه آزاد قشم	نظارت موازی در محدوده منطقه آزاد بر کالاهای وارداتی یا تولیدی، صدور مجوز یا تاییدیه برای فعالیت‌های تجاری در محدوده منطقه آزاد
۴۱	شبکه بهداشت و درمان شهرستان قشم	تأمین خدمات بهداشتی-درمانی، نظارت بر مراکز درمانی، آزمایش نمونه‌های آب، فاضلاب، مواد غذایی و عوامل زیان‌آور محیط کار، اعمال ضوابط و مقررات بهداشت مواد غذایی

سطح کلان

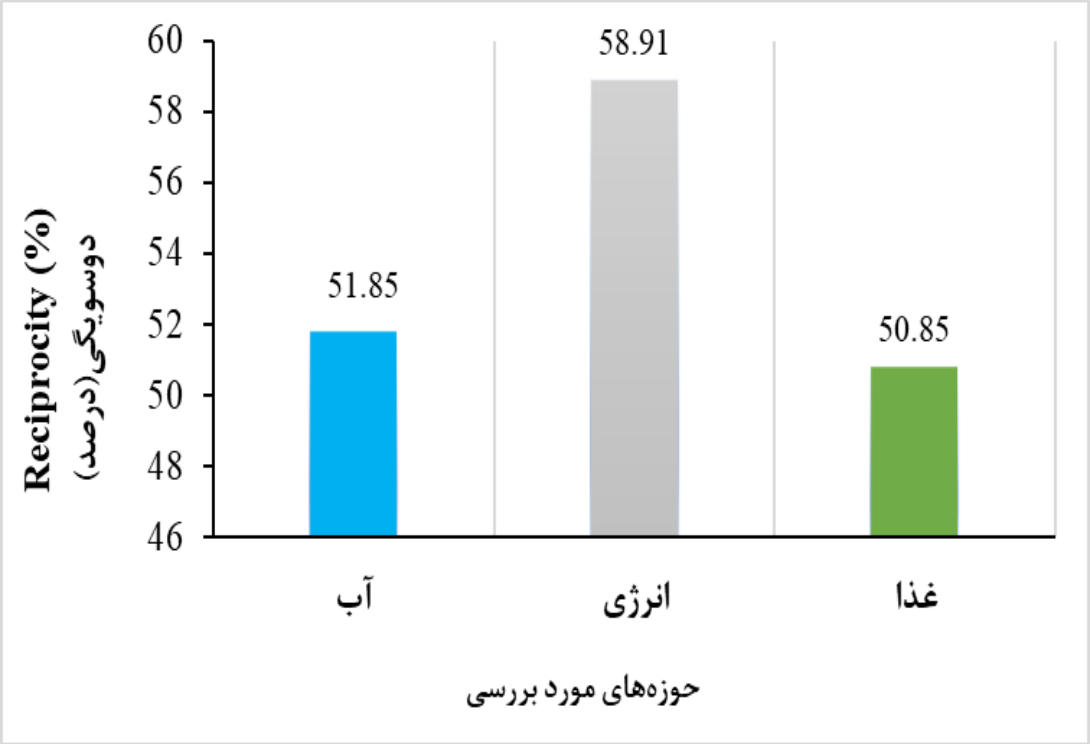
در سطح کلان شبکه نهادی، شاخص‌های تراکم، دوسویگی، انتقال‌پذیری، تمرکز و میانگین فاصله ژئودزیک اندازه‌گیری شدند. به‌طور کلی، این شاخص‌ها در حوزه‌های آب، انرژی و غذا وضعیت مطلوبی نداشتند و نشان‌دهنده انسجام کم سازمانی در این شبکه‌ها هستند. تراکم شبکه، نسبت تعداد ارتباطات موجود به کل ارتباطات ممکن در شبکه است و شاخصی کلیدی برای سنجش میزان همبستگی و یکپارچگی میان سازمان‌ها به شما می‌رود. شبکه انرژی با تراکم ۴۴/۶ درصد، دارای بیشترین میزان ارتباطات است که بیانگر ساختاری نسبتاً منسجم و تسهیل جریان اطلاعات، منابع و تصمیم‌گیری بین سازمان‌های این حوزه است. این سطح از تراکم می‌تواند موجب افزایش سرعت انتقال اطلاعات و انعطاف‌پذیری شبکه در مواجهه با چالش‌ها شود. شبکه آب با تراکم ۴۲/۵ درصد نیز وضعیت نسبتاً مطلوبی دارد، اما همچنان کمتر از نیمی از ارتباطات بالقوه برقرار شده است و ظرفیت بهبود همکاری بین نهادی وجود دارد. در مقابل، شبکه غذا با تراکم ۳۲/۶ درصد، کمترین میزان ارتباطات را داراست که نشان‌دهنده ساختاری پراکنده‌تر، ضعف در هماهنگی و احتمال کندی در انتقال اطلاعات و منابع است.



شکل ۵- مقادیر شاخص تراکم در بخش‌های مختلف در حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا

Figure 5- Values of Density Index Across Different Sectors in the Governance of the Water-Energy-Food Nexus

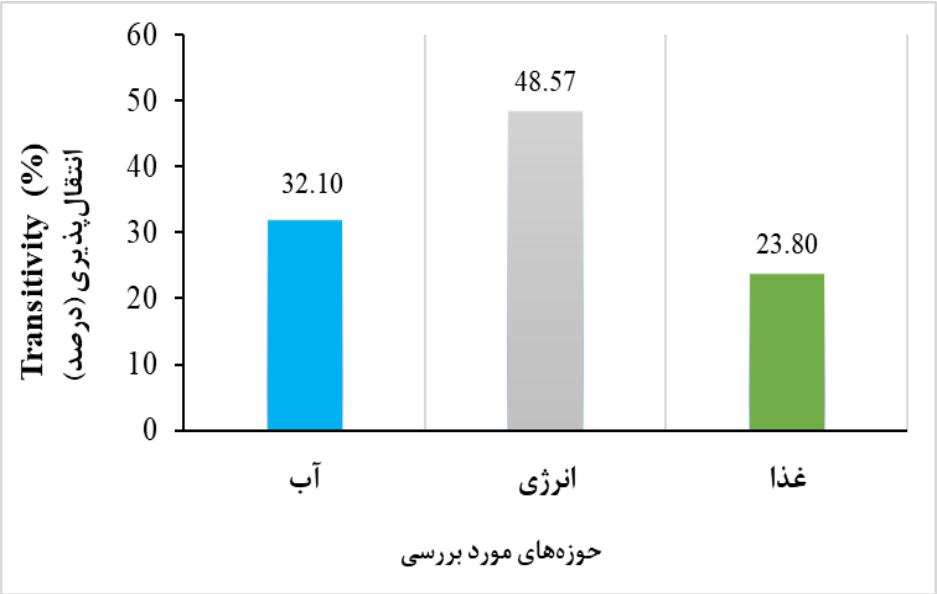
شاخص دوسویگی در تحلیل شبکه اجتماعی، نسبت روابط متقابل به کل ارتباطات موجود را نشان می‌دهد و معیاری کلیدی برای سنجش کیفیت تعاملات میان کنشگران در شبکه است. بررسی این شاخص در شبکه‌های سه‌گانه همبست آب، انرژی و غذا، به الگوی معناداری اشاره دارد. شبکه انرژی با دوسویگی ۵۸/۹۱ درصد، بالاترین میزان تعاملات متقابل را نشان می‌دهد که حاکی از توان قدرت نسبی و اعتماد متقابل بین سازمان‌های این حوزه است. پس از آن شبکه آب با ۵۱/۸۵ درصد و در نهایت شبکه غذا با ۵۰/۸۵ درصد قرار می‌گیرند. در مقابل نتایج نشان می‌دهد که نیمی از ارتباطات همچنان یک‌طرفه هستند که نشان می‌دهد برخی سازمان‌ها صرفاً دریافت‌کننده یا ارسال‌کننده ارتباطات هستند.



شکل ۶- مقادیر شاخص دوسویگی در بخش‌های مختلف همبست آب-انرژی-غذا

Figure 6- Reciprocity Index Values in Various Sectors of the Water-Energy-Food Nexus

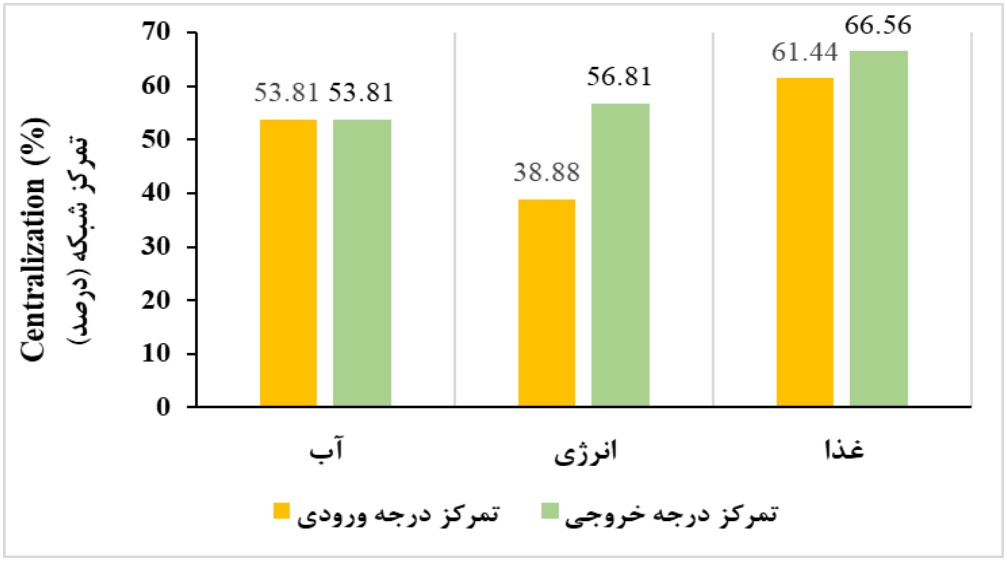
شاخص انتقال‌پذیری در تحلیل شبکه اجتماعی، معیاری برای سنجش میزان شکل‌گیری ساختارهای سه‌وجهی و مثلث‌بندی در شبکه است. از منظر فنی، این شاخص احتمال برقراری ارتباط بین دو کنشگر را در صورت ارتباط هر دو فرد با کنشگر سوم نشان می‌دهد (شکل ۷). شبکه انرژی با انتقال‌پذیری ۴۸/۵۷ درصد، بالاترین میزان انتقال‌پذیری را دارد که به معنای توانایی بیشتر این شبکه در حفظ و توسعه پیوندهای سه‌گانه است. پس از آن، شبکه آب با ۳۲/۱ درصد قرار دارد و شبکه غذا با ۲۳/۸۰ درصد کمترین میزان انتقال‌پذیری را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، این درصدهای پایین در تمامی سه شبکه نشان‌دهنده ضعف در حفظ پیوندهای سه‌گانه و چالش نهادها در ایجاد و تثبیت پیوندهای چندگانه است که موجب تسهیل یادگیری جمعی و انتقال دانش ضمنی میان سازمان‌ها می‌شود. در کمتر از نیمی از موارد، هنگامی‌که دو سازمان با یک سازمان سوم ارتباط دارند، بین خودشان نیز پیوند برقرار می‌کنند.



شکل ۷- مقادیر شاخص انتقال‌یافتگی در بخش‌های مختلف همبست آب-انرژی-غذا

Figure 7- Transitivity Index Values in Various Sectors of the Water-Energy-Food Nexus

نتایج شاخص تمرکز در شبکه‌های آب، انرژی و غذا (شکل ۸) نشان می‌دهد که تمامی این شبکه‌ها دارای سطح بالایی از تمرکز هستند، به‌طوری‌که تعداد محدودی از نهادها در توزیع و دریافت اطلاعات و منابع نقش کلیدی ایفا می‌کنند. با این وجود، میزان تمرکز در هر شبکه متفاوت است.

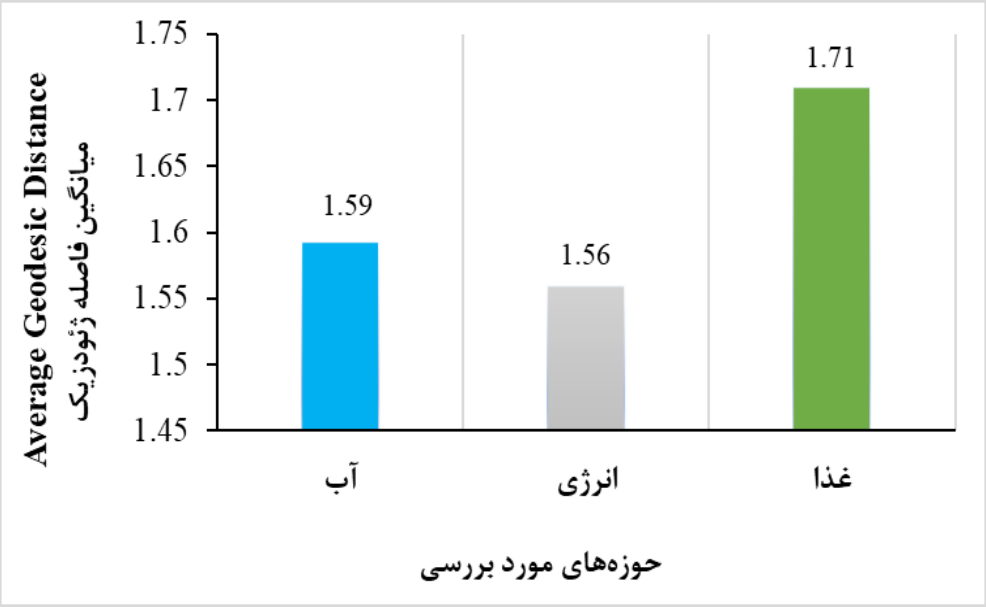


شکل ۸- مقادیر شاخص تمرکز در بخش‌های مختلف همبست آب-انرژی-غذا

Figure 8- Centralization Index Values in Various Sectors of the Water-Energy-Food Nexus

تمرکز درجه ورودی و خروجی در شبکه آب ۵۳/۸۱ درصد است که نشان‌دهنده نقش محوری برخی سازمان‌ها در توزیع منابع و اطلاعات (تمرکز درجه خروجی) و در عین حال دریافت قابل‌توجهی از اطلاعات و منابع خود (تمرکز درجه ورودی) از سایر نهادها است. در شبکه انرژی تمرکز درجه ورودی ۳۸/۸۸ درصد و تمرکز درجه خروجی ۵۶/۸۱ درصد است. تفاوت میان این دو شاخص نشان‌دهنده

تأثیرگذاری بیشتر برخی نهادها بر دیگران و وابستگی کمتر آن‌ها به ورودی‌های سایر سازمان‌ها است. این امر نشانگر نقش مسلط برخی بازیگران کلیدی در توزیع اطلاعات و منابع است. شبکه غذا بالاترین میزان تمرکز را دارد، به‌طوری که تمرکز درجه ورودی ۶۱/۴۴ درصد و تمرکز درجه خروجی ۶۶/۵۶ درصد است. این ارقام نشان می‌دهد که جریان منابع و اطلاعات در این شبکه وابستگی شدیدی به تعداد کمی از نهادهای کلیدی دارد و ممکن است انعطاف‌پذیری شبکه را کاهش دهد. میانگین فاصله ژئودزیک نشان‌دهنده میانگین کوتاه‌ترین مسیر بین هر دو نهاد در شبکه است. این شاخص در شبکه‌های آب، انرژی و غذا به‌ترتیب برابر با ۱/۵۹، ۱/۵۶ و ۱/۷۱ بوده (شکل ۹) و در تمامی شبکه‌ها بالاتر از ۱/۵ است.



شکل ۹- مقادیر شاخص میانگین فاصله ژئودزیک در بخش‌های مختلف همبست آب-انرژی-غذا

Figure 9- Values of the Average Geodesic Distance Index in Different Sectors of the Water-Energy-Food Nexus

سطح میانی

بررسی ساختار شبکه‌های حکمرانی آب، انرژی و غذا در جزیره قشم با استفاده از شاخص مرکز-پیرامون، الگوی متفاوتی از تمرکز قدرت و نقش‌آفرینی نهادها را آشکار می‌سازد. جدول ۴ فهرست نهادهای مرکزی و پیرامونی هر شبکه را نشان می‌دهد. سازمان‌های منطقه آزاد و فرمانداری قشم در هر سه شبکه نقش مرکزی و کلیدی دارند که بیانگر قدرت و اهمیت آن‌ها در مدیریت منابع آب، انرژی و غذا در منطقه است.

همچنین به‌منظور درک بهتر روابط و میزان اندازه شاخص محاسبه‌شده در سطح میانی شبکه نهادی، تراکم شبکه در سطح زیرگروه‌های مرکزی و پیرامونی در هر سه حوزه آب، انرژی و غذا در جدول ۵ ارائه شده است. شبکه آب با ۱۷ نهاد مرکزی و ۲۷ نهاد پیرامونی، ساختار متعادل‌تری نسبت به دو شبکه دیگر دارد. شبکه انرژی با ۲۰ نهاد مرکزی و ۲۴ نهاد پیرامونی، بیشترین تمرکز قدرت را نشان می‌دهد. شبکه غذا با ۱۶ نهاد مرکزی و ۲۸ نهاد پیرامونی، پراکندگی بیشتری در ساختار قدرت دارد. سازمان منطقه آزاد قشم و فرمانداری قشم در هر سه شبکه جایگاه مرکزی دارند که نشان‌دهنده نقش محوری آنها در حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا است. این امر بیانگر تمرکز قدرت تصمیم‌گیری در این دو نهاد اداری-اجرایی است. اداره راه و شهرسازی نیز در هر سه شبکه مرکزی است که اهمیت زیرساخت‌های فیزیکی را در پیوند سه بخش نشان می‌دهد.

جدول ۴- فهرست نهادهای مرکزی و پیرامونی حوزه آب، انرژی و غذا
Table 4- List of Central and Peripheral Institutions in the Water, Energy, and Food Sectors

زمان	ذینفعان مرکزی	ذینفعان پیرامونی
شبکه آب	سازمان منطقه آزاد قشم، اداره برق، اداره آب و فاضلاب، شرکت آب منطقه‌ای، اداره جهاد کشاورزی شهرستان قشم، اداره منابع‌طبیعی و آبخیزداری قشم، اداره شیلات قشم، اداره کل صنعت، معدن و تجارت قشم (صمت)، اداره امور مالیاتی قشم، فرمانداری قشم، اداره حفاظت محیط‌زیست قشم، اداره میراث فرهنگی و گردشگری قشم، اداره راه و شهرسازی قشم، معاونت غذا و دارو شهرستان قشم-دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان ، شرکت آب، برق و تاسیسات سازمان منطقه آزاد قشم، شرکت تولید آب و برق قشم مپنا، نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم	اداره گاز، اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی، اداره دارو، مواد غذایی و آشامیدنی، آرایش و بهداشتی، مکمل و فرآورده های طبیعی استان هرمزگان، اداره کل آزمایشگاه های مرجع کنترل غذا، دارو و تجهیزات پزشکی استان هرمزگان ، شرکت پیرامون سیستم قشم، شرکت مهندسی برق و الکترونیک قشم ولتاژ، شرکت مهندسی رعدآب جنوب، شرکت سرمایه‌گذاری نفت قشم، شرکت صنایع پتروشیمی بین‌الملل قشم، شرکت عمران قشم، شرکت پالایش گاز سرخون و قشم، پالایشگاه گاز گورزین قشم، پارک زیست‌فناوری خلیج فارس قشم، موسسه آموزش عالی قشم، دانشگاه پیام نور واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، موسسه حفاظت از محیط‌زیست دریاگستر نمونه قشم، شرکت گسترش انرژی پاسارگاد، شرکت پخش سراسری یک و یک، شرکت صنعتی لادن، شرکت صنایع غذایی گل‌ها، شرکت نظارت بر ضوابط بهداشت انسانی و استاندارد قشم، اداره غذا و دارو و استاندارد منطقه آزاد قشم، شبکه بهداشت و درمان شهرستان قشم
شبکه انرژی	سازمان منطقه آزاد قشم، اداره برق، اداره، اداره صنعت، معدن و تجارت، فرمانداری، اداره حفاظت محیط‌زیست، اداره راه و شهرسازی، شرکت آب، برق و تاسیسات سازمان منطقه آزاد قشم، شرکت تولید آب و برق قشم مپنا، نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم، شرکت پیرامون سیستم قشم، شرکت مهندسی برق و الکترونیک قشم ولتاژ، شرکت مهندسی رعدآب جنوب، شرکت سرمایه‌گذاری نفت قشم، شرکت صنایع پتروشیمی بین‌الملل قشم، شرکت عمران قشم، شرکت پالایش گاز سرخون و قشم، پالایشگاه گاز گورزین قشم، موسسه آموزش عالی قشم، موسسه حفاظت از محیط‌زیست دریاگستر نمونه قشم، شرکت گسترش انرژی پاسارگاد	اداره آب و فاضلاب، شرکت آب منطقه‌ای، اداره جهاد کشاورزی، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، اداره شیلات، اداره امور مالیاتی، اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی، اداره میراث فرهنگی و گردشگری، معاونت غذا و دارو شهرستان قشم-دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، اداره دارو، مواد غذایی و آشامیدنی، آرایش و بهداشتی، مکمل و فرآورده های طبیعی استان هرمزگان، اداره کل آزمایشگاه های مرجع کنترل غذا، دارو و تجهیزات پزشکی استان هرمزگان، پارک زیست‌فناوری خلیج فارس قشم، دانشگاه پیام نور واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، شرکت پخش سراسری یک و یک، شرکت صنعتی لادن، شرکت صنایع غذایی گلها، شرکت نظارت بر ضوابط بهداشت انسانی و استاندارد قشم، اداره غذا و دارو و استاندارد منطقه آزاد قشم ، شبکه بهداشت و درمان شهرستان قشم
شبکه غذا	سازمان منطقه آزاد قشم، اداره جهاد کشاورزی، اداره شیلات، فرمانداری، اداره راه و شهرسازی، معاونت غذا و دارو شهرستان قشم-دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، اداره دارو، مواد غذایی و آشامیدنی، آرایش و بهداشتی، مکمل و فرآورده های طبیعی استان هرمزگان، موسسه آموزش عالی قشم، دانشگاه پیام نور واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، موسسه حفاظت از محیط‌زیست دریاگستر نمونه قشم، شرکت پخش سراسری یک و یک، شرکت صنعتی لادن، شرکت صنایع غذایی گل‌ها، شرکت نظارت بر ضوابط بهداشت انسانی و استاندارد قشم، اداره غذا و دارو و استاندارد منطقه آزاد قشم	اداره برق، اداره آب و فاضلاب، اداره گاز، اداره منابع‌طبیعی و آبخیزداری، اداره صنعت، معدن و تجارت، اداره امور مالیاتی قشم، اداره حفاظت محیط‌زیست، اداره تعاون، کار و رفاه اجتماعی، اداره میراث فرهنگی و گردشگری، اداره کل آزمایشگاه‌های مرجع کنترل غذا، دارو و تجهیزات پزشکی استان هرمزگان، شرکت آب، برق و تاسیسات سازمان منطقه آزاد قشم، شرکت تولید آب و برق قشم مپنا، نیروگاه تولید همزمان آب و برق قشم، شرکت پیرامون سیستم قشم، شرکت مهندسی برق و الکترونیک قشم ولتاژ، شرکت مهندسی رعدآب جنوب، شرکت سرمایه‌گذاری نفت قشم، شرکت صنایع پتروشیمی بین‌الملل قشم، شرکت عمران قشم، شرکت پالایش گاز سرخون و قشم، پالایشگاه گاز گورزین قشم، پارک زیست‌فناوری خلیج فارس قشم، شرکت گسترش انرژی پاسارگاد، شبکه بهداشت و درمان شهرستان قشم

تحلیل تراکم شبکه در سه حوزه آب، انرژی و غذا نشان می‌دهد که گروه‌های مرکزی ارتباطات قوی‌تری دارند، در حالی که گروه‌های پیرامونی ارتباطات محدودی دارند که بیانگر تمرکز بالای تعاملات در نهادهای کلیدی است، به‌طوری‌که نهادهای غیرمرکزی به‌طور عمده از تعاملات جدا هستند و به‌تبع آن، همبستگی کمتری در شبکه‌های پیرامونی مشاهده می‌شود.

جدول ۵- تراکم شبکه در سطح زیرگروه‌های مرکزی و پیرامونی
Table 5- Network Density at the Central and Peripheral Subgroup Levels

تراکم شبکه در سطح زیرگروه‌های مرکزی و پیرامونی آب (درصد)		
	گروه‌های مرکزی	گروه‌های پیرامونی
گروه‌های مرکزی	۸۷/۱	۴۳/۶
گروه‌های پیرامونی	۴۴/۹	۱۷/۹
تراکم شبکه در سطح زیرگروه‌های مرکزی و پیرامونی انرژی (درصد)		
	گروه‌های مرکزی	گروه‌های پیرامونی
گروه‌های مرکزی	۹۳/۳	۳۵/۵
گروه‌های پیرامونی	۳۸/۸	۷/۱
تراکم شبکه در سطح زیرگروه‌های مرکزی و پیرامونی غذا (درصد)		
	گروه‌های مرکزی	گروه‌های پیرامونی
گروه‌های مرکزی	۷۸/۷	۴۵/۱
گروه‌های پیرامونی	۳۲/۴	۰

بحث

با وجود مزایای شناخته‌شده سیاست‌گذاری یکپارچه در شبکه‌های آب، انرژی و غذا، تصمیمات حکمرانی غالباً بدون همکاری مناسب درون و میان‌بخش‌ها اتخاذ می‌شوند، که این امر می‌تواند به پیامدهای ناخواسته و تهدید امنیت منابع منجر شود. به‌کارگیری رویکردهای حکمرانی مشارکتی می‌تواند فرصتی برای حرکت به سوی سیاست‌گذاری یکپارچه در این حوزه‌ها ایجاد کند. این فرآیند نیازمند شناسایی محدودیت‌های ساختارهای حکمرانی کنونی و کشف فرصت‌های تغییر است. در این راستا، تحلیل شبکه اجتماعی به‌عنوان ابزاری کارآمد، می‌تواند به درک پیچیدگی روابط در شبکه‌های حکمرانی، همکاری نهادی و شکاف‌های ارتباطی بپردازد (Magsi & Torre, 2012; Jones & White, 2021). نتایج پژوهش همسو با یافته‌های Ghanian و همکاران (۲۰۲۳) همکاری و هماهنگی میان بخش‌های آب، انرژی و غذا را برای دستیابی به حکمرانی یکپارچه و افزایش امنیت منابع ضروری می‌داند. با این حال، بر اساس شاخص تراکم شبکه، انسجام سازمانی در شبکه‌های تبادل ارتباطات این حوزه‌ها کمتر از حد متوسط است و شبکه‌ها به‌طور نسبی گسسته و فاقد انسجام کافی‌اند. این وضعیت به استفاده ناکارآمد از پتانسیل نهادی جمعی برای ایجاد پیوندهای منسجم اشاره دارد. یافته با تأکید Coleman (۱۹۹۰) بر اهمیت ساختارهای شبکه منسجم در توسعه پایدار منطقه‌ای همخوانی دارد. همچنین، طبق نظر Sandstrom و Rova (۲۰۱۰) در حکمرانی شبکه‌ای با تراکم بالا، کنشگران با دیدگاه‌ها و علایق مختلف قادر به درک مشکلات پیچیده و توافق بر راه‌حل‌ها هستند که این امر به افزایش سازگاری نظام اجتماعی-اکولوژیک منجر می‌شود. مقایسه با مطالعه Sommerville و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان می‌دهد که تراکم پایین در شبکه‌های حکمرانی آب-انرژی- غذا در جزیره قشم ضعف ساختاری در همکاری بین سازمانی را نمایان می‌سازد که می‌تواند به کاهش کارایی در مدیریت منابع و افزایش هزینه‌ها منجر شود. برای تأیید انسجام شبکه، معیارهای تمرکز نیز بررسی می‌شوند (Sandström, 2011). بررسی معیار تمرکز نشان می‌دهد که این شاخص در هر سه حوزه بالاتر از متوسط است، که نشان‌دهنده تمرکز قدرت در دست نهادهای کلیدی است. این معیار تعیین می‌کند که آیا اطلاعات و منابع در اختیار تعداد محدودی از سازمان‌ها قرار دارد یا به‌طور متوازن بین تمامی سازمان‌ها توزیع شده است. چنین تحلیلی می‌تواند نقش مهمی در بهبود عدالت در توزیع منابع و اطلاعات ایفا کند (Ashtari *et al.*, 2024).

شاخص دوسویگی نشان‌دهنده تعاملات متقابل و پایداری متوسط شبکه است. همچنین، شاخص انتقال‌پذیری در حوزه‌های آب و غذا پایین بوده، که نشان‌دهنده پراکندگی عملکردها و نیاز به تقویت انسجام روابط سه‌گانه است. تقویت این ارتباطات برای افزایش پایداری و تاب‌آوری ضروری است (Omondiagbe *et al.*, 2017). همکاری بیشتر در بخش‌های مختلف آب، انرژی و غذا می‌تواند به حل بهتر مشکلات و دستیابی به اهداف پایداری کمک کند (Bhaduri *et al.*, 2015; Weitz *et al.*, 2017). همچنین کاهش میانگین فاصله ژئودزیک موجب افزایش سرعت گردش اطلاعات، تقویت اتحاد میان نهادها و کاهش زمان لازم برای هماهنگی و مدیریت منابع مشترک می‌شود. در نتیجه، دست‌اندرکاران به‌طور مؤثرتری به یکدیگر دسترسی پیدا کرده و این امر در تقویت اعتماد و فعالیت‌های جمعی نقش دارد. در این مطالعه، شبکه انرژی بیشترین انسجام و کوتاه‌ترین مسیرهای ارتباطی را نشان می‌دهد، که به دلیل اهمیت استراتژیک انرژی و زیرساخت‌های قوی در این بخش است. برعکس، شبکه غذا با بیشترین فاصله میانگین، نیاز به بهبود ارتباطات بین‌سازمانی و کاهش پیچیدگی‌های ساختاری را نشان می‌دهد، که می‌تواند چالش‌هایی در زمینه امنیت غذایی و مدیریت منابع ایجاد کند.

تحلیل نتایج معیار مرکز-پیرامون نشان می‌دهد که تحلیل شبکه‌های حکمرانی آب، انرژی و غذا در جزیره قشم الگوی خاصی از توزیع قدرت و نقش نهادها را نمایان می‌سازد. در شبکه آب، سازمان منطقه آزاد قشم، فرمانداری، اداره برق، آب و فاضلاب، جهاد کشاورزی، و شرکت مپنا نقش محوری دارند، در حالی که اداره گاز، پارک زیست‌فناوری و دانشگاه‌های محلی در حاشیه قرار دارند. شبکه انرژی با محوریت سازمان منطقه آزاد قشم، فرمانداری، ادارات برق و گاز، شرکت مپنا و شرکت گسترش انرژی پاسارگاد شکل گرفته است، و ادارات آب و فاضلاب، جهاد کشاورزی و شیلات نقش کمرنگ‌تری دارند. در شبکه غذا، سازمان منطقه آزاد قشم، فرمانداری، جهاد کشاورزی، شیلات و دانشگاه علوم پزشکی در مرکز قرار دارند و ادارات برق، آب و گاز در حاشیه هستند. این ساختار نشان می‌دهد که سازمان منطقه آزاد قشم و فرمانداری در هر سه شبکه نقش کلیدی ایفا می‌کند. سازمان‌های منطقه آزاد قشم و فرمانداری قشم به‌عنوان نهادهای حکمرانی در هر سه شبکه، نقش مرکزی و کلیدی دارند، مطابق با ماده ۱۱۲ قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه که بر اساس آن، مدیران سازمان‌های مناطق آزاد به نمایندگی از دولت، بالاترین مقام منطقه محسوب می‌شوند و مسئولیت کلیه وظایف و اختیارات دستگاه‌های اجرایی دولتی در این مناطق را به عهده دارند. به‌عنوان نمونه، پروژه تولید همزمان برق و آب قشم مپنا که در سال ۱۳۹۰ آغاز و اخیراً به بهره‌برداری رسید، نمونه‌ای از ارتباط مستقیم بین آب و انرژی است. این پروژه با ظرفیت تولید ۱۸ هزار مترمکعب آب شیرین و ۵۰ مگاوات برق، نقش حیاتی در تأمین نیازهای جزیره دارد و هدف آن افزایش بازده نیروگاه‌های گازی و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی است (MAPNA, 2025). همچنین، پروژه‌های آبرسانی بزرگ در قشم، ازجمله آب‌شیرین‌کن باسعیدو و خط انتقال آب، نشان‌دهنده تلاش‌های دولت برای بهبود وضعیت آب شرب و تأثیر آن بر تولید محصولات کشاورزی و امنیت غذایی است (Tasnim, 2024). بااین‌حال، چالش‌هایی مانند هزینه بالا و نیاز به صرفه‌جویی در مصرف آب همچنان وجود دارد، که نیازمند رویکردی یکپارچه و مشارکت فعال جامعه برای مدیریت منابع آب و انرژی است.

همچنین، هر شبکه عمدتاً نهادهای تخصصی مرتبط با آن حوزه را در مرکز خود دارد (مانند اداره برق در شبکه آب و انرژی، اداره جهاد کشاورزی و شیلات در شبکه غذا)؛ این الگو نشان می‌دهد علیرغم اهمیت همبست، هنوز منطق بخشی بر ساختار تصمیم‌گیری غالب است. اگرچه شبکه‌های آب، انرژی و غذا در جزیره قشم به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند، ارتباطات تنگاتنگی بین این سه حوزه وجود دارد.

اگرچه تحلیل شبکه اجتماعی توانسته الگوهای ساختاری و توزیع قدرت را در میان نهادهای فعال در حکمرانی منابع شناسایی کند، اما علت‌شناسی این الگوها نیازمند تکیه بر تحلیل‌های مکمل است. تمرکز قدرت در دست برخی نهادها – به‌ویژه سازمان منطقه آزاد قشم – را می‌توان تا حدی ناشی از ساختارهای قانونی مانند ماده ۱۱۲ قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه دانست که اختیارات گسترده‌ای به این نهادها اعطا کرده است. افزون بر این، ظرفیت فنی و مالی محدود نهادهای پیرامونی، نبود پلتفرم‌های گفت‌وگو و سیاست‌گذاری مشترک، و رقابت نهادی برای منابع، ازجمله عواملی هستند که مانع از انسجام شبکه‌ای شده‌اند. در نتیجه، تحلیل صرفاً ساختاری برای فهم این وضعیت کافی نیست و پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با بهره‌گیری از رویکردهای کیفی مانند مصاحبه با ذی‌نفعان کلیدی، تحلیل نهادی و بررسی سیاست‌ها، به واکاوی ریشه‌ای‌تر موانع انسجام و همکاری بپردازند.

در عین حال، باید توجه داشت که تحلیل ساختاری شبکه اجتماعی به‌تنهایی نمی‌تواند توضیح دهد چرا برخی نهادها در مرکز شبکه قرار گرفته و برخی دیگر به حاشیه رانده شده‌اند. تمرکز قدرت در شبکه‌های آب، انرژی و غذا، پدیده‌ای صرفاً فنی یا تصادفی نیست، بلکه ریشه در چارچوب‌های نهادی و سیاستی دارد. همچنین، ساختارهای تصمیم‌گیری متمرکز، الگوهای بودجه‌بندی، و تفاوت در دسترسی به منابع انسانی متخصص می‌تواند در شکل‌گیری این تمرکز نقش داشته باشد. از سوی دیگر، مشارکت محدود برخی نهادهای دانشگاهی یا زیست‌فناورانه ممکن است ناشی از موانع ارتباطی، کمبود منابع، یا نبود نقش رسمی در فرایند سیاست‌گذاری باشد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تحلیل ساختار حکمرانی همبست آب، انرژی و غذا در جزیره قشم، از روش تحلیل شبکه اجتماعی بهره گرفت تا بتواند الگوی روابط، تمرکز قدرت، انسجام نهادی و میزان مشارکت سازمان‌ها را در قالب شاخص‌های کمی معتبر ارزیابی کند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ساختار شبکه‌های حکمرانی در هر یک از سه حوزه آب، انرژی و غذا با درجات متفاوتی از انسجام و کارایی مواجه است و همچنان ظرفیت‌های قابل توجهی برای بهبود همکاری و همگرایی نهادی وجود دارد.

شاخص تراکم شبکه در هر سه حوزه پایین‌تر از حد متوسط ارزیابی شد، به‌ویژه در شبکه غذا، که این وضعیت نشانگر سطح پایین همکاری و عدم بهره‌گیری از ظرفیت نهادی جمعی برای شکل‌دهی به شبکه‌ای منسجم و فعال است. چنین یافته‌ای مؤید آن است که روابط بین‌سازمانی به‌صورت پراکنده و ناپایدار باقی مانده‌اند. در مقابل، شاخص تمرکز شبکه در هر سه شبکه، بالا گزارش شد که بیانگر تمرکز تصمیم‌گیری و جریان اطلاعات در دست نهادهای محدودی است. این وضعیت اگرچه می‌تواند مزایای اجرایی خاصی داشته باشد، اما از منظر حکمرانی مشارکتی، دلالت بر نابرابری در توزیع قدرت و اطلاعات دارد.

تحلیل مرکز-پیرامون نیز نقش محوری سازمان منطقه آزاد قشم و فرمانداری را در هر سه شبکه حکمرانی برجسته می‌سازد. این نهادها به‌عنوان مراکز تصمیم‌گیری کلیدی، تأثیر تعیین‌کننده‌ای بر هماهنگی و همکاری بین بخشی دارند و در تخصیص منابع و مدیریت مؤثر تأثیرگذارند. با وجود برخی نهادهای مرکزی مشترک، حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا در جزیره قشم همچنان با چالش‌های ساختاری مواجه است. در چنین بستری، نقش نهادهای واسط، ایجاد ساختارهای هماهنگی بین‌بخشی (مانند کارگروه‌های مشترک) و ارتقای جایگاه نهادهای پیرامونی از ضروریات اصلاح این وضعیت محسوب می‌شود.

در همین راستا، شاخص دوسویگی سطح متوسطی از تعامل متقابل میان نهادها را نشان می‌دهد، درحالی‌که شاخص انتقال‌پذیری در حوزه‌های آب و غذا پایین است؛ امری که بیانگر نبود پیوندهای سه‌گانه مؤثر و شکنندگی روابط شبکه‌ای است. در چنین وضعیتی،

تقویت پیوندهای واسطه‌ای برای افزایش تاب‌آوری شبکه الزامی است.

از سوی دیگر، میانگین فاصله ژئودزیک در شبکه غذا بالاتر از سایر شبکه‌ها گزارش شده است؛ این امر با کاهش سرعت انتقال اطلاعات، کندی هماهنگی و تضعیف انسجام عملکردی همراه است. در مقابل، شبکه انرژی از کوتاه‌ترین فاصله ژئودزیک و بیشترین انسجام برخوردار است، که می‌توان آن را نتیجه وجود زیرساخت‌های تثبیت‌شده، اهمیت راهبردی انرژی در جزیره و تمرکز سرمایه‌گذاری‌ها در این بخش دانست. جمع‌بندی شاخص‌های ساختاری نیز نشان می‌دهد که شبکه انرژی نسبت به دیگر حوزه‌ها بیش‌ترین انسجام را دارد، در حالی که شبکه غذا با گسستگی و پراکندگی نهادی روبه‌رو است. این وضعیت نیازمند سیاست‌های اصلاحی برای تقویت همکاری‌های بین‌بخشی، کاهش تمرکز تصمیم‌گیری و افزایش شفافیت و مشارکت نهادهای ذینفع در فرآیندهای حکمرانی است.

با توجه به وابستگی شدید جزیره قشم به واردات مواد غذایی، ایجاد نظام یکپارچه برای مدیریت منابع غذایی ضروری است. این امر مستلزم همکاری بیشتر بخش‌ها و بهره‌گیری از رویکردهای نوین در تولید و توزیع غذا است. بنابراین، با در نظر گرفتن کمیابی منابع آب، انرژی و غذا، اصلاح ساختار حکمرانی باید با هدف تعادل در توزیع قدرت میان نهادهای مسئول و فراهم آوردن فرصت‌های برابر مشارکت در تصمیم‌گیری پیگیری شود. غفلت از این اصلاحات می‌تواند به چالش در اجرای راهکارهای فنی و ایجاد تعارض منافع در بهره‌برداری از منابع مشترک منجر شود.

به‌طور کلی، یافته‌ها نشان می‌دهند که علی‌رغم وجود همکاری‌هایی بین نهادها، همچنان فرصت‌های قابل توجهی برای بهبود انسجام و هماهنگی در حوزه‌های آب، انرژی و غذا در جزیره قشم وجود دارد. تقویت ارتباطات بین‌بخشی و اتخاذ رویکردهای یکپارچه می‌تواند در افزایش پایداری و تاب‌آوری این نظام نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا کند.

در این راستا، راهکارهای مشخصی برای بهبود همکاری بین‌نهادی در حوزه حکمرانی همبست در جزیره قشم پیشنهاد می‌شود: نخست، شورای هماهنگی همبست آب-انرژی-غذا، به‌عنوان یک نهاد رسمی زیر نظر سازمان منطقه آزاد قشم و فرمانداری (دو نهاد مرکزی شناسایی‌شده در هر سه شبکه) ایجاد شود این شورا باید با آیین‌نامه اجرایی شفاف، تعیین دقیق وظایف، اختیارات و ضمانت‌های اجرایی تصمیمات فعالیت کند و جلسات منظم با حضور نمایندگان کلیدی هر سه بخش برگزار نماید (Scott, 2017).

دوم، طراحی سازوکارهای حقوقی برای تسهیل همکاری، نظیر الزام به ارزیابی‌های تأثیر چندبخشی در پروژه‌های توسعه‌ای، ایجاد پروتکل‌های تبادل داده بین سازمان‌ها و تدوین مشوق‌های مالی و اداری برای پروژه‌های مشترک بین‌بخشی پیشنهاد می‌شود (Weitz *et al.*, 2022).

سوم، تأسیس نهادهای واسط تسهیل‌گر شامل پلتفرم گفتگوی ذینفعان، دبیرخانه دائمی همبست آب-انرژی-غذا در جزیره قشم با کارکنان تخصصی و بودجه مشخص، و راه‌اندازی مرکز پایش و ارزیابی یکپارچه منابع با مشارکت دانشگاه‌های منطقه پیشنهاد می‌شود. (Scott, 2017).

چهارم، اجرای فرآیندهای چهارمرحله‌ای هماهنگی شامل هماهنگ‌سازی اهداف سیاستی در سه بخش، شناسایی و نگاشت تعاملات سیاست‌های بخشی، ارزیابی سازگاری سیاست‌های بخشی با اهداف همبست، و شناسایی راهبردهای هوشمند با اثرات هم‌افزایی در سه بخش مؤثر است (Rasul & Neupane, 2021).

پنجم، تقویت هماهنگی عمودی و افقی از طریق طراحی سازوکارهای رسمی ارتباط بین سطوح محلی و ملی، تقویت ظرفیت سازمان‌های محلی برای درک پیوندهای همبست و همکاری متقابل، و ایجاد سیستم یکپارچه تصمیم‌گیری محلی برای مدیریت مبادلات و هم‌افزایی‌ها در همبست آب-انرژی-غذا اهمیت دارد. این راهکارهای مشخص می‌تواند در برنامه‌های عملیاتی

و سیاست‌های مدیریتی جزیره قشم گنجانده شود و به تقویت همکاری بین‌نهادی و انسجام شبکه حکمرانی همبست آب-انرژی-غذا کمک کند.

افزون بر این، باید در نظر داشت که تعاملات نهادی در حوزه حکمرانی آب، انرژی و غذا تنها تابع ساختارهای محلی نیست، بلکه به‌شدت تحت تأثیر سیاست‌های کلان ملی، تغییرات اقلیمی و تحولات اقتصادی منطقه‌ای نیز قرار دارد. سیاست‌های کلان تخصیص یارانه انرژی، مقررات تجارت غذا، و چارچوب‌های قانونی در حوزه آب، همگی می‌توانند سطح همکاری نهادی را شکل دهند یا محدود کنند. از سوی دیگر، فشارهای اقلیمی مانند خشکسالی یا افزایش دمای هوا می‌توانند منابع را دستخوش محدودیت‌هایی شدید سازند و نیاز به همگرایی نهادی را افزایش دهند. بنابراین، روابط نهادی باید در چارچوبی چندسطحی تحلیل شوند که در آن سیاست‌ها و روندهای کلان نیز مدنظر قرار گیرند. این مسئله می‌تواند موضوع مطالعات آتی در زمینه پیوند حکمرانی محلی و سیاست‌های کلان باشد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت‌های مرکز تحقیقات حکمرانی منابع‌طبیعی دانشکده منابع‌طبیعی دانشگاه تهران و مؤسسه کسب‌وکار اجتماعی دانشگاه تهران انجام شده است. نویسندگان از این نهادها بابت حمایت‌های ارزشمندشان قدردانی می‌کنند.

References

Arvandi, S., Zare, A., & Afshar-Asal, M (2021). Water, energy, and food nexus in modern irrigation systems. *Journal of Water Engineering Science, 9*(4), 55-66. (In Persian)

Ashtari, H., Ghorbani, M., Khorasani, M. A., & Ghafari, S. (2024). Dynamic Analysis of Organizational Cohesion in the Implementation of the Development and Advancement Rural Plan (Case Study: Gachsaran County). *Journal of Rural Research, 15*(2), 382-397. (In Persian)

Bakhtavar, Z., Shateri, M., & Khosrozadeh, A. (2021). Petrographic analyses of unglazed painted pottery thin sections from the Islamic period in Qeshm Island. *Iranian Archaeological Research Journal, 11*(28), 153-172. [In Persian]

Belinskij, A. (2015). Water-energy-food nexus within the framework of international water law. *Water*, *7*(10), 5396-5415. https://doi.org/10.3390/w7105396

Benson, D., Gain, A. K., & Rouillard, J. J. (2015). Water governance in a comparative perspective: From IWRM to a 'nexus' approach? *Water Alternatives, 8*(1), 756–773. https://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol8/v8issue1/275-a8-1-8

Bhaduri, A., Ringler, C., Dombrowski, I., Mohtar, R., & Scheumann, W. (2015). Sustainability in the water–energy–food nexus. Taylor & Francis. https://doi.org/10.1080/02508060.2015.1096110

Bodin, O., & Prell, C. (2011). *Social network in natural resources management*. Cambridge University Press.

Bordons, M; Apricio, J; Gonzalez-Albo, B. and Diaz-Faes, A.A. (2015). The relationship between the research performance of scientists and their position in co-authorship network in three fields. *Journal of Informetrics, 9*, 135-144. https://doi.org/10.1016/j.joi.2014.12.001

Bryman, A. (2016). *Social research methods*. Oxford University Press.

Coleman, J. S. (1990). *Foundations of Social Theory*. Harvard University Press. https://doi.org/10.1080/1059924X.2017.1282905

Cramer, M. E., Araz, O. M., & Wendl, M. J. (2017). Social Networking in An Agricultural Research Center: Using Data to Enhance Outcomes. *Journal of Agromedicine, 22*(2), 170-179. https://doi.org/10.1080/1059924X.2017.1282905

Daher, B., Mohtar, R. H., Lee, S. H., & Assi, A. (2017). Modeling the water-energy-food nexus: A 7-question guideline. *Water-Energy-Food Nexus: Principles and Practices*, 55-66. https://doi.org/10.1002/9781119243175.ch6

El Majdoubi, G., & El Ayadi, H. (2024). *Analyzing the Water, Energy, and Food Security Nexus Index in Morocco*. In BIO Web of Conferences (Vol. 109, p. 01009). EDP Sciences.

Environmental Science & Policy, *162*, 103933. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103933

Farmandeh, E., Choobchian, S., & Karami, S. (2024). Conducting water-energy-food nexus studies: what, why, and how. *Scientific Report* 14, 27310. https://doi.org/10.1038/s41598-024-79214-4

Garakani, S. A., Ghorbani, M., Ghafari, S., Avazpour, L., & Amiri, S. (2024). Evaluating Land Governance with Emphasis on Dynamics of Organizational Relationships (Case Study: Gachsaran County). *Natural Resources Governance 1*(2), 181-197. https://doi.org/10.22059/jnrg.2024.380088.1011 (In Persian)

Ghafari, S., Ghorbani, M., Salajegheh, A., Fritsch, O., Naderi, A., & Gain, A. K. (2024). Tracing water governance across different levels in Iran.

Ghanian, M. (2024). Exploring the food, energy, and water governance in South-West Iran. *Regional Science Policy & Practice, 16*(2), 12578. https://doi.org/10.1111/rsp3.12578

Ghorbani, M., & Azadi, H. (2021). A social-relational approach for analyzing trust and collaboration networks as preconditions for rangeland comanagement. *Rangeland Ecology & Management, 75*, 170-184. https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.10.008

Ghorbani, M., (2014). *The Report of National Project: Social Network Analysis; Modeling, Policymaking and Implementation of Natural Resources Co-Management* (Vol. 1), University of Tehran [In Persian]

Ghorbani, M., Azadi, H., Janečková, K., Sklenička, P., & Witlox, F. (2021). Sustainable Co-Management of arid regions in southeastern Iran: Social network analysis approach. *Journal of Arid Environments, 192*, 104540. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104540

Green, O.O., Garmestani, A.S., Van Rijswic, H.F.M.W., & Keessen, A.M. (2013). EU water governance: striking the right balance between regulatory flexibility and enforcement? *Ecology and Society, 18*(2), 10. http://doi.org/10.575/ES-05357-180210

Hanneman, R.A., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods.* University of California Riverside, California.

Holling, C.S., Gunderson, L.H., & Ludwig, D. (2002). In the quest of a theory of adaptive change. In: Gunderson, L.H., Holling, C.S. (Eds.), *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*. Island Press, Washington, DC, USA.

Iran Meteorological Organization. (n.d.). *Climate Atlas of Iran: Qeshm Island Data*. Tehran: Research Center for Meteorology and Climatology.

Jones, J.L., & White, D.D. (2021). A social network analysis of collaborative governance for the food-energy-water nexus in Phoenix, AZ, USA. *Journal of Environmental Studies and Sciences, 11*(4), 671-681. https://doi.org/10.1007/s13412-021-00676-3

Kurian, M., Portney, K. E., Rappold, G., Hannibal, B., & Gebrechorkos, S. H. (2018). Governance of water-energy-food nexus: a social network analysis approach to understanding agency behaviour. *Managing water, soil and waste resources to achieve sustainable development goals: monitoring and implementation of integrated resources management*, 125-147.

Leck, H., Conway, D., Bradshaw, M., & Rees, J. (2015). Tracing the water–energy–food nexus: Description, theory and practice. *Geography Compass, 9*(8), 445-460. https://doi.org/10.1111/gec3.12222

Magsi, H., & Torre, A. (2014). Proximity analysis of inefficient practices and socio-spatial negligence: Evidence, evaluations and recommendations drawn from the construction of Chotiari reservoir in Pakistan. *Land Use Policy, 36*, 567–576 https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.10.009

Mahlknecht, J., Ramon Gonzalez-Bravo, Frank J. Loge. (2020). Water-energy-food security: A Nexus perspective of the current situation in Latin America and the Caribbean. *Energy, Elsevier, volume 194* (March)

MAPNA Group. (n.d.). First in Iran. MAPNA MD3. Retrieved March 20, 2025, from https://mapnamd3.com/first-in-iran

McGinnis, M. D. (2011). An Introduction to IAD and the Language of the Ostrom Workshop: A Simple Guide to a Complex Framework. Policy Studies Journal, 39(1), 169-183.

Meisch, S., & Leese, M. (2015). Securitising sustainability? Questioning the 'water, energy and food-security nexus'. Water Alternatives, 8(1), 695–709.

Ministry of Culture and Islamic Guidance, 2024.

Mohammad-Qoli, M. (2021). *Sustainable production at Qeshm Gas Refinery*. Shana News Agency.https://en.shana.ir/news/319958/Sustainable-Production-at-Qeshm-Gas-Refinery

Narayan, A.S., Fischer, M., Lüthi, C., (2020). Social Network Analysis for Water, Sanitation, and Hygiene (WASH): Application in Governance of Decentralized Wastewater Treatment in India Using a Novel Validation Methodology. *Water and Wastewater Management.* https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00198

Newig, J., Gunther D., & Pehl-Wostl, C. (2010). Synapses in the network: learning in governance networks in the context of environmental management, *Ecology and Society*, *15*(4), 24. https://www.jstor.org/stable/26268211

Olsson, K., Klaver, M. W., & Finnis, L. (2007). Social Capital on Social Networking Sites: Interstitials in FeCr alloys studied by density functional theory. *APS journals*, *volume 76*, 214110. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.76.214110

Omondiagbe, H. A., Towns, D. R., Wood, J. K., & Bollard-Breen, B. (2017). Stakeholders and social networks identify potential roles of communities in sustainable management of invasive species. *Biological Invasions*, *19*, 3037-3049. https://doi.org/10.1007/s10530-017-1506-1

Ostrom, E. (2011). Background on the institutional analysis and development framework. *Policy Studies Journal*, 39(1), 7-27. https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2010.00394.x

Ostrom, E., Gardner, R., Walker, J. (1994). *Rules, Games, and Common-pool Resources*. University of Michigan Press.

Pahl-Wostl, C., & Knieper, C. (2014). The capacity of water governance to deal with the climate change adaptation challenge: Using fuzzy set Qualitative Comparative Analysis to distinguish between polycentric, fragmented and centralized regimes. *Global Environmental Change, 29*, 139–154. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.003

Polski, M. M., & Ostrom, E. (1999). An institutional framework for policy analysis and design. 1999.

Rahimi, M., Ghorbani, M., & Azadi, H. (2023). Structural characteristics of governmental and non-governmental institutions network: case of water governance system in Kor River basin in Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 111, 1-17. https://doi.org/10.1007/s10668-022-02346-y

Rasul, G., & Neupane, N. (2021). Improving policy coordination across the water, energy, and food, sectors in South Asia: a framework. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*, 602475. https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.602475

Rojas, R., Bennison, G., Gálvez, V., Claro, E., & Castelblanco, G., (2020). Advancing Collaborative Water Governance: Unravelling Stakeholders' Relationships and Influences in Contentious River Basins. *Water 12*, 3316. https://doi.org/10.3390/w12123316

Rothman, D. W., & Mays, L. W. (2014). Water resources sustainability: Development of a multiobjective optimization model. *Journal of Water Resources Planning and Management*, *140*(12), 04014039. https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000425

Safaei, V., Pourmohammadi, Y., & Davari, K. (2019). Integrated approach to water, energy, and food nexus in water resources management. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *14*(5), 1708-1721. (In Persian)

Sandström, A. C., & Rova, C. (2010). Adaptive co-management networks: A comparative analysis of two fishery conservation areas in Sweden. Ecology and Society, 15(3), 14. https://doi.org/10.5751/ES-03531-150314

Schmidt, J.I., Johnson, B., Huntington, H. P., & Whitney, E. (2022). A framework for assessing food-energy-water security: A WEF case studies from rural Alaska. *Science of the Total Environment, Elsevier, Volume 821* (May), 153355. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153355

Scott, A. (2017). Making governance work for water–energy–food nexus approaches. *Climate and Development Knowledge Network (CDKN) Working Paper Series. London: Overseas Development Institute*.

Scott, M. (2015). Re-Theorizing Social Network Analysis and Environmental Governance: Insights from Human Geography. *Progress In Human Geography, 39*(4), 449-463. https://doi.org/10.1177/0309132514554322

Simpson, G. B., & Jewitt, G. P. W. (2019). The development of the water-energy-food nexus as a framework for achieving resource security: A review. Frontiers in Environmental Science, 7, 8. https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00008

Sommerville, P., Former, R., Bunger, A., & Hempflin, C. (2015). Organizational network analysis: Nicaragua workforce development system. *Washington, DC: LINC Local LLC*. http://linclocal.org/tools/network-analysis

Stein, C., Barron, J., Nigussie, L., Gedif, B., Amsalu, T., & Langan, S. (2014). Advancing the water-energy-food nexus: social networks and institutional interplay in the Blue Nile.

Tasnim News Agency. (2024, April 8). 90% completion of water production and supply projects in Qeshm. Retrieved March 20, 2025, from https://www.tasnimnews.com/fa/news/1403/01/20/3065561

Urbinatti, A. M., de Oliveira, J. A. P., & Howlett, M. (2020). The conceptual basis of water-energy-food nexus governance: Systematic literature review using network and discourse analysis. *Journal of Integrative Environmental Sciences, 17*(1), 1–22. https://doi.org/10.1080/1943815X.2020.1749086

Valente, T. W. (2012). Network interventions. *Science, 337*(6090), 49-53. http://dx.doi.org/10.1126/science.1217330

Weitz, N., Strambo, C., Kemp-Benedict, E., & Nilsson, M. (2022). Governance in the water-energy-food nexus: Gaps and future research needs. Stockholm Environment Institute.

Weitz, N., Strambo, C., Kemp-Benedict, E., & Rockström, J. (2017). Towards a Nexus Approach to Food Systems. *Environmental Science & Policy, 67*, 34-47.

Zarrintab, M. , Pourebrahim, S. & Moinaddini, M. (2024). Utilizing Network Analysis to Evaluate the Water-Energy-Food Governance System in the Context of the Seventh Development Plan. *Journal of Range and Watershed Managment*, 77(2), 191-207. https://doi.org/10.22059/jrwm.2024.369079.1737

Integrated Watershed Management, Autumn, 2026, 5(4), 92-110 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2051885.1204 **Online ISSN: 2783-4581**

Identification and analysis of natural resources governance system (Case study: Khash County)

Nasrodin Shahnavazi, Fatemeh Narmashiri*, MohammadReza Rigi

Department of Natural Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Planning and Sustainable Development, University of Saravan, Sistan and Baluchestan, Iran

* **Corresponding author**: f.narmashiri@saravan.ac.ir

(Received: 2 February 2025 Revised: 13 March 2025 Accepted: 1 Hun 2025)

Extended Abstract

Introduction: : By 2050, the global population is projected to reach approximately 9.2 billion. This growth, coupled with global and environmental changes, will significantly impact people's lives. To address these challenges, it is essential to adopt approaches that demonstrate how these changes exert their influence and to propose adaptive solutions. Sustainability and sustainable development play a crucial role in the conservation and restoration of natural resources; however, anthropogenic pressures and improper management pose serious threats to these resources. Sustainable management necessitates the identification of all stakeholders and their active participation in decision-making processes to establish a systemic and comprehensive perspective for the optimal protection and utilization of natural resources. Accordingly, the analysis and identification of the natural resource governance system approach in Khash County, located in Sistan and Baluchestan Province, is considered a vital issue in the natural resource management and sustainable development of this region. Effective natural resource governance implies creating an efficient management system wherein all stakeholders, including the government, local communities, and the private sector, actively participate in the decision-making process. This approach not only contributes to improving the condition of natural resources but also lays the groundwork for strengthening civil society and enhancing transparency and accountability in resource management. Therefore, the identification and analysis of good governance indicators are of particular importance. This research was conducted to identify the modes of natural resource governance in Khash County.

Materials and methods: To investigate natural resource governance modes, 11 formal institutional stakeholders were selected from four villages: Eslamabad Poshtkuh, Esmailabad Garanjin, Butegan, and Bilariy Poshtkuh. Data were collected via a questionnaire comprising ten factors introduced by Poul Westel in 2001, with each factor measured by three indicators. Data analysis was performed using SPSS software. Subsequently, in the next phase, the desired strategy was analyzed and formulated using the QSPM Matrix. The study population for this phase consisted of 45 experts and managers from the Natural Resources and Agriculture-Jihad departments of the county, from whom 17 individuals were purposively selected.

Result and Discussion: The results indicate a significant difference among the governance indicators. Among the 10 sub-functions, legitimacy, policy framing, knowledge generation, and resource mobilization were ranked first to third, respectively. In the sub-functions of rulemaking, knowledge generation, resource mobilization, and comprehensiveness, the hierarchical governance mode showed a significant difference compared to the other two investigated governance modes. In the other sub-functions of rulemaking, monitoring and evaluation, legitimacy, and leadership, the market-based governance mode exhibited a significant difference compared to the other two modes. Furthermore, only in the sub-function of conflict resolution did the network governance mode attain the first priority. The QSPM matrix results demonstrate that among the proposed strategies, strengthening stakeholder participation through the establishment of participatory and network frameworks in decision-making processes holds the highest attractiveness.

Conclusions: : The research findings indicate that the dominant governance method in the studied villages relies more on hierarchical and market-based structures, which can lead to inefficiency in natural resource management. Therefore, to improve the current situation, it is recommended that the governance system incorporate the positive elements of both (and implicitly, all three, including network) approaches to establish a more effective natural resource governance framework.

Keywords: Institutional stakeholders, governance system, natural resources governance, social-ecological systems, Sistan and Baluchestan

Citation: Shahnavazi, N., Narmashiri, F.,& Rigi, M.R. (2026). Identification and analysis of natural resources governance system (Case study: Khash County). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 92-110. doi= 10.22034/iwm.2025.2051885.1204

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۱۱۰-۹۲) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2051885.1204

شناسایی و تحلیل شیوه نظام حکمرانی منابع طبیعی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان خاش)

نصرالدین شهنوازی، فاطمه نرماشیری*، محمدرضا ریگی

گروه مهندسی طبیعت، دانشکده علوم محیطی، برنامه‌ریزی و توسعه پایدار، دانشگاه سراوان، سیستان و بلوچستان، ایران

***نویسنده مسئول:** f.narmashiri@saravan.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۱۱/۱۴ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۳/۱۲/۲۳ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۲۱)

چکیده مبسوط

مقدمه: تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان به حدود ۹/۲ میلیارد نفر خواهد رسید. این رشد همراه با تغییرات جهانی و محیط‌زیستی، تأثیرات قابل‌توجهی بر زندگی مردم دارد. برای مقابله با این چالش‌ها، ضروری است رویکردهایی اتخاذ شود که نحوه تأثیر این تغییرات را نشان داده و راهکارهای سازگاری ارائه دهند. پایداری و توسعه پایدار نقش مهمی در حفظ و احیای منابع طبیعی دارند، اما فشارهای انسانی و مدیریت نادرست تهدیدی جدی برای این منابع است. مدیریت پایدار نیازمند شناسایی همه ذینفعان و مشارکت فعال آن‌ها در فرآیندهای تصمیم‌گیری است تا بتوان دیدگاهی سیستمی و جامع برای حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی ایجاد کرد. بر این اساس، تحلیل و شناسایی شیوه نظام حکمرانی منابع طبیعی در شهرستان خاش، واقع در استان سیستان و بلوچستان، موضوعی حیاتی در مدیریت منابع طبیعی و توسعه پایدار این منطقه به شمار می‌آید. حکمرانی مؤثر منابع طبیعی به معنای ایجاد یک سیستم مدیریتی کارآمد است که در آن تمامی ذینفعان، ازجمله دولت، جوامع محلی و بخش خصوصی، به‌طور فعال در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت دارند. این رویکرد نه‌تنها به بهبود وضعیت منابع طبیعی کمک می‌کند بلکه زمینه‌ساز تقویت جامعه مدنی و افزایش شفافیت و پاسخگویی در مدیریت منابع خواهد بود؛ بنابراین، شناسایی و تحلیل شاخص‌های حکمرانی خوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق با هدف شناسایی شیوه‌های حکمرانی منابع طبیعی در شهرستان خاش انجام شده است.

مواد و روش‌ها: برای بررسی شیوه‌های حکمرانی منابع طبیعی، ۱۱ نهاد رسمی ذینفع از چهار روستا انتخاب شدند: اسلام‌آباد پشتکوه، اسماعیل‌آباد گرانجین، بوتگان و بیلاری پشتکوه. داده‌ها از طریق یک پرسشنامه جمع‌آوری شدند که شامل ده عامل معرفی‌شده توسط پال وستل در سال ۲۰۰۱ بود؛ که هر یک از این عوامل با استفاده از سه شاخص اندازه‌گیری شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. سپس در مرحله‌ی بعد به تجزیه و تحلیل و تدوین راهبرد موردنظر با استفاده از ماتریس QSPM پرداخته شد. جامعه موردبررسی در این مرحله شامل کارشناسان و مدیران اداره منابع طبیعی و جهاد کشاورزی شهرستان به تعداد ۴۵ نفر بود که ۱۷ نفر از آنان به طور هدفمند انتخاب گردیدند.

نتایج و بحث: نتایج نشان دهنده اختلاف معنی دار بین شاخص‌های حکمرانی می‌باشد. از میان ۱۰ کارکرد فرعی به‌ترتیب قانون‌گذاری، قالب‌گیری سیاست، تولید دانش و بسیج منابع دارای رتبه‌های اول تا سوم می‌باشند. در کارکردهای قالب‌گیری سیاست، تولید دانش، بسیج منابع و جامعیت شیوه حکمرانی سلسله مراتبی در بین سه شیوه حکمرانی مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری می‌باشد. در سایر کارکردهای قانون‌گذاری، پایش و ارزیابی، مشروعیت و رهبری شیوه حکمرانی بازاری نسبت به دو شیوه دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. همچنین تنها در کارکرد فرعی حل‌وفصل کشمکش، شیوه حکمرانی شبکه‌ای اولویت اول را به خود اختصاص داده است. نتایج ماتریس QSPM نشان می‌دهد در میان انواع راهبردهای پیشنهادی تقویت مشارکت ذینفعان از طریق ایجاد چارچوب‌های مشارکتی و شبکه‌ای در فرآیندهای تصمیم‌گیری دارای بیشترین جذابیت می باشد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که روش حاکمیتی غالب در روستاهای مورد مطالعه بیشتر بر ساختارهای سلسله‌مراتبی و مبتنی بر بازار تکیه دارد؛ که می‌تواند منجر به ناکارآمدی در مدیریت منابع طبیعی شود. بنابراین، برای بهبود وضعیت کنونی، توصیه می‌شود که سیستم حاکمیتی عناصر مثبت هر دو رویکرد را در خود بگنجاند تا چارچوب حاکمیتی مؤثرتری در مدیریت منابع طبیعی ایجاد کند.

کلید واژگان: ذینفعان نهادی، نظام حکمرانی، حکمرانی منابع طبیعی، سیستم‌های اجتماعی-بوم شناختی، سیستان و بلوچستان

استناد: شهنوازی، ن.، نرماشیری، ف؛ و ریگی، م. ر. (۱۴۰۴). شناسایی و تحلیل شیوه نظام حکمرانی منابع طبیعی (منطقه مورد مطالعه: شهرستان خاش). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۱۰-۹۲.

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

انتظار می‌رود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۹/۲ میلیارد نفر برسد. در این راستا، تغییرات جهانی متاثر از جهانی شدن و اثرات محیط‌زیستی در مقیاس کلان، معیشت مردم و الگوهای زندگی آنان را بطور عمده‌ای تحت تاثیر قرار داده است (Khedrigharibvand *et al.*, 2019). با افزایش روند فشار فعالیت‌های انسانی و مدیریت نامناسب وضعیت منابع طبیعی در سراسر جهان بیشتر تهدید می‌گردد (Glass & Newig, 2019; Porras *et al.*, 2019). درنتیجه لازم است رویکردهایی به کار گرفته شوند که نشان دهند مردم چگونه تحت تاثیر این تغییرات قرار می‌گیرند و می‌توانند با تغییرات سازگار شوند (Lienert *et al.*, 2013). مفهوم پایداری تا حدی با توسعه پایدار[1] مرتبط است زیرا منبعی را برای اصلاح بوم‌سازگان طبیعی در اختیار انسان قرار می‌دهد (Hilborn *et al.* 2015). مدیریت اصولی و پایدار عرصه‌های منابع طبیعی در سیاستگذاری و تصمیم‌گیری خردمندانه تجلی پیدا می کند. در این راستا، مدیریت پایدار منوط به توجه به کلیه مؤلفه‌های مؤثر و رسمیت‌بخشی به کلیه ذینفعان است. به عبارت بهتر اگر قرار است نگرش سیستمی برقرار باشد ذینفعان باید در حوزه‌های تخصصی و رشته‌های علمی مختلف و در یک فرایند مشارکتی در پروژه‌های مربوطه مشارکت داشته باشند (Khedrigharibvand *et al.*, 2019).

از سوی دیگر، بر اساس تجربیات ملی و بین‌المللی، بدون مشارکت کلیه ذینفعان و دست‌اندرکاران، اثربخشی و موفقیت طرح‌ها و پروژه‌ها با چالش‌های جدی مواجه می‌شوند (Wellens & Jegers, 2014). در این راستا، قدرت اثرگذاری و علاقه‌مندی ذینفعان و دست‌اندرکاران در اجرای موفق پروژه‌ها و در نتیجه تحلیل ذینفعان و دست‌اندرکاران به‌عنوان یک روش تحلیلی و رویکرد مدیریتی مورد توجه محافل علمی خصوصاً در حوزه منابع طبیعی قرار گرفته است (Rist *et al.*, 2016; Fernandes et al., 2025). به عنوان یک نتیجه، مشارکت ذینفعان برای آگاهی از شناخت علایق و نقش آن در فرایند اجرای پروژه یک ضرورت حیاتی در شیوه حکمرانی در عصر حاضر است (Raum, 2018).

منابع طبیعی اعم از آب و خاک در هر کشوری از مهمترین اندوخته‌ها و زیربنای توسعه‌ی پایدار می‌باشد (Raum, 2018). با این حال، این منابع ارزشمند در حال نابودی هستند، و لازمه‌ی بهبود آن تغییردادن رویکرد مدیریت جامع است (Porras *et al.*, 2019). در طی ۳۰ سال گذشته پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است که توانایی جامعه‌ها را در بهره‌برداری پایدار از اندوخته‌های مشترک ثابت کرده، و نشان داده است که چگونه گروه‌های محلی با تکیه به توانایی‌های خود جلوی تخریب آن‌ها را می‌گیرند (Ostrom, 2005; Ebrahimi Azarkharan, 2018). بر همین اساس بحث مدیریت مشارکتی در پی فعالیت و حضور کنشگران مختلف به منزله راهکاری محوری در جهت تحقق مدیریت مناسب در زمینه مدیریت منابع‌طبیعی مطرح شده است (Carlsson & Berks, 2005; Bohensky *et al.*, 2013). در واقع نیاز به استفاده از راهکار حکمرانی مشارکتی منابع در زمینه دستیابی به مدیریتی پایدار که از لحاظ اقتصادی کارآمد، از لحاظ سیاسی و اجتماعی عادلانه و از لحاظ زیست‌محیطی پایدار باشد، ضروری است (Braga *et al.*, 2014).

در هر منطقه ذینفعان و کنشگران مختلف در ارتباط با محیط پیرامونی حضور داشته که یکی از اجزای اساسی در حکمرانی منابع‌طبیعی هستند (Cundill & Fabricius, 2010). با توجه به اهمیت تحلیل کنشگران و ارتباط آن با مدیریت مشارکتی منابع طبیعی در تحقیقات مختلف (Bodin *et al.*, 2009; Ghorbani *et al.*, 2013; Aldrich & Meyer 2015; vazirian *et al.*, 2019)، بایستی رویکردهای قبلی در رابطه با

1 . Sustainable Development

مدیریت منابع طبیعی، که به‌طور سنتی بر الگوی نظارتی در محیطی تک‌بعدی تاکید داشته‌اند با رویکردهای جامع و نوآورانه که توانایی توضیح پیچیدگی رفتار بشر و دخالت جوامع انسانی بر محیط طبیعی را دارند، جایگزین گردند (Laari Jani *et al.*, 2013).

به بیانی دیگر، در یک بوم‌سازگان پویا علاوه بر پدیده‌ها و عارضه‌های طبیعی، منابع تجدیدشونده، بشر نیز حضور داشته و از سویی دیگر هر دو منابع‌طبیعی و انسانی دارای ضوابط و قوانین مشخص و در بسیاری موارد نامشخص هستند که تنوع طبیعی، پویا و نیز وابستگی‌هایی در مقیاس زمان و مکان دارند (Bodin & Prell, 2011). در نتیجه فرایند مدیریت یک بوم‌سازگان امری دشوار، پیچیده و تخصصی است (Pahl-Wostl, 2007; Pahl-Wostl *et al.*, 2019)، که این مدیریت می‌بایست تمام زوایای موجود در بوم‌سازگان ازجمله منابع طبیعی را در برگیرد. به‌رغم افزایش آگاهی از نظام‌های اجتماعی- بوم‌شناختی (SES)[1] منابع طبیعی، به عنوان متغیر غیرخطی و پیچیده (Wellens & Jegers, 2014; Pahl-Wostl, 2019)، نیاز به رویکردی مبتنی بر مدیریت سازگار مشارکتی می‌باشد. پیچیدگی و عدم‌قطعیت رفتار انسانی از یک سو و وجود عوامل مختلف موثر با شدت ها و شرایط متفاوت منطقه‌ای از سوی دیگر نیاز به تحلیل و مدل‌سازی توامان این عوامل را ضروری می سازد. در حقیقت به دلیل تاثیر دوجانبه انسان و محیط اطراف او بر یکدیگر، مستقل در نظر گرفتن هر یک از آنها منجر به نتایجی دور از واقعیت خواهد شد (Narmashiri, 2021).

ازآنجا که فرآیندهای محیط‌زیستی به‌طور معمول در تأثیر هم‌زمان متغیرهای مکانی و زمانی مختلف می‌باشد، درک و تحلیل آن با چالش مواجهه شده است (Roldán *et al.*, 2015). به‌گونه‌ای‌که برای هر یک از ذینفعان، بهره‌برداری بیشتر از کالاها و خدمات بوم‌سازگان‌های طبیعی رقابتی شده است. در بسیاری از مناطق، منابع مشترک طبیعی عامل بروز افزایش تعارضات و درگیری‌ها در میان بهره‌برداران محلی و نهادهای است، در نتیجه فراهم آوردن شرایطی در جهت تضمین سلامت بوم‌سازگان طبیعی به‌واسطه برقرارنمودن فرایندهای مشارکتی در میان ذینفعان محلی منابع با مجریان نهادی دولتی یا غیردولتی ضروری می باشد (Porras *et al.*, 2019). به‌منظور مدیریت جامع منابع طبیعی که متشکل از عوامل بیوفیزیکی و انسانی است باید بتوان علاوه‌بر کم‌نمودن میزان اختلافات در تصمیم‌گیری‌ها و اتلاف سرمایه، مسیر رسیدن به بیشترین میزان نرخ بهره‌وری به‌واسطه هم‌افزایی نیروها و هم‌سو کردن آنها فراهم گردد؛ در نتیجه انسان به عنوان کنشگر محوری باید موردتوجه قرارگیرد (Ebrahimi Azarkharan, 2018). براین اساس، جهت اداره‌ی این وضعیت، الگوی حکمرانی منابع‌طبیعی را به جای الگوی مدیریت یا حاکمیت دولتی پیشنهاد کردند. در واقع، حکمرانی شیوه اعمال سیاست‌های تخصیصی و تنظیمی در مدیریت منابع (طبیعی، اقتصادی و اجتماعی) را پوشش داده و به‌طور گسترده تمامی نهادهای رسمی و غیررسمی را در برمی گیرد (Abbasi-Rostami *et al.*, 2022). در واقع، پایداری نظام‌های اجتماعی-بوم شناختی تا حد زیادی به تناسب بین نهادهای مرتبط با آن حوضه، مشکلاتی که قرار است به آنها رسیدگی کنند و زمینه‌هایی که در آن فعالیت می‌کنند بستگی دارد و این امر می‌تواند یکی از دلایل ناکارآمد بودن بسیاری از تلاش‌ها در این خصوص باشد (Epstein *et al.*, 2015).

پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد چنانچه روند فعلی رویکردهای غلط مدیریت در دنیا ادامه یابد، در آینده‌ای نزدیک، جهان شاهد مشکلات بی‌شماری در حوضه‌های آبریز خواهد بود. تعارضات بیشتر بدون تغییری جدی از روند فعلی مدیریت به حکمرانی خوب، اجتناب‌ناپذیر خواهد بود (Akhmouch *et al.*, 2018). هرچند

1. Social-Ecological System

مسئله‌ی حکمرانی از حدود سال ۱۹۸۰ توجه زیادی را به خود جلب کرده است؛ اما امروزه حکمرانی به دلیل نقش حیاتی که در تعیین رفاه اجتماعی دارد موضوعی مهم و تازه شده است. دبیر کل سازمان ملل متحد، کوفی عنان[1]، زمانی که اظهار داشت «حکمرانی خوب شاید مهمترین عامل در ریشه‌کن کردن فقر و ترویج توسعه است» که با استقبال گسترده‌ای مواجه شده و در دهه‌ی گذشته اصطلاح حکمرانی، که زمانی گمنام و بی‌هویت بود، بسیار متداول شده است (Soma *et al.*, 2015). لذا، مدیریت بر منابع طبیعی دارای ویژگی‌ها و پیچیدگی‌هایی است که اگر به‌درستی صورت گیرد، می‌تواند حداکثر بهره‌وری را به دست آورد و در مقابل اگر بدون شناخت و درک درستی از منابع صورت بگیرد به سرعت تخریب شده (Diana, 2009) و آسیب‌های جدی به منابع طبیعی وارد می‌کند. مدیریت منابع‌طبیعی در مناطق مختلف اشکال متفاوتی دارند و شامل مجموعه‌ای پیچیده از قوانین و مقرارت می‌باشند (Ishihara *et al*, 2020). بر این اساس، محدودیت منابع و در معرض خطر واقع شدن آنها در شهرستان خاش ازجمله دلایل تمایل به رویکردهای جدید در زمینه دستیابی به توسعه پایدار آن می‌باشد، لذا با نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان با نگاهی متفاوت به فرایندهای بهره‌برداری از منابع، به سمت پایداری و حکمروایی مطلوب در بوم‌سازگان میل نمود. پژوهش پیش‌رو به دنبال پاسخ به این سوال کلیدی است که شیوه‌های حکمرانی موجود در منطقه (شهرستان خاش) چگونه می‌باشد؟

مبانی نظری

حکمرانی مفهومی است برای تدوین و اجرای آن دسته از سیاست‌هایی که برای جامعه مناسب و عادلانه باشد (Lockwood *et al.*, 2010). تعاریف متعددی از حکمرانی وجود دارد اما تمام آنها با تعدادی از کنشگران و ساختارهایی سروکار دارند که در تدوین و اجرای سیاست‌ها دخیل هستند (Akhmouch *et al.*, 2018). در واقع، سازمان توسعه و مشارکت اقتصادی در سال ۲۰۱۵ محدوده‌ای از حکمرانی منابع طبیعی را به عنوان قوانین، روش‌ها و فرآیندهای رسمی و غیررسمی (سیاسی، نهادی و اداری) تعریف می‌کند که از طریق آن تصمیمات گرفته شده و اجرا می‌شوند، ذی‌نفعان منافع خود را بیان کرده و نگرانی‌هایشان را در نظر می‌گیرند و تصمیم‌گیران در برابر مدیریت منابع پاسخگو و مسئول هستند (Seijger *et al.*, 2018). حکمرانی خوب اغلب به اصولی مانند شفافیت، مشارکت و پاسخگویی مرتبط است. به همین ترتیب شاخص‌های حکمرانی خوب، حکمرانی را فراتر از دولت می‌بینند؛ زیرا تصمیمات مربوط به منابع طبیعی به وسیله طیف وسیعی از کنشگران خصوصی و عمومی شکل می‌گیرند (Duit & Galaz, 2008).

حکمرانی اساساً یک فرآیند است و آنچه حکمرانی را به حکمرانی خوب تبدیل می‌کند، ظرفیت دستیابی به نتایج با روشی عادلانه و فراگیر است که منجر به شیوه‌های مدیریتی و سیاست‌های پایدار می‌شود (Seijger *et al.*, 2018). در این راستا، جهت سنجش عملکرد نظام حکمرانی، بایستی به شناخت و تحلیل نظام‌های حکمرانی و شیوه‌های آن پرداخت. حکمرانی عبارت است از مجموعه‌ای از نهادهای به هم وابسته که به عنوان خصیصه اصلی نظام حکمرانی معرفی می‌شود (Pahl-Wostl, 2009).

در این ارتباط، نهاد به عنوان قوانین حاکم بر رفتار کنشگران معرفی می‌شود (Scott, 2008)، لذا، رسمی و غیررسمی بودن آن به ماهیت فرآیندهای توسعه، کدگذاری، ارتباط و اجرا مربوط است (Ghorbani, 2018). شیوه‌های حکمرانی به اشکال گوناگون تحقق حکمرانی اطلاق می‌شود که (Thompson *et al.*, 1991)، آن را به سه دستهٔ سلسله‌مراتب اداری، شبکه‌ها و بازار تقسیم‌بندی می‌شوند (Ghorbani, 2018).

1. Kofi Annan

تفاوت این شیوه‌ها از نظر درجهٔ رسمی بودن نهادها و نقش کنشگران دولتی در مقابل کنشگران غیردولتی است. به بیانی دیگر، شیوه در سلسله‌مراتب اداری، فرایندهای تنظیمی عمدتاً مبتنی بر نهادهای رسمی‌اند و کنشگران دولتی، نقش غالب را دارند. بازارها مبتنی بر ترکیبی از نهادهای رسمی و غیررسمی‌اند و کنشگران غیردولتی حاکم‌اند. شبکه‌ها عمدتاً با نهادهای غیررسمی حکمرانی می‌شوند و هم کنشگران دولتی و هم کنشگران غیردولتی مشارکت دارند (Gharechaei *et al*., 2015).

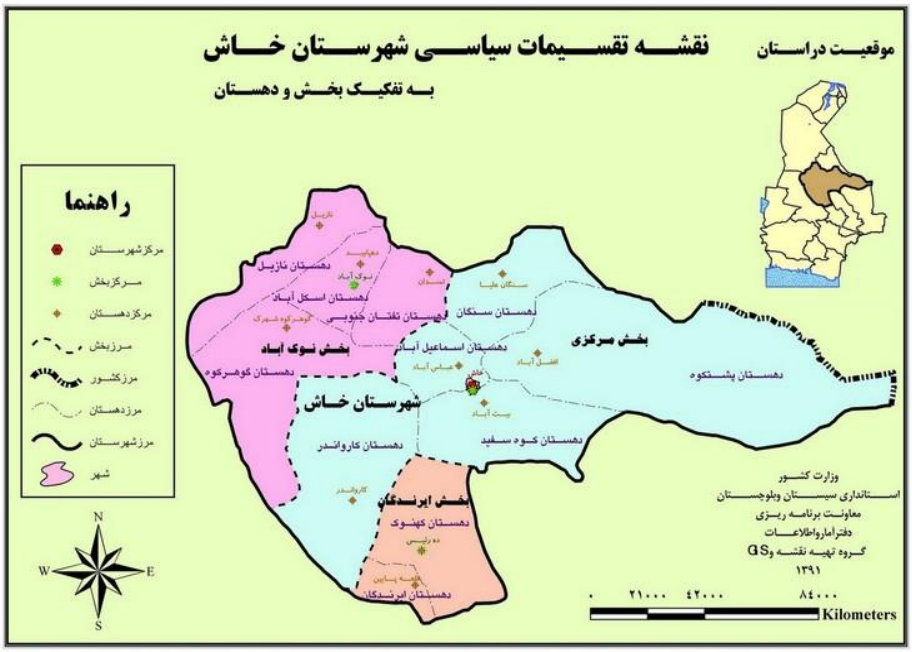
درواقع، بررسی سه شیوهٔ حکمرانی در قالب ده کارکرد فرعی حکمرانی قابل بررسی است، که شامل قالب‌گیری سیاست، تولید دانش، بسیج منابع، حل‌وفصل اختلافات، قانون‌گذاری، پایش و ارزیابی، مشروعیت، رهبری، نماینده بودن و جامعیت می‌باشد، به‌طوری که در هر کارکرد فرعی، شیوه‌های سه‌گانهٔ حکمرانی به صورتی منحصربه‌فرد عمل کرده، که این عملکردها به‌طور کلی در شیوهٔ سلسله‌مراتبی به صورت ابزارهای فرمان و کنترل، تمرکز تکنوکراتیک، فرآیندهای کاملاً رسمی و قانونی و عدم‌انعطاف در برابر تغییرات لازمه می‌باشد؛ اما در شیوهٔ شبکه‌ای، این عملکردها رویه‌ای مشارکتی با جوامع محلی و کل ذینفعان داشته و در اعمال کارکردهای فرعی حکمرانی، مشارکت را در اولویت کارها قرار می‌دهد؛ در نهایت در شیوهٔ حکمرانی بازار، ملاحظات مالی و وجود قدرت‌های اقتصادی بیشتر مدنظر قرار می‌گیرد.

در این ارتباط، Rahimi و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای دریافتند که رژیم حکمرانی کنونی در هر شهرستان‌های موردمطالعه در استان شیراز، رژیم رانت‌خواه متمرکز می‌باشد؛ که از ویژگی‌های شیوهٔ حکمرانی سلسله‌مراتبی تلقی می‌شود. همچنین، با توجه به نظام‌های حکمرانی چندسطحی که بسیار پیچیده هستند، به‌منظور کاهش مسئله تناسب میان مرزهای اجرایی و بیوفیزیکی، نهادهای رسمی جدید بایستی با توجه به اصول حکمرانی ایجاد و معرفی گردند (Pahl-Wostl, 2017). از سوی دیگر تحول مفهوم حکمرانی محیط‌زیست و منابع طبیعی در ایران پدیده پویا و پیچیده‌ای است که در دهه‌های اخیر به‌منزلهٔ چالشی جدی در حوزه‌های محیط‌زیست و توسعهٔ پایدار به آن توجه شده است (Tamassoki *et al*., 2024). براین اساس، جهت گام برداشتن در راستای حکمرانی مطلوب، شناخت شیوه و نظام حکمرانی منابع طبیعی در روستاهای شهرستان خاش موردمطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان خاش از توابع استان سیستان و بلوچستان ایران است. این شهرستان در جنوب ناحیه سرحد بلوچستان قرار دارد. شهرستان خاش یکی از ۲۶ شهرستان فعلی استان سیستان و بلوچستان می‌باشد و دارای سه بخش مرکزی، پشتکوه و ایرندگان با جمعیتی بالغبر ۱۲۸ هزار نفر بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ است. فاصله این شهر تا شهر زاهدان (مرکز استان) ۱۸۰ کیلومتر و فاصله آن تا شهرهای ایرانشهر و سراوان (شهرستان‌های همجوار) به‌ترتیب ۱۵۵ و ۱۵۰ کیلومتر است. مساحت منطقه مورد مطالعه ۱۴۶۴۰ کیلومترمربع و دارای میانگین ارتفاع ۱۴۱۰ متر از سطح دریا می‌باشد. جهت شیب عمومی منطقه شمال به جنوب و غرب به شرق است. شهرستان خاش بین طول جغرافیایی ۶۰ تا ۶۲ شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷ تا ۲۸ شمالی واقع گردیده است. از منظر شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه دارای متوسط بارش سالانه ۱۵۳ میلی‌متر و میانگین دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. همچنین منطقه مورد مطالعه در سه حوزه آبخیز کویر لوت، جازموریان و ماشکید قرار گرفته است.



شکل ۱- موقعیت منطقهٔ موردمطالعه در جنوب‌شرق ایران
Figure 1 – The location of study area in SE Iran

محدودهٔ مطالعاتی پژوهش حاضر از نظر جغرافیایی مرزهای سیاسی سه بخش شهرستان شامل بخش مرکزی، پشتکوه و بخش ایرندگان، باعث پیچیدگی نظام اجتماعی- بوم‌شناختی آن شده است؛ که در این مطالعه ۴ روستای آن شامل اسلام‌آباد، بیلری پشتکوه، اسماعیل‌آباد گرنچین، بوتگان مورد مطالعه قرار گرفتند. همچنین، وجود اراضی کشاورزی و تولیدات مختلف و نیاز معیشت جوامع محلی به شغل کشاورزی و دامداری در این منطقه تعاملات آنان را با منابع‌طبیعی بسیار پیچیده‌تر کرده است. لذا، توجه به سرمایه‌های اجتماعی موجود در منطقه می‌تواند گره‌گشای این مشکلات باشد.

روش تحقیق

جهت بررسی و تحلیل شیوه‌های حکمرانی منابع طبیعی در منطقهٔ مورد مطالعه، به منظور تحلیل نظرات ذینفعان نهادی در شهرستان خاش، ۱۱ نهاد (اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، مدیریت جهاد کشاورزی، اداره امور عشایری، مدیریت تعاون روستایی، اداره صنعت، معدن و تجارت، کمیته امداد امام خمینی (ره)، بخشداری مرکزی، بخشداری پشتکوه، اصناف، اداره دامپزشکی، اداره محیط‌زیست) در چهار روستای موردنظر به روش نمونه‌گیری گلوله برفی[1] انتخاب شد. این روش به محققان این امکان را می‌دهد که از طریق ارجاعات شرکت‌کنندگان موجود، به دیگر افراد مرتبط دسترسی پیدا کنند. بدین‌صورت که پس از شروع تحقیق از ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان و جویاشدن دیگر ادارات مرتبط با موضوع در شهرستان هر ۱۱ نهاد رسمی و ذی‌نفع شناسایی شدند (جدول ۱). روش گردآوری اطلاعات با استفاده از پرسشنامه انجام شد که شامل پرسشنامه شناسایی شیوهٔ حکمرانی در سطح ذینفعان نهادی بود. پرسشنامهٔ تعیین شیوهٔ حکمرانی، شامل ۱۰ عامل معرفی شده توسط پاول وستل (Pahl-Wostl, 2001) بوده که هر کدام از طریق سه گویه سنجش و اندازه‌گیری شدند. به‌علاوه، متغیرهای اصلی این پرسشنامه کارکردهای فرعی حکمرانی شامل

1. Snowball Sampling Method

گویه‌های سه سبک سلسله‌مراتبی، شبکه‌ای و بازار بودند. گویه‌های پرسشنامه بر اساس طیف لیکرت[1] پنج سطح کاملاًموافقم (۵)، موافقم (۴)، تا حدی موافقم (۳)، مخالفم (۲) و کاملاً مخالفم (۱) طراحی و اندازه‌گیری گردید.

جدول ۱- نهادها و دست‌اندرکاران رسمی در منطقه موردمطالعه

Table 1- The Official institutions and stakeholders in the study area

ردیف	نهاد (رسمی)	ویژگی نهاد
۱	اداره منابع طبیعی و آبخیزداری	حفاظتی
۲	مدیریت جهاد کشاورزی	توسعه‌ای
۳	اداره امور عشایری	حفاظتی
۴	کمیته امداد امام خمینی (ره)	توسعه‌ای
۵	اداره صنعت، معدن و تجارت	توسعه‌ای
۶	بخشداری مرکزی	واسطه‌ای
۷	اصناف	توسعه‌ای
۸	اداره دامپزشکی	توسعه‌ای
۹	مدیریت تعاون روستایی	توسعه‌ای
۱۰	بخشداری پشتکوه	واسطه‌ای
۱۱	اداره محیط زیست	حفاظتی

سپس در مرحله‌ی بعد به تجزیه و تحلیل و تدوین راهبرد موردنظر با استفاده از ماتریس QSPM پرداخته شد. جامعه موردبررسی در این مرحله شامل کارشناسان و مدیران اداره منابع طبیعی و جهاد کشاورزی شهرستان به تعداد ۴۵ نفر بود که ۱۷ نفر از آنان به طور هدفمند انتخاب گردیدند. هرقدر جمع نمره‌های جذابیت بیشتر باشد، راهبرد موردبحث دارای جذابیت بیشتری خواهد بود. در نهایت مجموع نمره‌های جذابیت هریک از ستون‌های ماتریس کمی محاسبه می‌شود. با این روش به‌صورت همزمان راهبردهای مختلف مورد بررسی قرارگرفته و اولویت‌بندی می‌شوند. در این مرحله ابتدا با اولویت‌بندی راهبردهای قابل‌قبول به‌دست آمده در مرحله قبل، راهبردهای نهایی را انتخاب کرده و در صورتی که در این ارزیابی یک راهبرد شرایط بهینه برای ساماندهی مدیریت حکمرانی پایدار روستایی را نداشته باشد، باید از فهرست راهبردهای قابل‌اولویت‌بندی خارج شود (Hosseini *et al.*, 2013; David *et al.*, 2017).

در تحقیق حاضر تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS ver. 26 با انجام آزمون‌های آماری فریدمن به منظور بررسی اختلاف و شدت اهمیت و رتبه‌بندی شیوه‌های حکمرانی، تحلیل واریانس جهت مقایسه میانگین‌ها و پست آزمون دانکن صورت پذیرفت.

نتایج

- آمار توصیفی

پرسشنامه شیوه حکمرانی توسط کارکنان سازمان های دولتی ذکر شده در جدول (۱) به منظور تعیین کارکردهای فرعی حکمرانی تکمیل گردیده است. نتایج نشان داد که جنسیت کلیه افراد مورد مطالعه (۱۱ نفر) مرد بود. از لحاظ سنی میانگین سن پاسخگویان ۴۴/۷ سال می‌باشد و از نظر وضعیت تحصیلی و سواد بیشتر آنها دارای تحصیلات دانشگاهی و مدرک فوق‌لیسانس بودند. همچنین، ۸۳/۳ درصد پاسخ‌دهندگان در سمت ریاست نهاد و تنها ۱۶/۶۷ درصد آنها در سمت کارشناس مشغول به فعالیت بوده‌اند.

- بررسی و شناسایی شیوه حکمرانی و رتبه‌بندی کارکردهای آن

اطلاعات جدول ۲، حاکی از وجود اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های حکمرانی می‌باشد. از میان ۱۰ کارکرد فرعی به‌ترتیب قانون‌گذاری، قالب‌گیری سیاست، تولید دانش و بسیج منابع دارای رتبه‌های اول تا سوم می‌باشند. همچنین، رهبری رتبه آخر را به خود اختصاص داده است.

- مقایسه شیوه‌های حکمرانی در منطقه مورد مطالعه

بر اساس اطلاعات جدول ۳، نتایج مقایسه میانگین هر یک از سه شیوه حکمرانی سلسه‌مراتبی، شبکه‌ای و بازاری در هر کارکرد فرعی حکمرانی در سطح ذینفعان منطقه موردمطالعه و بررسی گردید. نتایج حاصل از تحلیل پرسشنامه تعیین شیوه حکمرانی در سطح نهاد

1. Likert scale

در موردمطالعه (جدول، ۳) نشان داد که در هر ۱۰ کارکرد فرعی حکمرانی بررسی شده، پاسخ‌ها در تعیین سه شیوه حکمرانی سلسله‌مراتبی، شبکه‌ای و بازاری، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بودند. به علاوه، به منظور تعیین اهمیت و بررسی اختلاف شیوه‌های حکمرانی با هم، از آزمون تحلیل واریانس و سپس آزمون دانکن استفاده شد و اهمیت و اختلاف در هر کارکرد فرعی حکمرانی بین شیوه‌های حکمرانی موجود در سطح نهاد مشخص گردید. طبق نتایج جدول ۴، در کارکردهای قالب‌گیری سیاست، تولید دانش، بسیج منابع و جامعیت شیوه حکمرانی سلسله مراتبی در بین سه شیوه حکمرانی مورد بررسی، اختلاف معنی داری می‌باشد. در سایر کارکردهای قانون‌گذاری، پایش و ارزیابی، مشروعیت و رهبری شیوه حکمرانی بازاری نسبت به دو شیوه دیگر دارای اختلاف معنی‌دار است. همچنین تنها در کارکرد فرعی حل‌وفصل کشمکش، شیوه حکمرانی شبکه‌ای اولویت اول را به خود اختصاص داده است. همانطور که در جدول ۵، نتایج ماتریس QSPM نشان می‌دهد، بسیاری از گزینه‌های انتخابی به عنوان راهبرد پایداری لازم را ندارند، چرا که جذابیتی برای تدوین راهبرد آن وجود ندارد یا میزان جذابیت پایین است. میزان جذابیت هریک از عوامل راهبردی موجود در مدیریت حکمرانی منابع طبیعی برای تدوین راهبردی با رویکردهای مناسب و قوی کاربرد خواهد داشت.

با توجه به نتایج ماتریس کمی راهبردی می‌توان راهبردهای ذیل را به منظور مدیریت هرچه موثرتر حکمرانی منابع طبیعی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفت. ترتیب اولویت راهبردها براساس میزان و وزن کلی آنها در اصلاح و حرکت به سمت پایداری است.

جدول ۲- نتایج آزمون فریدمن برای رتبه‌بندی شاخص‌های حکمرانی
Table 2- Results of the Friedman test for ranking governance indicators

شاخص	میانگین رتبه	رتبه	
قالب‌گیری سیاست	6.53	2	
تولید دانش	6.21	3	**کای‌اسکوئر**
بسیج منابع	6.21	3	**46.723**
حل‌وفصل کشمکش	5.56	5	
قانون‌گذاری	6.84	1	**درجه آزادی**
پایش و ارزیابی	5.36	6	**9**
مشروعیت	4.41	7	
رهبری	3.99	9	**Sig معنی‌داری**
نماینده‌بودن	4.24	8	**0.001**
جامعیت	5.64	4	

بحث

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس برای تعیین شیوهٔ حکمرانی در سطح ذینفعان محلی در ۱۰ کارکرد فرعی حکمرانی، نشان داد که بر اساس کارکردهای فرعی در منطقه مورد مطالعه، دو شیوه بازاری و سلسله مراتبی نسبت به شیوه حکمرانی شبکه‌ای عاملیت بیشتری داشتند. تفاوت میان شیوه‌ها حاکی از تفاوت میان مداخله دولت و خودمختاری جامعوی است. همچنین شیوه‌ها از منظر میزان رسمی بودن و نقش کنشگران (دولتی و غیردولتی) با یکدیگر اختلاف دارند. از نظر ذینفعان در منطقه موردمطالعه نقش کنشگران دولتی و نهادهای رسمی در کارکردهایی همچون قالب‌گیری سیاست، تولید دانش، بسیج منابع، نماینده بودن و جامعیت نسبت به دو شیوه دیگر پررنگ‌تر می‌باشد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس برای تعیین شیوه حکمرانی در منطقه موردمطالعه

Table 3 - Results of the ANOVA for determining the governance method in the study arae

کارکردهای فرعی حکمرانی		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	معنی‌داری
قالب‌گیری سیاست	بین گروه‌ها	9.056	2	4.528	5.483	0.009
	درون گروه‌ها	27.250	33	0.826		
	کل	36.306	35			
تولید دانش	بین گروه‌ها	15.500	2	7.750	10.029	< 0.001
	درون گروه‌ها	25.500	33	0.733		
	کل	41.000	35			
بسیج منابع	بین گروه‌ها	8.222	2	4.111	4.733	0.016
	درون گروه‌ها	28.668	33	0.869		
	کل	36.889	35			
حل و فصل کشمکش‌ها	بین گروه‌ها	18.056	2	9.028	17.698	< 0.001
	درون گروه‌ها	16.833	33	0.510		
	کل	34.889	35			
قانون‌گذاری	بین گروه‌ها	21.500	2	10.750	20.565	< 0.001
	درون گروه‌ها	17.250	33	0.523		
	کل	38.750	35			
پایش و ارزیابی	بین گروه‌ها	9.500	2	40.750	5.016	0.013
	درون گروه‌ها	31.250	33	0.947		
	کل	40.750	35			
مشروعیت	بین گروه‌ها	28.389	2	14.194	21.132	< 0.001
	درون گروه‌ها	22.167	33	0.672		
	کل	50.556	35			
رهبری	بین گروه‌ها	20.222	2	10.111	21.643	< 0.001
	درون گروه‌ها	15.417	33	0.467		
	کل	37.639	35			
نماینده بودن	بین گروه‌ها	22.222	2	11.111	26.190	< 0.001
	درون گروه‌ها	14.000	33	0.424		
	کل	36.222	35			
جامعیت	بین گروه‌ها	22.889	2	11.444	25.605	< 0.001
	درون گروه‌ها	14.750	33	0.447		
	کل	37.639	35			

قالب‌گیری سیاست: در کارکرد قالب‌گیری سیاست در صورتی که شیوه سلسله‌مراتبی حاکم باشد، مسائل توسط کارشناسان رسمی شناسایی شده و حل مساله نیز به شکل مدیریت فرمان کنترل می‌باشد. در بخش منابع‌طبیعی و کشاورزی منطقه مورد مطالعه اولویت‌های اجرایی از سازمان‌های رسمی درجه یک به سطوح پایین‌تر شهرستان ابلاغ شده و نقش حکمرانی شبکه‌ای کم‌رنگ می‌باشد. به همین دلیل تجربیات کارشناسان رسمی حاکی از مشارکت کمرنگ ذینفعان محلی می‌باشد. تجویزات مدیریتی که طبق قوانین بالادستی و فارغ از نیازهای بهره‌برداران محلی صادر می‌شود، یکی از ویژگی‌های اصلی نظام‌های حکمرانی

غیرانطباقی است. این رویکرد، همانطور که Porras و همکاران (۲۰۱۹) در تحلیل خود از موانع مدیریت پایدار منابع آب نشان داده‌اند، با ایجاد بستر مناسب برای تعارض و فساد، عملاً مشارکت مؤثر را از بین می‌برد. لذا، ممکن است ساختارهای قدرت محلی (نخبگان سنتی و نهادهای دولتی) مانع از توسعه حکمرانی شبکه‌ای شوند.

جدول ۴- نتایج آزمون دانکن جهت تعیین شیوه حکمرانی

Table 4- Results of the Duncan test for determining the governance method

کارکرد فرعی حکمرانی	شیوه حکمرانی	میانگین رتبه‌ای		درجه آزادی	معنی‌داری
قالب‌گیری سیاست	سلسله مراتبی	3.83	a	2	<0.001***
	شبکه‌ای	2.67	b		
	بازار	3.58	a		
تولید دانش	سلسله مراتبی	4.42	a	2	<0.001***
	شبکه‌ای	3.17	b		
	بازار	2.92	b		
بسیج منابع	سلسله مراتبی	4.00	a	2	<0.001***
	شبکه‌ای	2.83	b		
	بازار	3.50	b		
حل‌وفصل کشمکش	سلسله مراتبی	2.58	b	2	<0.001***
	شبکه‌ای	4.25	a		
	بازار	3.83	b		
قانون‌گذاری	سلسله مراتبی	2.50	b	2	<0.001***
	شبکه‌ای	4.00	a		
	بازار	4.25	a		
پایش و ارزیابی	سلسله مراتبی	3.00	b	2	<0.001***
	شبکه‌ای	3.50	b		
	بازار	4.25	a		
مشروعیت	سلسله مراتبی	2.17	b	2	<0.001***
	شبکه‌ای	3.75	a		
	بازار	4.25	a		
رهبری	سلسله مراتبی	2.58	b	2	<0.001***
	شبکه‌ای	2.75	b		
	بازار	4.25	a		
نماینده بودن	سلسله مراتبی	4.33	a	2	<0.001***
	شبکه‌ای	2.67	b		
	بازار	2.67	b		
جامعیت	سلسله مراتبی	4.42	a	2	<0.001***
	شبکه‌ای	2.58	b		
	بازار	4.08	a		

*** معنی‌داری در سطح ۰/۰۰۱

تولید دانش: در این کارکرد فرعی زمانی که شیوه سلسله‌مراتبی حاکم باشد تنها کارشناسان فنی حضور و مشارکت دارند و نقش دانش بومی و تجربیات بهره‌برداران کم‌رنگ در نظر گرفته می‌شود. در حالی که بر اساس آخرین یافته‌ها راه‌حل‌های جامعه‌محور مبتنی بر خلاقیت به منظور رسیدن به تاب‌آوری در مقابل مخاطرات و تنش‌های محیطی می‌تواند موثرتر و کم هزینه‌تر باشد؛ Marinaccio (۲۰۱۹) در پژوهش خود بر نقش محوری آموزش و سازماندهی برای دستیابی به حکمرانی مؤثر تأکید می‌کند. در راستای همین موضوع، یافته‌های پژوهش حاضر نیز اهمیت تولید دانش و یادگیری دوطرفه را برای نیل به حکمرانی سازگار با نظام‌های پیچیده برجسته می‌سازد. این دانش می‌تواند شامل شیوه‌های سنتی مدیریت منابع طبیعی، دانش بومی و یا استراتژی‌های سازگاری با تغییرات آب و هوایی باشد.

جدول ۵- ماتریس برنامه‌ریزی راهبردی کمی (QSPM)

Table 5 - Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)

راهبردها	وزن	وزن نرمال شده	امتیاز وضع موجود	امتیاز وزن‌دار	اولویت
تقویت مشارکت ذینفعان از طریق ایجاد چارچوب‌های مشارکتی و شبکه‌ای در فرآیندهای تصمیم‌گیری	6.86	0.04	4	0.16	1
بهبود ساختارهای تصمیم‌گیری از طریق ترکیب مدل‌های مدیریتی مبتنی بر بازار و مشارکتی	6.41	0.04	4	0.16	2
ایجاد و توسعه شبکه‌های ارتباطی میان نهادهای رسمی و غیردولتی	5.00	0.03	3	0.09	3
بهره‌گیری از دانش بومی و تجربیات محلی در تدوین راهکارهای مدیریت منابع	5.47	0.04	4	0.16	4
ایجاد سیاست‌های حمایتی جهت هماهنگ‌سازی رویکردهای سلسله‌مراتبی و بازارگرا	6.88	0.04	2	0.08	5
توسعه و تجهیز زیرساخت‌ها و امکانات فنی در جوامع محلی	7.82	0.05	2	0.08	6
افزایش آموزش و آگاهی در خصوص شیوه‌های صحیح استفاده از منابع طبیعی	7.06	0.04	2	0.06	7
بازنگری جهت استفاده بهینه و هدفمند از منابع طبیعی	6.83	0.04	3	0.15	8
راه‌اندازی سیستم‌های نظارت و ارزیابی مستمر برای پایش عملکرد حکمرانی	6.24	0.04	4	0.16	9

بسیج منابع: زمانی که بسیج منابع تحت حکمرانی سلسله‌مراتبی باشد تلاش بر مشارکت کنشگران دارای قدرت سیاسی می‌باشد و سایر ذینفعان و کنشگران محلی نقش و مشارکتی نخواهند داشت. در این حالت کنشگران رسمی و دارای قدرت با اعمال محدودیت‌ها و مالیات‌ها از یک‌سو و تلاش برای تامین و تخصیص بودجه از سوی دیگر سعی در بسیج منابع دارند که گاهاً با فشارهای اقتصادی در سطح کلان و عدم تمایل و پیروی جامعه محلی در پرداخت‌های مالیاتی با مشکل مواجه می‌شوند. در نتیجه بسیاری از پروژه‌ها با صرف زمان بیشتر و آثار اجتماعی همراه می‌شود. این یافته با نتایج Porras و همکاران (۲۰۱۹) و Kuzdas و همکارن (۲۰۱۵) در زمینه اهمیت مشارکت‌دهی تمام ذینفعان تطابق دارد. لذا، توصیه می‌شود توانمندسازی جوامع محلی برای مشارکت فعال در فرآیندهای تصمیم‌گیری به عنوان ضرورت و اولویت در نظر گرفته شود.

نماینده بودن: در حالی که در کارکرد پشتیبان نمایندگی حضور تمام گروه‌های ذینفع برای ایجاد مشروعیت بیشتر و افزایش یادگیری اجتماعی ضروری است، اما از دید کارشناسان رسمی همچنان در منطقه مورد مطالعه نماینده بودن تحت حکمرانی سلسله‌مراتبی قرار دارد. به این معنا که نمایندگانی؛ اغلب کارشناسان فنی در حوزه مساله مدنظر انتخاب می‌شوند. این یافته که شنیده نشدن صدای بهره‌برداران محلی به کاهش مشارکت و تضعیف اعتماد میان ذی‌نفعان دولتی، خصوصی و جامعه مدنی می‌انجامد، با نتایج تحلیل Kuzdas و همکاران (۲۰۱۵) از نظام حکمرانی در کاستاریکا همخوانی دارد. آن‌ها نیز در پژوهش خود نشان دادند که رژیم‌های مدیریتی فاقد ساختارهای یکپارچه و مشارکتی، با به حاشیه راندن جوامع محلی و نادیده گرفتن دانش آن‌ها، عملاً مانع اصلی شکل‌گیری اعتماد و همکاری مؤثر برای مدیریت منابع هستند.

جامعیت: جامعیت که در بطن خود مفاهیمی همچون مدیریت یکپارچه منابع را دارد و به‌عنوان یک کارکرد پشتیبان معرفی شده است زمانی به شکل مطلوب ظهور خواهد کرد که حکمرانی باز و انعطاف‌پذیر محقق باشد. این یکپارچگی و جامعیت باید به شکل مشارکتی محقق شود در حالی که در منطقه مورد مطالعه از دید کارشناسان رسمی جامعیت تحت شیوه حکمرانی سلسله‌مراتبی است یعنی صرفاً مسائل موجود بایستی توسط صاحبان فن به توافق جمعی برسد. این یافته که نقش کنشگران محلی در مدیریت منابع آب کمرنگ است، در نتایج مطالعات فنی مانند پژوهش Sajedipour و همکاران (۲۰۱۷) نیز به طور ضمنی مشهود است. آن‌ها در مطالعه خود با تمرکز بر برآورد فنی و بوم‌شناختی حقابه دریاچه بختگان، شکاف موجود میان تحلیل‌های علمی متمرکز و مشارکت عملی کنشگران محلی در فرآیند مدیریت را برجسته می‌سازند. در واقع، غلبه چنین رویکردهای بالا به پایینی، خود تأییدی بر به حاشیه رانده شدن دانش بومی و نقش‌آفرینی ذی‌نفعان محلی است. از این‌رو، مشارکت جوامع محلی در تعریف و ارزیابی پایداری ضروری است. این امر به اطمینان از سازگاری رویکردهای پایداری با نیازها و ارزش‌های محلی کمک می‌کند.

در ارتباط با شیوه حکمرانی بازار، ترکیبی از نهادهای رسمی و غیررسمی با عاملیت کنشگران غیردولتی مطرح می‌باشد. از این‌رو بر اساس بخش نتایج در کارکردهای قانون‌گذاری، پایش و ارزیابی، مشروعیت و رهبری شیوه حکمرانی بازاری نسبت به دو شیوه دیگر اختلاف معنی‌داری داشته است. وضعیت این کارکردها زمانی که تحت شیوه حکمرانی بازاری قرار دارند به صورت زیر می‌باشد:

قانون‌گذاری: زمانی که شیوه حکمرانی بازاری حاکم باشد هر چه تعداد قوانین محدودکننده کمتر باشند برای جامعه مطلوب‌تر است و از سویی مذاکرات بر سر قیمت‌ها می‌باشد. از دید کارشناسان در منطقه مورد مطالعه قانون‌گذاری تحت حکمرانی بازاری قرار دارد و دارای ویژگی‌های ذکر شده است؛ که با نتایج Marinaccio (۲۰۱۹) و Kuzdas و همکاران (۲۰۱۵) مبنی‌بر اهمیت قدرت‌های سیاسی و اقتصادی در فرآیند قانون گذاری همسو و هم راستا می‌باشد. بر این اساس، از طریق تطبیق با شرایط محلی به منظور تطبیق رویکردهای حکمرانی با شرایط محلی، با توجه به ساختارهای قدرت، فرهنگ و ارزش‌های بومی کارساز می‌باشد.

پایش و ارزیابی: اینکه در این حالت، پایش‌ها بر اساس مزیت‌های قیمتی و تلاش‌ها معطوف به سودآوری آنی است تا حفظ منابع بلندمدت، یافته‌ای است که تحلیل Pahl-Wost و همکارن (۲۰۱۴) بر آن صحه می‌گذارد. پژوهش آن‌ها نیز تأکید می‌کند که نظام‌های حکمرانی به دلیل تمرکز بر اهداف کوتاه‌مدت اقتصادی، ظرفیت لازم برای مدیریت پایدار منابع و انطباق با تغییرات اقلیمی را از دست می‌دهند. براین اساس، وجود رویکردهای پایش فنی در کنار پایش مشارکتی و

اقتصادی، پیشروی به سوی فراحکمرانی و مدنظر قرار دادن هر سه شیوه به صورت ترکیبی پیشنهاد می‌شود. در این راستا، توصیه می‌شود برای تقویت حکمرانی شبکه‌ای از طریق ایجاد فضاهای مشارکتی، تسهیل گفتگو بین ذینفعان و ظرفیت‌سازی برای همکاری اقدام نمود.

مشروعیت: این یافته که تحت حکمرانی بازاری، مشروعیت بر مبنای محاسبه سود شکل می‌گیرد، در راستای نتایج پژوهش Rahimi و همکاران (۲۰۲۱) قرار دارد. آن‌ها نیز در مطالعه خود بر نظام حکمرانی آب نشان دادند که با غلبه رویکرد بازاری، تصمیمات و نحوه تخصیص منابع عمدتاً بر پایه معیارهای اقتصادی و به نفع ذی‌نفعان دارای قدرت مالی اتخاذ می شود؛ بر این اساس لازمه حکمرانی، مشروعیت داشتن قوانین، نمایندگان، اهداف و فعالیت‌ها می‌باشد. مشروعیت ممکن است به دلیل فقدان ظرفیت‌های لازم برای حکمرانی شبکه‌ای که شامل مهارت‌های ارتباطی، مذاکره و حل اختلاف در میان ذینفعان در منطقه می باشد، وجود داشته باشد.

رهبری: هرچند در حکمرانی شبکه‌ای، رهبری به شکل یک فرایند هدایت‌گر و پشتیبان ظهور می‌کند، اما در شیوه حکمرانی بازاری، این نقش ماهیتی ابزاری و بالا به پایین دارد که مبتنی بر وکالت دادن و تعیین کردن است. این الگو در پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌های گوناگون تأیید شده است؛ به عنوان مثال، Marinaccio (۲۰۱۹) در بررسی نظام حکمرانی جنگل در چین، به روشنی نشان می‌دهد که چگونه «آموزش کادرها» سازوکاری برای ایجاد رهبرانی است که از سوی دولت برای اجرای سیاست‌ها «تعیین» و منصوب می‌شوند. به طور مشابه، مطالعات در حوزه حکمرانی آب، مانند پژوهش Kuzdas و همکاران (۲۰۱۵) در کاستاریکا و Rahmi و همکاران (۲۰۲۱) در ایران، نشان می‌دهند که در رژیم‌های غیرمشارکتی، تصمیم‌گیری‌ها توسط نهادها یا کنشگران قدرتمندی صورت می‌گیرد که اختیار خود را به صورت وکالتی از یک قدرت مرکزی دریافت کرده‌اند

در کارکرد فرعی حل‌وفصل کشمکش، تنها شیوه حکمرانی شبکه‌ای اولویت اول را به خود اختصاص داده است. در کارکرد حل‌وفصل کشمکش زمانی که حکمرانی شبکه‌ای حاکم باشد با هدف رسیدن به اتفاق‌نظر جمعی از کنشگران کلیدی به عنوان واسطه استفاده می‌شود. در این زمینه، از دیدگاه کارشناسان رسمی در منطقه مورد مطالعه همچنان برای حل‌وفصل کشمکش‌ها کارایی و حاکمیت شبکه‌ای از سلسله‌مراتبی و بازاری موفق‌تر عمل کرده‌اند. در حقیقت کنشگران در هر شیوه حکمرانی، راهبردهای مختلفی برای کسب و اعمال قدرت و همچنین کنترل را در اختیار می‌گیرند. با این تفاسیر دو شیوه حکمرانی سلسله‌مراتبی و بازاری در منطقه مورد مطالعه غالب بوده و شیوه حکمرانی شبکه‌ای کمرنگ می‌باشد. برای تحقق یک حکمرانی مطلوب نیاز است نقش جامعه محلی در کارکردهای مختلف حکمرانی با افزایش مشارکت بهبود یابد که با نتایج (Roth & Warner, 2007; Marinaccio, 2019; Porras *et al.*, 2019; Rahimi *et al.*, 2021) در ارتباط با مباحث میانجی‌گری مطابقت و همخوانی دارد. به گونه‌ای که سازگاری با شرایط محیطی می‌تواند در طراحی رویکردهای حکمرانی پایدار مفید باشد. این دانش می‌تواند شامل شیوه‌های سنتی مدیریت منابع طبیعی ازجمله استراتژی‌های سازگاری با تغییرات آب و هوایی باشد.

نتایج به طور کلی نشان می‌دهد که ذینفعان محلی حامی شیوهٔ حکمرانی سلسله‌مراتبی هستند. این تمایل به ساختارهای متمرکز، ریشه در نیاز به امنیت در شرایط بحرانی و عدم قطعیت (Roth & Warner, 2007) و همچنین مقاومت در برابر پیچیدگی‌های گذار به پارادایم‌های جدید و مشارکتی دارد (Pahl-Wostl *et al.*, 2011). براساس نتایج به‌دست آمده از ماتریس QSPM راهبردهای اولویت‌بندی شده سعی در اصلاح و حرکت به سوی یک سیستم حکمرانی پایدار و مشارکتی دارند که می‌تواند زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های علمی و بهبود مدیریت منابع طبیعی در شهرستان

خاش شود. راهبردهای پیشنهادی به ترتیب اولویت عبارتند از:

۱- تقویت مشارکت ذینفعان از طریق ایجاد چارچوب‌های مشارکتی و شبکه‌ای در فرآیندهای تصمیم‌گیری (با تلفیق عناصر مثبت هر دو رویکرد سلسله‌مراتبی و بازارگرا برای افزایش شفافیت و پاسخگویی).

۲- بهبود ساختارهای تصمیم‌گیری از طریق ترکیب مدل‌های مدیریتی مبتنی بر بازار و مشارکتی (جهت ایجاد فرآیندهای دموکراتیک‌تر و افزایش انعطاف‌پذیری در مواجهه با تغییرات محیطی).

۳- ایجاد و توسعه شبکه‌های ارتباطی میان نهادهای رسمی و غیردولتی (به‌منظور همسوسازی رویکردهای حکمرانی و تسهیل تبادل اطلاعات و تجربیات میان ذینفعان).

۴- بهره‌گیری از دانش بومی و تجربیات محلی در تدوین راهکارهای مدیریت منابع (تاکید بر استفاده از دانش تجربی و سنتی جهت تقویت مقاومت سیستم‌های اجتماعی-بوم‌شناختی).

۵- ایجاد سیاست‌های حمایتی جهت هماهنگ‌سازی رویکردهای سلسله‌مراتبی و بازارگرا (به منظور تضمین عدالت در تخصیص منابع و کاهش نابرابری‌های ناشی از مدل‌های مدیریتی تک‌بعدی).

۶- توسعه و تجهیز زیرساخت‌ها و امکانات فنی در جوامع محلی (جهت بهبود بهره‌وری و ایجاد شرایط مطلوب برای اجرای سیاست‌های مدیریت منابع).

۷- افزایش آموزش و آگاهی در خصوص شیوه‌های صحیح استفاده از منابع طبیعی (با هدف کاهش تعارضات میان ذینفعان و ارتقای دانش فنی و بومی در میان کاربران)

۸- بازنگری جهت استفاده بهینه و هدفمند از منابع طبیعی (تاکید بر اصلاح شیوه‌های بهره‌برداری به‌منظور همسوسازی با شرایط بوم‌شناختی و نیازهای معیشتی)

بهره‌گیری از توانمندی‌های خود می‌توانند به‌طور مؤثری از منابع مشترک محافظت کنند. همچنین، راه‌اندازی سیستم‌های نظارت و ارزیابی مستمر برای پایش عملکرد حکمرانی (استفاده از شاخص‌های علمی و نتایج آزمون‌های آماری به‌منظور شناسایی و اصلاح نقاط ضعف موجود).

به طورکلی این دسته از راهبردها با بهره‌گیری از فرصت‌های موجود در محیط خارجی می‌کوشند تا نقاط ضعف را در منطقه مورد مطالعه بهبود بخشند. لذا، با توجه به شرایط استان و شهرستان گزینه‌ای بهتر از توسعه و بهبود مدیریت حکمرانی منابع طبیعی به‌منظور ارتقاء وضعیت پایداری منابع در عین دستیابی به نیازهای معیشتی وجود ندارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج به دست آمده و مقایسه آن با تحقیقات انجام شده، در زمینه مدیریت منابع طبیعی در شهرستان خاش نشان‌دهنده اهمیت روش‌های حکمرانی مشارکتی و تأثیر آن بر بهبود وضعیت منابع طبیعی و کاهش تعارضات میان ذینفعان محلی می‌باشد. مطالعات و تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که شیوه‌های مدیریتی از بالا به پایین و متمرکز، به افزایش تعارضات میان بهره‌برداران محلی و نهادهای مرتبط منجر شده است (Carlsson & Berkes, 2005; Rist *et al*., 2016; Porras *et al*., 2019; Rahimi *et al*., 2021). در این راستا، ایجاد فرایندهای مشارکتی و فراحکمرانی می‌تواند به بهبود وضعیت بوم‌سازگان‌های طبیعی کمک کند.

نتایج مطالعه حاضر نیز حاکی از آن است که در شهرستان خاش، شیوه حکمرانی غالب سلسله‌مراتبی است که این امر نیازمند تغییر به سمت رویکردهای مشارکتی و شبکه‌ای می‌باشد. در این راستا، تحقیقات متعددی در زمینه مدیریت منابع طبیعی، ازجمله مطالعات Ostrom (۱۹۹۰) و Pahl-Wostl (۲۰۱۹)، بر اهمیت مشارکت ذینفعان در مدیریت پایدار تأکید دارند. این مطالعات نشان داده‌اند که جوامع محلی با

تحقیقات اخیر (Khedrigharibvand *et al*., 2019) بر لزوم توجه به پیچیدگی‌های اجتماعی-اکولوژیکی و نیاز به رویکردهای جامع‌تر تأکید دارند.

مطالعه حاضر نیز بر اهمیت تحلیل و شناسایی روابط میان ذینفعان نهادی و شیوه‌های حکمرانی منابع طبیعی در شهرستان تأکید دارد. این رویکرد می‌تواند به تسهیل تعاملات و همکاری‌های میان ذینفعان کمک کند و زمینه‌ساز تصمیم‌گیری‌های آگاهانه‌تر باشد. همانطور که مشاهده گردید در شهرستان خاش، دو شیوه حکمرانی اصلی شامل سلسله‌مراتبی و بازارگرایی وجود دارد که هر یک ویژگی‌ها و تأثیرات خاص خود را بر مدیریت منابع طبیعی و توسعه اقتصادی دارند.

به‌طورکلی، تفاوت‌های کلیدی بین این دو شیوه حکمرانی جود دارد؛ ساختار تصمیم‌گیری در شیوه سلسله‌مراتبی، تصمیم‌گیری به صورت متمرکز و از بالا به پایین انجام می‌شود. نهادهای دولتی و مقامات محلی غالباً مسئولیت اصلی را بر عهده دارند و به طور مستقیم در فرآیندهای مدیریتی دخالت می‌کنند. این رویکرد ممکن است منجر به عدم توجه به نیازها و نظرات ذینفعان محلی شود. درحالی‌که در مدل بازارگرایی، تصمیم‌گیری بیشتر بر اساس مکانیزم‌های بازار و رقابت انجام می‌شود. نهادها و شرکت‌های خصوصی در این فرآیند نقش بیشتری دارند و تلاش می‌کنند تا با استفاده از اصول اقتصادی، منابع را بهینه مدیریت کنند. این رویکرد ممکن است موجب افزایش کارایی شود، اما ممکن است به نابرابری‌های اجتماعی نیز منجر گردد. از لحاظ نوع تعاملات نیز در شیوه سلسله مراتبی تعاملات در این سیستم عمدتاً رسمی و مبتنی بر قوانین و مقررات است. این امر، می‌تواند منجر به کندی در پاسخگویی به نیازهای فوری جامعه شود. درحالی که در شیوه بازارگرایی، تعاملات بیشتر غیررسمی و مبتنی بر قراردادها و توافقات است. این نوع تعامل می‌تواند انعطاف‌پذیری بیشتری را فراهم کند، اما ممکن است شفافیت کمتری داشته باشد.

به‌علاوه، از نظر مشارکت ذینفعان در شیوه سلسله‌مراتبی، مشارکت ذینفعان محلی معمولاً محدود است و بیشتر تصمیمات بدون مشاوره با آنها اتخاذ می‌شود. این موضوع می‌تواند منجر به نارضایتی و تعارضات اجتماعی گردد. در مقابل شیوه بازارگرایی معمولاً به مشارکت بیشتر ذینفعان محلی کمک می‌کند، زیرا شرکت‌ها و نهادهای خصوصی تمایل دارند تا با جامعه محلی همکاری کنند تا محصولات خود را بهتر بفروشند.

از لحاظ تأثیر بر پایداری نیز شیوه سلسله‌مراتبی ممکن است نتایج مثبت کوتاه‌مدت ایجاد کند، اما در بلندمدت، عدم توجه به نیازهای اکولوژیکی و اجتماعی می‌تواند منجر به تخریب منابع طبیعی شود. این در حالی است که در شیوه بازارگرایی اگرچه می‌تواند کارایی اقتصادی را افزایش دهد، اما ممکن است در صورت عدم‌نظارت مناسب، به بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی منجر شود.

در نهایت، انتخاب بین شیوه‌های حکمرانی سلسله‌مراتبی و بازارگرایی باید بر اساس شرایط خاص شهرستان خاش و نیازهای جامعه محلی انجام شود. ترکیب عناصر مثبت هر دو رویکرد می‌تواند به ایجاد یک نظام حکمرانی مؤثرتر منجر گردد که همزمان نیز به توسعه پایدار و رفاه اجتماعی کمک کند.

References

Abbasi-Rostami, F., Ghorbani, M., & Malekian, A. (2022). Natural resource governance: Analysis of the social network of the governance of the integrated management of agricultural water resources in Mazandaran Province. *Journal of Watershed Management Research*, 13(25), 197–209. https://doi.org/10.52547/jwmr.13.25.197 (In Persian)

Akhmouch, A., Clavreul, D., & Glas, P. (2018). Introducing the OECD Principles on Water Governance. *Water International*, 43(1), 5–12. https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1407561

Aldrich, D. P., & Meyer, M. A. (2015). Social capital and community resilience. *American*

Ebrahimi Azarkharan, F. (2018). *Water governance in watersheds based on human-environmental systems: A case study of the Taleghan watershed* [Ph.D. dissertation, University of Tehran]. (In Persian)
Epstein, G., Pittman, J., Alexander, S. M., Berdej, S., Dyck, T., & Kreitmair, U. (2015). The role of governance in sustainable water management. *Sustainability*, 7(6), 7381–7400. https://doi.org/10.3390/su7067381
Fernandes, C. C., Valente, S., Figueiredo, E., & Polido, A. (2025). Stakeholder and social network analysis for understanding forest (fires) management–A contribution based on a systematic literature review. *Forest Policy and Economics*, 170, 103396. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2024.103396
Gharechaei, H., Moghaddam Nia, A., Malekian, A., & Ahmadi, A. (2015). Separation of the effects of climate variability and human activities on runoff of Bakhtegan Basin. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 2(4), 445–454. https://doi.org/10.22059/IJE.2015.58070 (In Persian)
Ghorbani, M. (2018). *Water governance in the face of global change*. University of Tehran Press. (In Persian)
Ghorbani, M., Azarnivand, H., Mehrabi, A. A., Bastani, S., Jafari, M., & Nayebi, H. (2013). Social network analysis: A new approach in policy–making and planning of natural resources co-management. *Journal of Rangeland and Watershed Management*, 65(4), 553–568. (In Persian)
Glass, L. M., & Newig, J. (2019). Governance for achieving the Sustainable Development Goals: How important are participation, policy coherence, reflexivity, adaptation and democratic institutions?. *Earth System Governance*, 1, 100031. https://doi.org/10.1016/j.esg.2019.100031
Hilborn, R., Walters, C. J., & Christensen, V. (2015). Ecosystem-based management: A new approach to managing fisheries. *Fisheries Research*, 164, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.001
Hooghe, L., & Marks, G. (2003). Unraveling the central state, but how? Types of multi-level governance. *American Political Science Review*, 97(2), 233-243. https://doi.org/10.1017/S000305540300064X
Hosseini, A., Pourahmad, A., Hataminejad, H., & Rezaeinia, H. (2013). Optimal Strategies in ordering Blight texture of Ghetariye

Behavioral Scientist, 59(2), 254–269. https://doi.org/10.1177/0002764214550299
Bodin, Ö., & Crona, B. I. (2009). The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference?. *Global Environmental Change*, 19(3), 366–374. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.05.002
Bodin, Ö., & Prell, C. (Eds.). (2011). *Social networks and natural resource management: Uncovering the social fabric of environmental governance*. Cambridge University Press.
Bohensky, E. L., Butler, J. R. A., & Davies, J. (2013). Integrating indigenous ecological knowledge and science in natural resource management: perspectives from Australia. *Ecology and Society*, 18(3), 20. https://doi.org/10.5751/ES-05846-180320
Braga, R., de Faria, D. M. C. P., & de Azevedo, J. P. S. (2014). Water governance in Brazil: The role of state and non-state actors. *Water Policy*, 16(S1), 1–20. https://doi.org/10.2166/wp.2014.001
Briggs, D., Smithson, P., Addison, K., & Atkinson, K. (1997). *Fundamentals of the physical environment*. Routledge.
Carlsson, L., & Berkes, F. (2005). Co-management: Concepts and methodological implications. *Journal of Environmental Management*, 75(1), 65–76. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.008
Cundill, G., & Fabricius, C. (2010). Monitoring the governance of natural resources: a case study from South Africa. *Ecology and Society*, 15(3), 4. http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art4/
David, M. E., David, F. R., & David, F. R. (2017). The quantitative strategic planning matrix: A new marketing tool. *Journal of Strategic Marketing*, 25(4), 342–352. https://doi.org/10.1080/0965254X.2016.1148763
Diana, C. J. (2009). Integrated water resource management: A case study from Italy. *Water Resources Management*, 23(9), 1845–1860. https://doi.org/10.1007/s11269-008-9351-y
Duit, A., & Galaz, V. (2008). Governance and complexity–emerging issues for governance theory. *Governance*, 21(3), 311–335. https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2008.00402.x

neighborhood, using QSPM method. Bagh-e Nazar, 10(24), 79–90. (In Persian)
Ishihara, K., Takahashi, R., & Andoh, M. (2020). Climate change adaptation in water resource management: The role of local communities. *Climate Policy*, 20(7), 859–872. https://doi.org/10.1080/02424031.2020.1770649
Khedrigharibvand, H., Ghorbani, M., & Karamouz, M. (2019). The impact of climate change on water resources management. *Water Resources Management*, 33(10), 3457–3470. https://doi.org/10.1007/s11269-019-02340-8 (In Persian)
Kuzdas, C., Wiek, A., Warner, B., Vignola, R., & Morataya, R. (2015). Integrated and participatory analysis of water governance regimes: The case of the Costa Rican dry tropics. *World Development*, 66, 254–268. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.016
Laari Jani, M., Ghorbani, M., & Rahmani Azad, E. (2013). Analysis of local stakeholders and key actors (social power) in participatory management of natural resources: Case study of Lamour Village. *Journal of Earth Sciences Research*, 4(13), 1–12. (In Persian)
Lienert, J., Scholten, L., Egger, C., & Maurer, M. (2013). Multi-level governance in water management: A case study from Switzerland. *Environmental Science & Policy*, 33, 163–174. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.05.008
Lockwood, M., Davidson, J., Curtis, A., Stratford, E., & Griffith, R. (2010). Governance principles for natural resource management. *Society & Natural Resources*, 23(10), 986–1001. https://doi.org/10.1080/08941920802178214
Marinaccio, J. (2019). Organizing forestry governance: Cadre training in China's multi-level governance regime. *Journal of Environmental Management*, 231, 795–803. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.098
Narmashiri, F. (2021). *Simulation of agent-based interactions between humans and the environment in a desert ecosystem focusing on sustainable agriculture* [Ph.D. dissertation, University of Tehran]. (In Persian)
Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
Ostrom, E. (2005). *Understanding institutional diversity*. Princeton University Press.
Pahl-Wostl, C. (2009). A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, 19(3), 354–365. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.04.001
Pahl-Wostl, C. (2019). The role of governance modes and meta-governance in the transformation towards sustainable water governance. *Environmental Science & Policy*, 91, 6–16. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.10.008
Pahl-Wostl, C., & Knieper, C. (2014). The capacity of water governance to deal with the climate change adaptation challenge: Using fuzzy set Qualitative Comparative Analysis to distinguish between polycentric, fragmented and centralized regimes. *Global Environmental Change*, 29, 139-154. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.09.006
Pahl-Wostl, C., Jeffrey, P., Isendahl, N., & Brugnach, M. (2011). Maturing the new water management paradigm: Progressing from aspiration to practice. *Water Resources Management*, 25(3), 837–856. https://doi.org/10.1007/s11269-010-9729-2
Pahl-Wostl, C., Sendzimir, J., Jeffrey, P., Aerts, J., Berkamp, G., & Cross, K. (2007). Managing change toward adaptive water management through social learning. *Ecology and Society*, 12(2), 30. http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss2/art30/
Porras, G. L., Stringer, L. C., & Quinn, C. H. (2019). Corruption and conflicts as barriers to adaptive governance: Water governance in dryland systems in the Rio del Carmen watershed. *Science of the Total Environment*, 660, 519–530. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.077
Rahimi, M., Ghorbani, M., Malekian, A., & Alam Beigi, A. (2021). Determining the mode and regime of water governance in response to environmental changes from the perspective of institutions and local stakeholders (Case study: Tashk-Bakhtegan Lake Basin). *Rangeland and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, 74(1), 83-102. (In Persian)
Raum, S. (2018). Governance challenges in transboundary water management. *International Journal of Water Resources Development*, 34(3), 341–355. https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1324789

governance practices: Assessing the Dutch Flood Protection Programme. *Water International*, 43(1), 90–108. https://doi.org/10.1080/02508060.2017.1417591

Soma, K., van Tatenhove, J., & van Leeuwen, J. (2015). Marine governance in a European context: Regionalization, integration & cooperation for ecosystem-based management. *Ocean & Coastal Management*, 117, 4–13. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.014

Tamassoki, E., Bahrami Jaf, S., & Tamassoki, E. (2024). Analyzing the Conceptual Model of Environmental Governance in Iran. *Natural Resources Governance*, 1(1), 1–13. (In Persian)

Thompson, G., Frances, J., Levacic, R., & Mitchell, J. (Eds.). (1991). *Markets, hierarchies and networks: The coordination of social life*. Sage.

Vazirian, R., Karimian, A. A., Afshani, A., & Dastorani, M. T. (2019). Assessment of structural relationships and social network analysis of local communities' direction collaborative management (Case study: Razavi Khorasan Province, Sabzevar City). *Journal of Range and Watershed Management*, 72(3), 865–878. (In Persian)

Wellens, J., & Jegers, M. (2014). Governance and public participation in water management. *Water Alternatives*, 7(2), 267–284.

Rist, S., Chaves, M., & Pacheco, P. (2016). The role of participatory approaches in environmental governance. *Environmental Science & Policy*, 66, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.08.003

Roldán, V. A., Villasante, S., & Outeiro, L. (2015). Linking marine and terrestrial ecosystem services through governance social networks. *Ecosystem Services*, 16, 390–402. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.02.010

Roth, D., & Warner, J. F. (2007). Flood risk, uncertainty and changing river protection policy in the Netherlands: The case of 'calamity polders'. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 98(4), 519–525. https://doi.org/10.1111/j.1467-9663.2007.00419.x

Sajedipour, S., Zarei, H., & Oryan, S. (2017). Estimation of environmental water requirements via an ecological approach: A case study of Bakhtegan Lake, Iran. *Ecological Engineering*, 100, 246–255. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.12.029 (In Persian)

Scott, R. W. (2008). *Institutions and organizations: Ideas and interests* (3rd ed.). Sage Publications.

Seijger, C., Brouwer, S., Van Buuren, A., Gilissen, H. K., van Rijswick, M., & Hendriks, M. (2018). Functions of OECD Water Governance Principles in assessing water

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 111-127 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2048669.1197 **Online ISSN: 2783-4581**

Effects of contour furrow on vegetation restoration in critical centers of wind erosion in arid regions (Case study, west of Hamoon Lake)

Moien Jahantigh[1]*, Mansour Jahantigh[1], Hamidreza Peyrowan[2]

1. Department of Soil Conservation and Water Management, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zabol, Iran

2. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

* **Corresponding author**: moienja23@yahoo.com

(Received: 21 December 2024 Revised: 26 April 2025 Accepted: 01 Jun 2025)

Extended Abstract

Introduction: Wind erosion is a critical environmental issue and a major barrier to development in arid and semi-arid regions. This destructive process causes considerable ecological damage by stripping away topsoil, reducing land productivity, and increasing dust and sandstorm occurrences. Vegetation cover, soil stability, and surface roughness are among the key factors influencing wind erosion. The Sistan region, characterized by flat topography and long-term drought, experiences severe wind erosion due to the degradation of vegetation cover. This leads to frequent dust storms, further disrupting the ecosystem. To combat these effects, the construction of contour furrows for rainwater harvesting has proven effective. These furrows increase soil surface roughness and enhance water retention, creating favorable conditions for vegetation establishment and ecological restoration.

Materials and Methods: This study was conducted in a flat area with approximately 0.5% slope and sparse vegetation, located west of Lake Hamun. Furrows measuring 40 cm in depth and 50 cm in width were constructed along horizontal lines, each 90 meters long. Seeding was conducted inside the furrows. The experimental design included three variables: precipitation storage location (inside the furrows, between the furrows, and a control area without furrows), sampling season (beginning and end of the rainy season), and year (first and second year). Each treatment was replicated four times. Vegetation characteristics, including plant height, canopy cover, bare soil percentage, and plant vitality, were assessed using 90-meter transects and quadrat sampling. Soil samples from each treatment zone were analyzed for their hydrological classification based on the SCS (Soil Conservation Service) method. Data were statistically analyzed using ANOVA in SPSS software to evaluate treatment effects.

Results and Discussion: Statistical analysis revealed that the location of precipitation storage and sampling season significantly affected plant height and canopy cover ($P<0.05$). Vegetation indicators improved markedly within the furrows during the second year, especially after rainfall. Plant vitality assessment showed that 54% of plants in the furrows had high vitality (first degree), 40% moderate (second degree), and only 6% low vitality (third degree). In contrast, in the control area, 73% of plants exhibited low vitality and 27% moderate vitality, with no high-vitality plants observed. Soil infiltration capacity also improved significantly in the furrowed areas. While infiltration rates in the control zone ranged from 0.3 to 1 mm/hour, they increased to between 1.3 and 3.8 mm/hour in furrowed zones. This improvement enhances water availability in the root zone, increasing soil moisture and thereby creating a suitable environment for plant growth and stabilization of the soil surface.

Conclusion: This study demonstrates that contour furrows are an effective technique for vegetation restoration and soil conservation in wind-eroded, arid environments such as the western area of Lake Hamun. By improving infiltration and increasing soil moisture, furrow construction facilitates vegetation establishment and resilience. Given the region's limited precipitation, high evaporation rates, and compact soil layers, furrows represent a practical and low-cost solution for managing water resources and combating desertification. Their application can greatly enhance the effectiveness and sustainability of restoration efforts in degraded arid lands.

Keywords: Furrows system, Sistan, freshness degree, vegetation cover, Water harvesting

Citation: Jahantigh, M., Jahantigh, M., & Peyrowan, H. (2026). Effects of contour furrow on vegetation restoration in critical centers of wind erosion in arid regions (Case study, west of Hamoon Lake). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 111-127. doi= 10.22034/iwm.2025.2048669.1197

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۱۲۷-۱۱۱) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2048669.1197

اثربخشی عملیات کنتور فارو بر احیاء پوشش گیاهی در کانون‌های فرسایشی مناطق خشک (مطالعه موردی : غرب دریاچه هامون)

معین جهان‌تیغ[1*]، منصور جهان‌تیغ [1]، حمیدرضا پیروان[2]

۱. بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

***نویسنده مسئول :** moienja23@yahoo.com

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۳/۱۰/۰۱ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۲/۰۶ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۲۵)

چکیده مبسوط

مقدمه: فرسایش بادی یکی از مهمترین مخاطرات زیست‌محیطی و موانع توسعه و پیشرفت جوامع به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود. به‌طوری که این پدیده مخرب هرساله خسارات زیادی را بر زیست بوم این نواحی به‌همراه دارد. عواملی ازجمله پوشش گیاهی، پایداری ساختمان خاک و زبری سطح زمین نقش به‌سزایی در وقوع فرسایش بادی دارند. از این رو قدرت فرسایندگی باد، در اراضی مسطح و فاقد پوشش گیاهی به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. منطقه سیستان به دلیل خشکسالی‌های طولانی‌مدت و از بین رفتن پوشش گیاهی همواره تحت تاثیر پدیده مخرب فرسایش بادی قرار دارد که ضمن تخریب زیست بوم این منطقه باعث ایجاد طوفان‌های شنی و بروز پدیده گردوغبار در این منطقه شده است. از این‌رو به منظور کنترل فرسایش بادی و حفاظت خاک، احداث فارو به منظور جمع‌آوری نزولات آسمانی ضمن افزایش زبری خاک، بستر مناسبی برای احیاء پوشش گیاهی در این مناطق را فراهم می‌نماید.

مواد و روش‌ها: برای انجام این پژوهش محدوده‌ای در غرب دریاچه هامون با شیب حدود نیم درصد و با پوشش گیاهی فقیر انتخاب و با فاصله دو متر از همدیگر فاروهایی به عمق ۴۰ و عرض ۵۰ سانتیمتر در امتداد خطوط تراز به طول ۹۰ متر و در راستای عمود بر جهت وزش باد احداث و عملیات بذرپاشی (بذر گونه‌های سیاه‌شور و ترات) در آنها انجام شد. تیمارهای این پژوهش شامل محل ذخیره نزولات آسمانی (داخل فاروها، بین فاروها و منطقه شاهد)، فصل نمونه‌برداری (در دو سطح ابتدا و انتهای فصل بارندگی) و سال اجرا (سال اول و دوم) می‌باشد که در چهار تکرار اجرا شد. به‌منظور اندازه‌گیری خصوصیات پوشش‌گیاهی با استفاده از ترانسکت ۹۰ متری و روش پلات‌اندازی به‌طور سیستماتیک- تصادفی شاخص‌های ارتفاع گیاه، مساحت تاج‌پوشش گیاهی، خاک لخت و وضعیت شادابی گیاه در هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شد. همچنین با نمونه‌برداری از خاک محل ذخیره نزولات بر اساس روش SCS، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک آنها نیز تعیین شد.

نتایج و بحث: تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها نشان داد که اثر محل ذخیره نزولات آسمانی (منطقه شاهد، فواصل بین فارو و داخل فاروها)، فصل برداشت و سال اجرا بر ارتفاع و تاج‌پوشش‌گیاهی معنی‌دار می‌باشد و شاخص‌های مورد مطالعه در محل احداث فاروها بعد از بارندگی و طی سال دوم به‌طور محسوس افزایش یافته است ($P<0/05$). در بررسی درجه شادابی گیاهان نیز یافته‌ها بیانگر آن است که در محل احداث فاروها بعد از بارندگی ۵۴ درصد گیاهان دارای شادابی درجه ۱ و ۴۰ و ۶ درصد به‌ترتیب دارای شادابی درجه ۲ و ۳ می‌باشند. درحالیکه در منطقه شاهد، به ترتیب ۲۷ و ۷۳ درصد گیاهان دارای شادابی درجه ۲ و ۳ بوده است. در بررسی گروه‌های هیدرولوژیکی محل ذخیره نزولات نیز میزان نفوذ از ۰/۳ تا ۱ میلی‌متر بر ساعت در منطقه شاهد به ۱/۳ تا ۳/۸ میلی‌متر بر ساعت در محل احداث فاروها افزایش یافته است که بستری مناسب برای نفوذ و به‌تبع آن افزایش رطوبت خاک و در نتیجه زمینه رشد و استقرار گیاهان را فراهم نموده است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که احداث فارو با افزایش میزان نفوذ آب در خاک، ضمن افزایش رطوبت خاک، شرایط مناسب برای رشد گیاه و احیاء پوشش گیاهی در اراضی مستعد فرسایش بادی را به همراه داشته است. با توجه به ریزش کم نزولات جوی در منطقه سیستان و در مقابل بالا بودن میزان تبخیر و همچنین وجود لایه متراکم و سخت در سطح خاک، عملیات ذخیره نزولات آسمانی با استفاده از کنتور فارو رویکردی کاربردی برای مدیریت نزولات آسمانی و احیاء پوشش گیاهی در این منطقه به‌شمار می‌رود که ضمن کاهش هزینه‌های اجرایی، اثربخشی پروژه‌های احیاء پوشش گیاهی در این منطقه را دوچندان می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: سیستان، درجه شادابی، کنتور فارو، پوشش گیاهی، نزولات آسمانی

استناد: جهان‌تیغ، م.، جهان‌تیغ، م؛ و پیروان، ح (۱۴۰۴). اثربخشی عملیات کنتور فارو بر احیاء پوشش گیاهی در کانون‌های فرسایشی مناطق خشک (مطالعه موردی : غرب دریاچه هامون). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۲۷-۱۱۱.

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

مناطق خشک تقریباً ۴۵ درصد از مساحت زمین (۶۷ میلیون کیلومترمربع) را تشکیل می‌دهند که بیش از ۲ میلیارد نفر در آن زندگی می‌کنند (Prăvălie, 2016; Berdugo *et al.*, 2020). در طول ۱۰۰ سال گذشته، تغییرات شدید آب و هوایی منجر به وقوع سیل‌های مخرب، طوفان‌های شدید به‌همراه گردوغبار و بروز خشک‌سالی شده است که چنین وضعیتی نقش بازدارنده‌ای بر زیست بوم‌های طبیعی، به‌ویژه پوشش گیاهی این مناطق داشته است (Wang *et al.*, 2019). پوشش گیاهی نقش مؤثری در تثبیت زیست بوم‌های زمینی ایفا می‌کند و به‌عنوان یک رابط بین جو، خاک و آب عمل می‌نماید که نقش مهمی در تبادل مواد و انرژی، چرخه بیوشیمیایی و تنظیم سامانه آب و هوا در سطوح زمین ایفا می‌کند. (Gao *et al.*, 2022; Sawut *et al.*, 2023). پوشش گیاهی همچنین مهم‌ترین مشخصه ارزیابی فرآیند تخریب زمین و روند بیابانزایی در اکوسیستم‌های خشک بشمار می‌رود (Huang *et al.*, 2024; Moradi *et al.*, 2023). در زیست بوم‌های خشک و نیمه خشک، آب یکی از محدودکننده‌ترین عوامل است (Hao *et al.*, 2012) و بارش عامل اصلی است که گیاهان را از حالت متحمل به خشکی به حالت رشد فعال سوق می‌دهد (Fay *et al.*, 2003). بنابراین، کمی‌سازی بهینه اثرات تغییرات بارش بر پوشش گیاهی در مناطق خشک و کم‌آب برای توسعه راهکارهای سازگاری برای مقابله با تغییرات آب و هوایی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست در آینده، که برای مدیریت پایدار و حفاظت از بوم‌سازگان، مورد نیاز می‌باشد (Linscheid *et al.*, 2020; Diao *et al.*, 2021). با گرم شدن سطح زمین، ظرفیت لایه مرزی اتمسفر برای نگهداری بخار آب افزایش می‌یابد و در نتیجه شدت و فراوانی رویدادهای شدید بارش افزایش پیدا می‌کند (Gimeno-Sotelo & Gimeno, 2023; Zhang *et al.*, 2023) که چنین وضعیتی، تغییر در مقدار و ساختار منطقه‌ای بارش، به‌ویژه در عرض‌های جغرافیایی متوسط و پایین را به‌همراه دارد (Yin *et al.*, 2021). بارش یک عامل کلیدی تعیین کننده رشد پوشش گیاهی است و تغییر در میزان بارندگی می‌تواند محتوای مواد آلی خاک را تغییر دهد و بر تشعشعات مؤثر فتوسنتزی و عملکردهای فیزیولوژیکی تأثیر گذاشته و در نتیجه ساختار و پوشش گیاهی را تغییر دهد (Araujo *et al.*, 2023). با این حال، تغییرات در ویژگی‌های ساختاری بارش، مانند فراوانی، شدت و توزیع سالیانه بارش، می‌تواند بر مصرف آب توسط گیاه تأثیر گذاشته و در نتیجه بر ساختار و بهره‌وری از آن نیز مؤثر باشد (Yu *et al.*, 2019; Norton *et al.*, 2022; Dai *et al.*, 2023). تغییر پوشش گیاهی به دلیل تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی می‌تواند زیست بوم‌های مرتعی را به‌طور قابل توجهی از طریق تغییر الگوهای کاربری پوشش گیاهی و تعادل آب، زیست بوم بین بارندگی و تبخیر و تعرق تغییر دهد. شبیه‌سازی تغییر پوشش گیاهی نشان داده است که تغییرات آشکاری در جریان رودخانه‌ها از طریق تغییر پوشش گیاهی بالا دست و پایین حوزه آبخیز رخ داده است. کاهش پوشش گیاهی قادر به افزایش جریان رودخانه در زمان بارندگی و فصل ذوب برف می‌باشد، ولی این اثرات در فصول بارندگی و در سال‌های خشک مشهودتر است (Sun, 2017). علاوه بر آن تغییر و کاهش پوشش گیاهی، تخریب و فرسایش شدید خاک را نیز به‌همراه دارد؛ بنابراین، مدیریت و بهبود پوشش گیاهی یکی از مؤثرترین و پایدارترین روش‌های بهبود منابع آبی و حفاظت از خاک در مناطق خشک به‌حساب می‌آید (Sun, 2017). زیرا پوشش گیاهی در این نواحی تبخیر و تعرق (ET[1]) و بارش (P) را تعدیل و حفظ می‌نماید؛ ولی در عرصه‌های عاری از پوشش گیاهی، چرخه آب سطحی به دلیل تلفات بیشتر تبخیر و تقلیل

1. Evapotranspiration

میزان بارندگی، بسیار کندتر خواهد. مناطق خشک ورودی آب باران خود را به‌صورت تبخیر یا رواناب‌های سطحی و زیرسطحی از دست می‌دهند (Fraedrich *et al.*, 1999). بررسی تغییرات در فرم‌های پوشش گیاهی به‌عنوان شاخصی از پویایی زیست بوم‌ها عمل می‌کند و در نتیجه به مدیریت آنها اجازه می‌دهد تا پایداری آنها را حفظ نماید (Mohseni & Sepehr, 2015). علاوه بر پوشش گیاهی، ویژگی‌های آن، از جمله ارتفاع و تراکم پوشش گیاهی، ساختار جامعه گیاهی، عمق ریشه گیاه، بستر سطحی و تغییر ساختمان خاک به دلیل تخریب پوشش گیاهی نیز می‌تواند بر ایجاد رواناب سطحی و کاهش رطوبت خاک و به دنبال آن کاهش پوشش گیاهی تأثیرگذار باشد. پوشش گیاهی و کاربری اراضی دو عامل اصلی مؤثر بر فرآیندهای فیزیکی اکوهیدرولوژیکی هستند. مطالعات متعددی نشان داده است که پوشش گیاهی و کاربری زمین می‌تواند با تغییر توزیع آب بین تبخیر، رواناب، رطوبت خاک و آب‌های زیرزمینی، تا حدی بر تعادل آب تأثیر گذاشته و باعث تثبیت زیست بوم‌ها شود (Sun, 2008). از این رو، با توجه به نقش کلیدی پوشش گیاهی در تثبیت، توسعه و بهره‌برداری مستمر و پایدار از زیست بوم‌ها، احیاء و توسعه آن ضروری می‌باشد. با توجه به این‌که رطوبت خاک یکی از مؤلفه‌های اصلی رشد و نمو گیاه محسوب می‌شود، ذخیره آن به‌منظور دسترسی آسان گیاه به روش‌های متعدد مکانیکی، بیولوژیکی و یا ترکیبی از آنها ضروری می‌باشد. استحصال و جمع‌آوری نزولات آسمانی به روش‌های متعددی ممکن است که به‌کارگیری هر روش و یا ترکیبی از آنها به شرایط محلی، اهمیت منطقه و اثرات اقتصادی ـ اجتماعی و زیست‌محیطی آن زیست‌بوم بستگی دارد. رطوبت خاک معمولاً تغییرات مکانی و زمانی پیچیده‌ای را به دلیل تأثیر عوامل متعددی مانند تغییرات آب و هوا، ناهمگونی خاک، شیوه‌های مدیریت خاکورزی و رژیم بارندگی ایجاد می‌کند (Zucco *et al.*, 2014; Jia *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2021)؛ که این شرایط در مناطق خشک مهمترین عامل برای ایجاد فرسایش و به‌تبع آن تخریب خاک بشمار می‌رود (Seneviratn *et al.*, 2010; Chaney *et al.*, 2015; Ren *et al.*, 2018). یکی از روش‌های مناسب افزایش پوشش گیاهی در مناطق خشک و بیابانی ایجاد کنتور فارو می‌باشد. در همین خصوص Hessary و Gerald (۱۹۷۹) گزارش دادند که کنتور فارو روش مناسبی برای ذخیره نزولات آسمانی و افزایش رطوبت بر روی خاک‌های با بافت لوم‌رسی و کلی‌لوم است، به‌طوری که باعث افزایش ۳۳ درصدی تولید علوفه مراتع می‌شود. نتایج آزمایش Ross wight و همکاران (۱۹۷۸) به مدت ۸ سال در مراتع نواحی خشک آمریکا نشان داد که احداث فارو سبب افزایش ۱۶۵ درصدی (۵۲۷ کیلوگرم در هکتار) تولید علوفه شده است. همچنین آنان گزارش دادند که میزان آب قابل دسترس گیاهان ۱۰۷ درصد افزایش داشته است. Zhang و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که سامانه شیار و فارو یک روش مناسب برای استحصال، جمع‌آوری و استفاده از بارش به‌منظور افزایش رطوبت موردنیاز گیاهان در نواحی خشک است که به دلیل مزایای قابل توجه آن برای دسترسی به آب در خاک و عملکرد محصول، به‌طور گسترده در اراضی کشاورزی و عرصه‌های طبیعی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. Ren و همکاران (۲۰۰۹) در آزمایشی به‌منظور ذخیره نزولات آسمانی در شمال غربی چین با احداث شیارهایی، میزان تولید محصولات کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که بارش ۴۴۰-۲۳۰ میلی‌متر در شیارها باعث افزایش محسوس رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر در مقایسه با منطقه شاهد شده است. آنان همچنین گزارش نموده‌اند که شاخص‌های رشدی گیاه همانند طول ریشه، سطح ریشه، حجم ریشه و وزن خشک ریشه گیاهان در داخل فاروها نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است. در تحقیقی دیگر Jahantigh و Pessarakli (۲۰۰۹) تأثیر کنتور فارو بر افزایش پوشش گیاهی در منطقه نیروگاه ایرانشهر با متوسط بارش سالیانه حدود

۸۰ میلی‌متر و خاکی با ۶/۸، ۱۹/۵، ۷۳/۷ درصد به‌ترتیب رس، سیلت و شن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که ایجاد فارو باعث افزایش حدود ۴ درصد رطوبت خاک، کاهش ۸۷/۵ درصد رواناب و در نتیجه افزایش ۵ برابری تعداد گونه گیاهی *Hammada saliconica* قبل از ایجاد سامانه‌های مزبور شد.

Liang و همکاران (۲۰۲۴) اثرات بارندگی طبیعی بر رطوبت خاک زمین‌های کشاورزی شیب‌دار با احداث فارو را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که رژیم‌های بارش بر ضریب رواناب سطحی و عمق رواناب در زمین‌های کشاورزی شیب‌دار شاهد و همراه با کنتور فارو تأثیر دارد. به‌طوری که رطوبت خاک محدوده شاهد در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متر با بارندگی بیشتر از ۲۰ میلی‌متر، به طرز محسوسی افزایش یافت. در حالی که رطوبت خاک در لایه ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری تیمار کنتور فارو، زمانی که مقدار بارندگی بیش‌تر از ۱۵ میلی‌متر بود، افزایش یافت. همچنین آنان گزارش کردند که کنتور فارو می‌تواند به‌طور محسوسی رطوبت خاک را حفظ و میزان تبخیر را کاهش دهد که چنین وضعیتی نقش به‌سزایی در ذخیره‌سازی آب در زمین‌های کشاورزی و مراتع ایفاء می‌نماید که فرآیند نهایی آن بهبود پوشش گیاهی است. در پژوهشی Zarekia و همکاران (۲۰۲۱) با هدف شناسایی اثر روش‌های مکانیکی بر افزایش پوشش در مناطق خشک در سه محل شامل اشکذر، گهر و چاه‌متک اردکان در استان یزد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنان نشان داد که میزان پوشش گیاهی در درون کنتور فارو نسبت به منطقه شاهد ۳-۲ درصد افزایش یافت. آنان گزارش دادند که ایجاد سامانه‌های ذخیره نزولات آسمانی همراه با بذرکاری گونه‌های *Artemisia sieberi* و *Salsola crassa* برای پوشش گیاهی مناطق بیابانی با بارندگی پایین‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر می‌تواند مؤثر واقع شود. نتایج مطالعات Habibzadeh و Noroozi (۲۰۲۲) در بررسی تاثیر سامانه‌های ذخیره نزولات آسمانی در افزایش پوشش گیاهی مراتع در بخش تیکمه‌داش استان آذربایجان شرقی بیانگر آن بود که احداث فارو با میانگین ۸۰ درصد به طور محسوس باعث افزایش پوشش گیاهی نسبت به تیمار شاهد شده است.

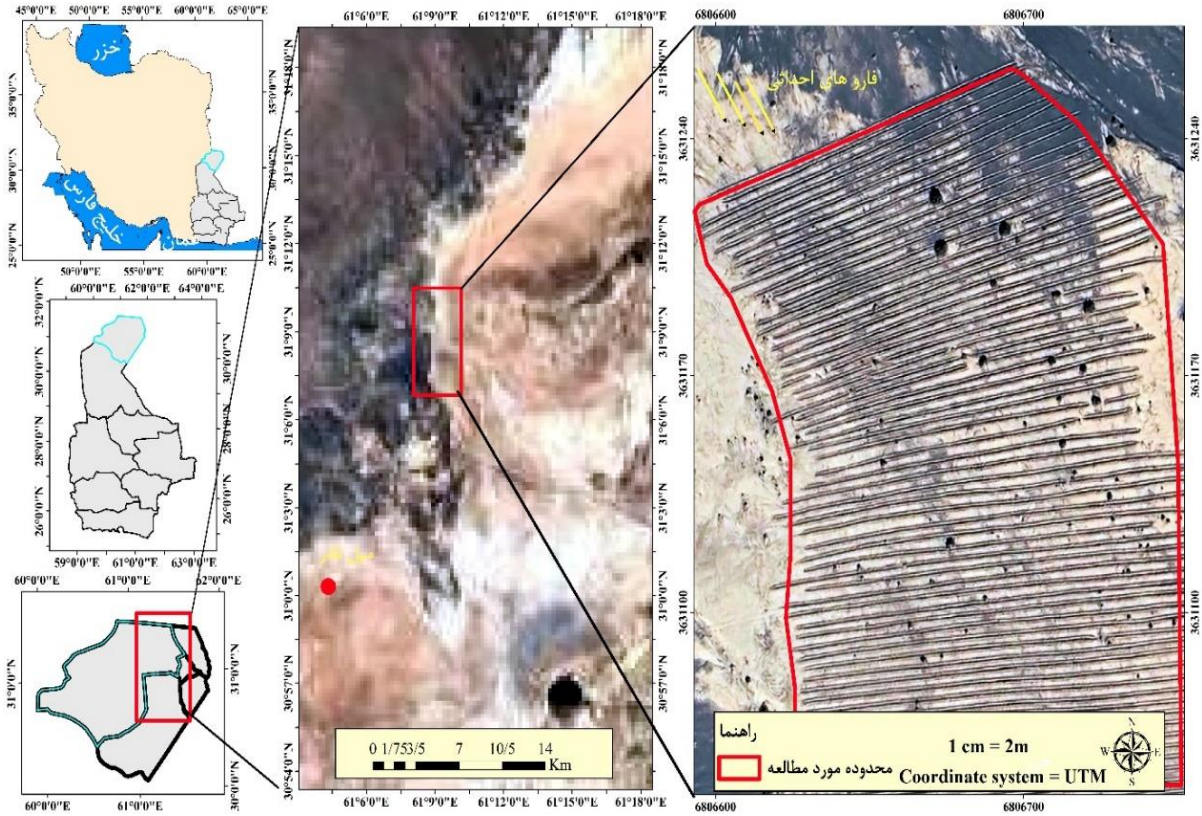
بررسی منابع در خصوص ذخیره نزولات آسمانی نشان می‌دهد که ایجاد سامانه‌های ذخیره نزولات آسمانی در نواحی با بارندگی بالاتر از ۱۰۰ میلی‌متر تاثیر مثبت بر ذخیره نزولات آسمانی و افزایش پوشش گیاهی دارد. منطقه سیستان از جمله مناطق خشک و بحرانی کشور است که تحت تاثیر خشکسالی‌های طولانی مدت و همچنین فرسایش‌بادی قرار دارد که تداوم این شرایط طی سال‌های اخیر باعث گسترش کانون‌های بحرانی فرسایش‌بادی در این منطقه شده است. از این‌رو با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر فارو بر پوشش گیاهی به‌منظور حفاظت خاک در مناطق خشک با بارندگی متوسط حدود ۵۰ میلی‌متر که تحت فرسایش شدید بادی قرار دارد، صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد آزمایش در حدود ۵۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان زابل و غرب دریاچه هامون با مختصات جغرافیایی ″۰ ′۶ °۶۱ تا ″۰ ′۱۸ °۶۱ ثانیه طول شرقی و بین ″۰ ′۱۸ °۳۱ تا ″۰ ′۵۴ °۳۰ شمالی با ارتفاع حدود ۴۷۳ متر از سطح دریا قرار دارد (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه منطقه مورد پژوهش حدود ۵۰ میلی‌متر است که بیشترین آن در فصل زمستان ریزش می‌نماید. ولی در ده سال اخیر این مقدار نیز کاهش یافته است. میانگین درجه حرارت، متوسط حداکثر و حداکثر مطلق سالیانه بر اساس ایستگاه هواشناسی زابل به‌ترتیب ۱۸، ۲۵، ۴۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه بر اساس آمار قبل از دهه هفتاد حدود ۵۰۰۰ میلی‌متر است که ۳۰۰۰ میلی‌متر آن در ماه‌های خرداد، تیر و مرداد اتفاق می‌افتد. ولی با توجه به تغییرات اقلیمی طی سال‌های اخیر، این میزان نیز افزایش یافته است. بالا بودن نرخ تبخیر و تعرق در منطقه، کاهش متوسط رطوبت نسبی منطقه را در پی داشته است، به‌طوری‌که متوسط رطوبت سالانه آن ۲۸ درصد است. با توجه به شرایط اکولوژیکی، منطقه مورد مطالعه از لحاظ شرایط اقلیمی (بارش کم نزولات جوی، بالا بودن میزان دما و تبخیر، وزش بادهای ۱۲۰ روزه) جزء مناطق خشک و بحرانی کشور به‌حساب می‌آید. از لحاظ پستی و بلندی محدوده مورد بررسی دارای سطحی صاف و عاری از پستی و بلندی است. پوشش گیاهی منطقه فقیر و از نوع شورپسند شامل سیاه‌شور (*Suaeda fruticosa*)، ترات (*Hammada saliconica*)، بونو (*Aeluropus littoralis*)، علف‌شور (*Salsola crassa*)، گز درختچه‌ای (*Tamarix stricta*) و در برخی از نقاط فاقد پوشش گیاهی است. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه مربوط به دوره‌های نئوژن- کواترنری است و دارای آبرفت‌های ریز، رسوبات رودخانه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای، مخروط‌افکنه جوان، پهنه‌های گراولی و پادگانه‌های آبرفتی می‌باشد. خاک منطقه حاصل رسوباتی است که از ارتفاعات حوزه آبخیز هیرمند توسط رودخانه به این مکان انتقال یافته است. وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان که از اواسط خردادماه شروع و تا اوایل مهرماه ادامه دارد، از بارزترین مشخصه‌های آب و هوایی این منطقه محسوب می‌شود. جهت حرکت این بادها شمال – جنوب می‌باشد و سرعت آنها به ۱۲۰ کیلومتر در ساعت و سرعت هسته مرکزی این بادها به ۱۸ متر بر ثانیه نیز می‌رسد.



شکل ۱- موقعیت محدوده اجرای طرح در شهرستان، استان و کشور

Figure 1- Location of the study area in the city, province, and country

روش تحقیق

پژوهش حاضر طی سال‌های ۱۴۰۱ تا ۱۴۰۳ و در غرب دریاچه هامون اجرا شد. بدین منظور طی عملیات میدانی یک پایلوت مطالعاتی (عرصه‌ای با شیب حدود نیم‌درصد و دارای پوشش گیاهی فقیر) برای اجرای این طرح انتخاب شد. در ابتدای سال ۱۴۰۱ با استفاده از تراکتور و نهرکن فاروهایی به عمق حدود ۴۰ و عرض ۵۰ سانتیمتر به طول ۹۰ متر (با فاصله ۲ متر از یکدیگر) و در جهت عمود بر شیب منطقه احداث و عملیات بذرپاشی (بذر گونه‌های سیاه‌شور و ترات) در آنها انجام شد (ذکر این نکته نیز حائز اهمیت می‌باشد که احداث فاروها باعث ایجاد پشته‌های خاکی در اطراف آنها شده که به‌طور متوسط ۱۵ سانتی‌متر نسبت به اراضی همجوار ارتفاع دارد که این شرایط با ایجاد یک مانع فیزیکی، محیطی مناسب برای ذخیره نزولات آسمانی در فواصل بین فاروها را فراهم نموده است). در شکل ۲ و ۳ به ترتیب نمایی از مناطق هدف جهت ذخیره نزولات آسمانی و تغییرات آن در قبل و بعد از ورود رواناب به داخل فاروهای احداثی ارائه شده است. تیمارهای این پژوهش شامل محل ذخیره نزولات آسمانی (داخل فاروها، بین فاروها و منطقه شاهد) و فصل نمونه‌برداری (در دو سطح شامل ابتدا و انتهای فصل بارندگی) در طی دوره مورد مطالعه (دوسال) می‌باشد که در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا شد. نمونه‌برداری مربوط به داده‌های پوشش گیاهی در عرصه به روش سیستماتیک- تصادفی صورت گرفت. بدین منظور با تقسیم‌بندی سیستماتیک محل ذخیره نزولات (فاروها و فواصل بین آنها)، اندازه‌گیری خصوصیات پوشش گیاهی (ارتفاع گیاه، درصد تاج‌پوشش گیاهی، خاک لخت و وضعیت شادابی گیاه) با استقرار ترانسکت ۹۰ متری به‌طور سیستماتیک و روش پلات‌اندازی (اندازه سطح پلات‌ها ۱۰ متر مربع) به‌صورت تصادفی روی هریک از ترانسکت‌ها (تعداد ۴ پلات بر روی هر ترانسکت) صورت گرفت (Vali *et al.*, 2018; Zare *et al.*, 2022). در مجموع ۱۹۲ پلات برای تجزیه و تحلیل شاخص های گیاهی مورد اندازه گیری قرار گرفت.

شکل۲- شماتیک مناطق هدف برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه (داخل فاروها و فواصل بین آنها)
Figure 2 - Schematic of target areas for measuring vegetation cover in the study area (furrows and their ridges)

به منظور بررسی وضعیت شادابی پوشش گیاهی نیز از دستورالعمل طرح مدیریت جنگل‌های دست کاشت نواحی بیابانی مصوب شورای عالی جنگل سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری مطابق جدول ۱ استفاده شد (Zare *et al.*, 2022). با نمونه‌برداری از خاک محل ذخیره نزولات و همچنین تعیین بافت آنها با استفاده از استاندارد SCS[1]، گروه‌های هیدرولوژیکی براساس جدول ۲ طبقه‌بندی شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش تجزیه واریانس و برای مقایسهٔ میانگین داده‌ها نیز از روش دانکن در محیط نرم‌افزاری SAS استفاده شد.

1 Soil Conservation Service

شکل ۳- نمایی از فاروهای احداثی، الف) قبل از ورود رواناب به داخل فارو، ب) بعد از ورود رواناب به داخل فاروها.
Figure 3- view of the constructed, a) before furrow irrigation, b) after furrow irrigation.

جدول۱- طبقه‌بندی وضعیت شادبی گونه‌های گیاهی
Table 1- Classification of the vitality status of the plant species

درجه شادابی	توصیف ویژیگی
1	نبـود سرشاخه‌های خشک‌شده، سبزی و شادابی، ایستادگی گونـه جنگلی و نبـود آفـت بـرروی گونه
2	وجود سرشاخه‌هـای‌خشـک‌شـده، آفت‌زده و وضعیت ظاهری متوسط
3	خـشک‌یدگی و آفـتزدگـی شـاخه‌هـای اصـلی و پژمردگی گونه

جدول ۲- طبقه‌بندی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (مهدوی، ۱۳۹۳)
Table 1- Classification of soil hydrological groups (Mahdavi, 2014)

پتانسیل تولید رواناب	کلاس بافت خاک	گروه هیدرولوژیکی خاک	میزان نفوذ (mm/h)
کم	شنی	A	5.5 تا 7.11
نسبتاً کم	شنی-لوم، لومی- شنی، رسی	B	3.7 تا 8.5
نسبتاً زیاد	لومی- رسی، سیلت- لوم-رسی، شنی-رسی-لوم، لوم سیلتی-لوم، سیلتی	C	1.3 تا 3.8
زیاد	رسی، سیلتی-رسی، شنی-رسی	D	0.3 تا 1

نتایج

نتایج بررسی آمار نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به محدوده اجرای پژوهش در جدول ۳ ارائه شده است. باتوجه به نتایج، بیشترین میزان بارندگی‌ها در سال ۱۴۰۱ برابر با ۱۴/۲ و ۱۳/۳ میلی‌متر بود در حالیکه در سال ۱۴۰۲ بارش موثری صورت نگرفت. در طی سال ۱۴۰۳ نیز بیشترین میزان بارندگی‌ها برابر با ۹/۵ و ۷/۸ میلی‌متر گزارش شده است. با تجزیه‌وتحلیل واریانس داده‌های پوشش‌گیاهی، یافته‌ها بیانگر آن است که اثر محل ذخیرهٔ نزولات آسمانی و همچنین فصل برداشت بر میزان ارتفاع، مساحت تاج‌پوشش و همچنین سطح خاک لخت در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴). با توجه به نتایج اثر متقابل این متغیرها بر شاخص تاج‌پوشش و سطح خاک لخت نیز تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که مساحت تاج‌پوشش گیاهی تحت تاثیر روش ذخیره نزولات در داخل فاروها و همچنین فواصل بین آنها باعث افزایش به ترتیب ۱/۷ و ۱/۳ برابری این شاخص نسبت به منطقه شاهد شده است که در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (جدول ۵). میانگین بیشترین میزان ارتفاع

گیاه برابر با ۱۴/۷ سانتی‌متر می‌باشد که در داخل فاروهای احداثی اندازه‌گیری شد و به ترتیب با افزایش ۱/۱ و ۱/۲ برابری نسبت به فواصل بین فاروها و منطقه شاهد همراه بوده است. در بررسی مساحت خاک لخت نیز یافته‌ها بیانگر آن است که با احداث فاروها و ذخیره نزولات در داخل و فواصل بین آن‌ها مساحت خاک لخت نسبت به منطقه شاهد به ترتیب ۱/۷ (۰/۴۱ مترمربع) و ۱/۲ (۰/۵۴ مترمربع) برابر کاهش یافته است که به لحاظ آماری نیز دارای اختلاف معنی‌دار است. در بررسی اثر فصل نمونه‌برداری نیز یافته ها بیانگر آن است که بعد از اتمام فصل بارش در محدوده مورد مطالعه شاخص‌های رشدی گیاه ازجمله تاج پوشش و ارتفاع گیاه به طور محسوس افزایش یافته است. اثر متقابل محل ذخیره نزولات آسمانی و فصل برداشت نیز بیانگر آن بود که بیشترین مقادیر پارامترهای تاج‌پوشش و ارتفاع گیاه در پایان دوره ریزشهای جوی و در داخل فاروهای احداثی صورت گرفته است.

جدول ۳- داده‌های ایستگاه هواشناسی زابل در طی دوره مورد مطالعه

Table 3- Data from the Zabol City meteorological station during the study period

متغییر	بارش (mm)	تبخیر (mm)	سرعت باد	میانگین دما (T)	میانگین رطوبت	زمان تابش خورشید
1401/8/14	14.2	5.4	7	20.8	55	8.4
1401/10/7	3.2	2.6	11	12.3	56	3.1
1401/10/17	3	2.6	9	15	29	4.8
1401/10/20	6.9	3.5	23	7.1	73	0.4
1401/10/28	13.3	4	11	4.4	92	0
1402/1/20	1	9.6	11	23.7	39	9
1402/8/26	2.2	4.4	14	22.2	25	1.3
1402/9/30	4.6	-	4.5	18.6	43	-
1402/10/30	-	-	1.1	13	38.7	-
1402/12/6	6.7	-	13	3	44.7	-
1402/12/15	3.4	-	3	16	33.6	-
1402/12/20	1.7	-	2	19	-	-
1403/1/1	1.1	-	9	24	-	-
1403/1/26	1.2	-	10	20	-	-
1403/1/28	2	-	8	25	-	-
1403/1/29	9.5	-	9	18	-	-
1403/2/14	7.8	-	2	28	-	-

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میانگین تاج‌پوشش، ارتفاع و خاک لخت محدوده مورد مطالعه

Table 4- Analysis of variance of the effect of treatments on the average canopy cover, height and bare soil of the study area

	منابع تغییر	Df	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F	Sig
تاج‌پوشش گیاهی	محل ذخیره نزولات	2	0.59	0.27	13.74	0.000**
	فصل برداشت	1	0.21	0.011	4.17	0.000**
	سال اجرا	1	0.27	0.012	0.31	0.000**
	محل ذخیره نزولات × فصل برداشت	5	0.01	0.002	0.19	0.000**
	محل ذخیره نزولات × سال اجرا	5	0.02	0.017	0.19	0.000**
	فصل برداشت × سال اجرا	3	0.22	0.021	0.23	0.000**
	محل ذخیره نزولات × فصل برداشت × سال اجرا	11	0.31	0.01	0.13	0.000**
	خطا	2.8	0.2	0.01		
	کل	14.1				
ارتفاع گیاه	محل ذخیره نزولات	2	8902.57	24.37	13.74	0.009**
	فصل برداشت	1	48.75	103.13	4.17	0.030*
	سال اجرا	1	24.17	76. 12	21.1	0.000**

منابع تغییر		Df	مجموع مربعات	میانگین مربعات	آزمون F	Sig
محل ذخیره نزولات × فصل برداشت		5	32.11	12.02	0.19	0.21 ns
محل ذخیره نزولات × سال اجرا		5	41.21	14.2	1.32	0.000**
فصل برداشت × سال اجرا		3	30.02	10.32	1.09	0.000**
محل ذخیره نزولات × فصل برداشت × سال اجرا		11	48.75	103.13	4.17	0.060 ns
خطا		21.1	21.20	4.81		
کل		91.1				
محل ذخیره نزولات	خاک	2	0.47	0.37	10.01	0.000**
فصل برداشت	لخت	1	0.31	0.121	6.3	0.000**
سال اجرا		1	0.26	0.112	6.3	0.000**
محل ذخیره نزولات × فصل برداشت		5	0.11	0.32	0.19	0.000**
محل ذخیره نزولات × سال اجرا		5	0.115	0.31	0.15	0.070 ns
فصل برداشت × سال اجرا		3	0.42	0.37	10.01	0.067 ns
محل ذخیره نزولات × فصل برداشت × سال اجرا		11	0.49	0.45	12.11	0.077 ns
خطا		4.12	0.010	0.04		
کل		12.1				

** : معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، * : معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و ns : غیرمعنی‌دار است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارها بر شاخص‌های تاج‌پوشش، ارتفاع و درصد خاک لخت محدوده اجرای طرح

Table 5- Comparison of the average effect of treatments on canopy cover, height, and bare soil

تیمار		تاج‌پوشش گیاهی (m^2)	ارتفاع گیاه (cm)	خاک لخت (m^2)
محل ذخیره نزولات	داخل فارو	0.6 a	14.66 a	0.41 c
	بین فارو	0.46 b	13.9 b	0.54 b
	شاهد	0.35 c	12.25 c	0.64 a
فصل برداشت	پاییز	0.28 b	12.2 b	0.71 a
	بهار	0.53 a	18.2 a	0.47 b
سال اجرا	سال اول	0.32 b	13.3 b	0.61 a
	سال دوم	0.48 a	16.2 a	0.52 b
(سال اجرا × فصل برداشت × محل ذخیره نزولات آسمانی) اثر متقابل تیمار بر شاخص‌ها				
داخل فارو × پاییز × سال اول		0.36 d	12.7 d	0.37 e
داخل فارو × بهار × سال اول		0.42 c	13.3 c	0.43 d
بین فارو × پاییز × سال اول		0.3 f	11.8 e	0.47 cd
بین فارو × بهار × سال اول		0.36 d	12.1 de	0.58 c
شاهد × پاییز × سال اول		0.27 g	10.8 g	0.48 cd
شاهد × بهار × سال اول		0.32 e	11 f	0.67 b
داخل فارو × پاییز × سال دوم		0.48 b	13.4 c	0.46 d
داخل فارو × بهار × سال دوم		0.58 a	15.1 a	0.45 d
بین فارو × پاییز× سال دوم		0.43 c	12.8 d	0.57 c
بین فارو × بهار × سال دوم		0.47 bc	13.6 b	0.48 cd
شاهد × پاییز × سال دوم		0.28 g	10.5 g	0.72 a
شاهد × بهار × سال دوم		0.32 e	11.6 e	0.59 c

(میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری دارند)

در بررسی درجه شادابی گیاهان در مناطق مورد مطالعه با استفاده از آزمون فریدمن، یافته‌ها بیانگر آن است که در پشته فاروهای احداث شده، ۵۴ درصد گیاهان دارای شادابی درجه ۱ و ۴۰ و ۶ درصد به ترتیب دارای شادابی درجه ۲ و ۳ می‌باشند درحالی که در منطقه شاهد ۷۳ و ۲۷ درصد گیاهان دارای شادابی درجه ۳ و ۲ هستند (شکل ۴). همچنین یافته‌ها بیانگر آن است که بین مقادیر میانگین رتبه‌ای درجه شادابی گیاهان نیز تفاوت معنی‌دار وجود دارد (جدول ۶). با توجه به نتایج در محل ذخیره نزولات آسمانی ۴ گونه و در منطقه شاهد ۲ گونه گیاهی مشاهده شد که گونه‌های گیاهی سیاه‌شور (*Suaeda fruticosa*) و ترات (*Hammada saliconica*) در عرصه‌های مورد مطالعه مشترک ولی گونه‌های گیاهی از جمله بونو (*Aeluropus littoralis*) و علف‌شور (*Salsola crassa*) فقط در محل ذخیره نزولات آسمانی ظاهر شده است (شکل ۴). علی‌رغم بالا بودن دمای هوا، کم بودن رطوبت و بالا بودن میزان تبخیر، گونه‌های گیاهی دائمی از جمله سیاه‌شور و ترات قابلیت سازگاری بالایی با شرایط سخت اقلیمی منطقه سیستان را نشان داد. بطوریکه متوسط تاج پوشش این گیاهان ۰/۱۵ متر مربع و همه آنها دارای درجه شادابی یک می‌باشند.

جدول ۶- درجه شادابی گیاهان در منطقه شاهد، پشته فارو و داخل فاروها

Table 6- Freshness degree of plants in the control treatment, inside the piles and in the furrow site

شماره	درجه شادابی گیاه		
	شاهد	بین فاروها	داخل فارو
1	3	1	1
2	3	1	1
3	2	1	1
4	3	1	1
5	3	2	1
6	2	2	1
7	3	2	1
8	2	2	1
9	3	1	1
10	3	1	1
11	3	2	1
12	3	2	1
13	3	1	1
14	2	1	1
15	3	3	1

نبـود سرشـاخه‌هـای‌خشک‌شـده، سبزی و شادابی،ایستادگی گونـهٔجنگلـی و نبـود آفـت بـرروی گونه :**۱**

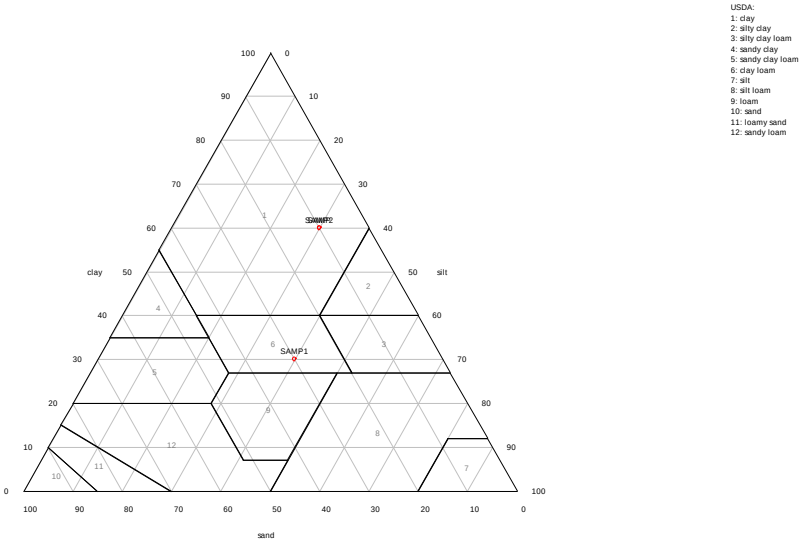
وجود سرشاخه‌هـای‌خشـک‌شـده، آفت‌زده و وضعیت ظاهری‌متوسط : **۲**

خـشک‌یدگی و آفـت‌زدگـی شـاخه‌هـای اصـلی و پژمردگی گونه : **۳**

شکل ۴- نمایی از اندازه‌گیری شاخص‌های گیاهی در داخل فاروها طی سال ۱۴۰۲ در محدوده اجرای پژوهش

Figure 4- A view of the measurement of plant indices inside the Furrows during 2023

در ادامه با تعیین بافت نمونه‌ها و طبقه‌بندی آنها، گروه‌های هیدرولوژیک آن‌ها مشخص شد که نتایج در شکل ۵ و جدول ۷ ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده خاک منطقه شاهد دارای مقادیر زیادی رس می‌باشد که در کلاس رسی قرار می‌گیرد و براساس روش SCS، خاک این محدوده در گروه هیدرلوژیکی D با میزان نفوذپذیری بسیار کم و پتانسیل تولید رواناب بالا قرار می‌گیرد. در فواصل بین فاروها نیز بافت خاک مشابه با منطقه شاهد دارای بافت رسی می‌باشد. این درحالی است که احداث فاروهایی به عمق ۴۰ سانتی‌متر باعث تغییر بافت خاک از کلاس رسی به کلاس لومی-رسی شده است که براساس آن گروه هیدرولوژیکی خاک به کلاس C تغییر یافته است؛ بنابراین میزان نفوذپذیری در کلاس کم (با تولید رواناب نسبتا زیاد) قرار می‌گیرد.



شکل۵- طبقه‌بندی بافت خاک محل ذخیره نزولات آسمانی در محدوده اجرای طرح
Figure 5 - Determining the soil texture of the rain water catchment

جدول ۷- نتایج گروه‌های هیدرولوژیکی خاک محل ذخیره نزولات آسمانی در محدوده اجرای طرح
Table 7- Results of classification of hydrological groups of soil in the study area

محل برداشت	کلاس بافت خاک	گروه‌هیدرولوژیکی خاک	میزان نفوذ (mm/hr)
داخل فارو	لومی- رسی	C	1.3 تا 3.8
بین فارو	رسی	D	0.3 تا 1
منطقه شاهد	رسی	D	0.3 تا 1

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که اثر محل ذخیره نزولات آسمانی (منطقه شاهد، فواصل بین فارو و داخل فاروها)، زمان داده‌برداری و سال اجرای بر ارتفاع و تاج‌پوشش گیاهی در سطح ۵ درصد معنی‌داری می‌باشد. میانگین درصد تاج‌پوشش در محل احداث فاروها و فواصل بین آنها بعد از ریزش نزولات جوی در طی سال دوم به ترتیب ۱/۷ و ۱/۲ برابر نسبت به منطقه شاهد افزایش یافت که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای را نیز نشان داد ($P <$ ۰/۰۵). در بررسی تغییرات ارتفاع گیاه نیز نتایجی مشابه با شاخص پوشش گیاهی مشاهده شد که به لحاظ آماری دارای اختلاف معنی دار بود ($P <$ ۰/۰۵). در مطالعات صورت گرفته همچون Jahantigh (۲۰۱۷)، Habibzadeh و Noroozi (۲۰۲۲) و Jahantab و همکاران (۲۰۲۳) گزارش شده است که ذخیره نزولات آسمانی با اجرای

پروژه کنتور فارو باعث تغییر قابل ملاحظه‌ای در شاخص‌های پوشش گیاهی نسبت به تیمار شاهد شده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. با توجه به کمبود نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن در مناطق خشک، عملیات ذخیره نزولات جوی با احداث فاروها ضمن جمع‌آوری هرزآب‌ها فرصتی برای نفوذ آب و در نتیجه افزایش رطوبت در خاک را فراهم می‌نماید (Noroozi & Habibzadeh, 2022). بطوریکه نتایج نشان داد که ضمن بهبود شاخص‌های پوشش گیاهی باعث افزایش میزان نفوذ پذیری خاک در محل احداث فاروها شده است. بطوریکه نتایج بررسی گروه‌های هیدرولوژیکی خاک نشان داد که میزان نفوذ از ۰/۳ تا ۱ میلی‌متر بر ساعت در منطقه شاهد به ۱/۳ تا ۳/۸ میلی‌متر بر ساعت در محل احداث فاروها افزایش یافته است. در فواصل بین فاروها نیز اگرچه گروه هیدرولوژیکی خاک مشابه با منطقه شاهد است اما با ایجاد ناهمواری‌هایی در امتداد خطوط تراز باعث جلوگیری از هدررفت رواناب و تمرکز در محیط محصور شده می‌شود که شرایط مطلوبی را برای نفوذ تدریجی آن در خاک فراهم می‌نماید. این درحالی است که در منطقه شاهد رواناب فرصتی برای نفوذ پیدا نمی‌کند و در کوتاه‌ترین زمان ممکن از دسترس خارج می‌شود. بنابر گزارش‌های ارائه شده به‌طور عمده سطح خاک منطقه سیستان از یک لایه سخت و متراکم (با میانگین عمق ۳۰ سانتی‌متر) تشکیل شده که نفوذپذیری بسیار کمی دارد (Jahantigh *et al.*, 2020). بر این اساس با احداث فاروهایی به عمق ۴۰ و عرض ۵۰ سانتی‌متر لایه سطحی متراکم خاک حذف و بستر مناسبی برای ذخیره رواناب فراهم می‌شود که علاوه بر آن با افزایش ناهمواری در حاشیه فاروهای احداثی، سطح مناسبی برای ذخیره نزولات آسمانی در فواصل بین فاروها نیز ایجاد می‌شود. از اینرو با وقوع بارندگی در منطقه، زمینه مناسبی برای ذخیره‌سازی و نفوذ جریان آب به داخل زمین فراهم می‌شود که با تسهیل استقرار گیاه شرایط رشد گیاه را نیز بهبود می‌دهد (He *et al.*, 2012; Chaney *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2021; He *et al.*, 2024). در این راستا تجزیه‌وتحلیل آماری درجه شادابی گیاهان نیز نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و فارو وجود دارد ($P < ۰/۰۵$). این نتایج با مطالعات صورت گرفته همچون Zhang و همکاران (۲۰۰۴)، Liu و همکاران (۲۰۲۰) و Zhang (۲۰۲۲) مبنی بر اثر فارو بر بهبود شاخص‌های رشدی و وضعیت شادابی گیاهان در مناطق خشک همخوانی دارد. بر اساس نتایج به دست آمده در عرصه ذخیره نزولات آسمانی ۴ گونه و در عرصه شاهد ۲ گونه مشاهده شد. از اینرو ۲ گونه در هر سه عرصه حضوری مشترک دارند درحالیکه ۲ گونه ازجمله بونو (*Aeluropus littoralis*) و علف‌شور (*Salsola crassa*) صرفاً در عرصه احداث فارو و بین فواصل آنها مشاهده شد. بر اساس گزارش‌های ارائه شده ظاهر شدن گونه‌های جدید در منطقه ذخیره نزولات را می‌توان متاثر از انتقال بذرهای آنها توسط رواناب از مناطق بالادست و یا به دام افتادن بذرهایی که توسط باد جابجا می‌شوند در محل ذخیره نزولات آسمانی مربوط دانست (Jahantab *et al.*, 2023).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش که با هدف بررسی تاثیر فارو بر پوشش گیاهی غرب دریاچه هامون انجام شد، تغییرات پوشش گیاهی و میزان نفوذ پذیری خاک محدوده اجرای طرح مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که احداث فارو با افزایش نفوذ آب در خاک ضمن افزایش رطوبت خاک، شرایط مناسب برای رشد گیاه و احیاء پوشش گیاهی در اراضی مستعد فرسایش بادی را فراهم نموده است. با توجه به ریزش کم نزولات جوی در منطقه سیستان و از طرفی بالا بودن میزان تبخیر و همچنین وجود لایه سخت در سطح خاک، بخش قابل توجهی از اراضی این منطقه فاقد پوشش گیاهی می‌باشد که همواره تحت تاثیر فرسایش بادی قرار دارد. از اینرو عملیات ذخیره نزولات آسمانی با هدف بهره‌برداری از این نزولات، بستری مناسب برای

جمع‌آوری هرزآب‌ها و فراهم نمودن رطوبت مورد نیاز برای رشد گیاه در مناطق خشک را میسر می‌نماید که ضمن سازگاری با شرایط سخت اقلیمی به دلیل نیاز نداشتن به فناوری‌های پیچیده و هزینه اجرایی ارزان، رویکردی کاربردی برای مدیریت نزولات آسمانی در مناطق خشک و احیاء پوشش گیاهی به‌شمار می‌رود. با توجه به اجرای پروژه‌های متعدد احیاء پوشش گیاهی و بیابانزدایی در منطقه سیستان و از طرفی عدم موفقیت آنها، اجرای عملیات ذخیره نزولات آسمانی ضمن کاهش هزینه‌های اجرایی، اثربخشی این پروژه‌ها برای احیاء پوشش گیاهی و در نتیجه کنترل فرسایش بادی در منطقه سیستان را دوچندان می‌نماید.

References

Araujo, H.F., Canassa, N.F., Machado, C.C., & Tabarelli, M. (2023). Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. *Scientific reports*, 13(1), 1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-023-45571-9

Berdugo, M., Delgado-Baquerizo, M., Soliveres, S., Hernández-Clemente, R., Zhao, Y., Gaitán, J.J., Gross, N., Saiz, H., Maire, V., Lehmann, A., Rillig, M.C., Solé, R.V., & Maestre, F.T. (2020). Global ecosystem thresholds driven by aridity. *Science*, 367(6479), 787-790. https://doi:10.1126/science.aay5958

He, Z., Zhao, W., Liu, H., & Chang, X. (2012). The response of soil moisture to rainfall event size in subalpine grassland and meadows in a semi-arid mountain range: A case study in northwestern China's Qilian Mountains. *Journal of hydrology*, 420, 183–190. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.11.056

He, X., Miao, Z., Wang, Y., Yang, L., & Zhang, Z. (2024). Response of soil erosion to climate change and vegetation restoration in the Ganjiang River Basin, China. *Ecological indicators*, 158, 111429. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111429

Chaney, N.W., Roundy, J.K., Herrera-Estrada, J.E., & Wood, E.F. (2015). High-resolution modeling of the spatial heterogeneity of soil moisture: Applications in network design. *Water resources research*, 51, 619–638. https://doi.org/10.1002/2013WR014964

Diao, C., Liu, Y., Zhao, L., Zhuo, G., & Zhang, Y. (2021). Zhang Regional-scale vegetation-climate interactions on the Qinghai-Tibet plateau. *Ecological informatics*, 65, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101413

Gimeno-Sotelo, L., & Gimeno, L. (2023). Where does the link between atmospheric moisture transport and extreme precipitation matter. *Weather and Climate Extremes*, 39, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100536

Dai, X., Wang, L., Li, X., Gong, J., & Cao, Q. (2023). Characteristics of the extreme precipitation and its impacts on ecosystem services in the Wuhan urban agglomeration. *Science of the total environment*, 864, 11-25. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161045

Jia, X., Zhu, Y., & Luo, Y. (2017). Soil moisture decline due to afforestation across the Loess Plateau, China. *Journal of hydrology*, 546, 113-122. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.01.011

Fraedrich, K., Kleidon, A., Lunkeit, F. (1999). A green planet versus a desert world: Estimating the effect of vegetation extremes on the atmosphere. *Journal of climate*, 12(10), 3156–3163. https://doi.org/10.1175/15200442(1999)012

Fay, P.A., Carlisle, J.D., Knapp, A.K., & Blair, S.L. (2003). Collins Productivity responses to altered rainfall patterns in a C4-dominated grassland. *Oecologia*, 137(2), 245-251. https://doi.org/10.1007/s00442-003-1331-3

Gao, W., Zheng, C., Liu, X., Lu, Y., Chen, Y., Wei, Y., & Ma, Y. (2022). NDVI-based vegetation dynamics and their responses to climate change and human activities from 1982 to 2020: A case study in the Mu Us Sandy Land, China. *Ecological indicators*, 137, 1-14. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108745

Jahantigh, M. (2017). Comparison of two precipitation storage methods (contourfarrow and pitting) on vegetation in Iranshahr region. *Journal of geography and urban-regional planning*, 7(22), 133-144.

https://doi.org/10.22111/GAIJ.2017.3039 (In Persian)

Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2020). Investigating the Effects of Incoming Floods from Afghanistan on the Quantitative and Qualitative Changes of Groundwater Resources in the Sistan Plain. *Journal of ecohydrology*, 7(2), 463-479. https://doi.org/10.22059/ije.2020.290738.1222 (In Persian)

Jahantigh, M., & Pessarakli, M. (2009). Utilization of contour furrow and pitting techniques on desert rangelands: Evaluation of runoff, sediment, soil water content and vegetation cover. *Journal of food, agriculture & environment*, 7(2), 736-739.

Jahantab, E., Khosravani, Z., Parsamehr, A.H., & Ghanbari, A.H. (2023). Investigating the effect of banqueting operations on the characteristics of vegetation in the rangelands of Fasa city. *Journal of plant ecosystem conservation*, 11(22), 160-173. (In Persian)

Hao, Y.B., Kang, X.M., Cui, X.Y., Ding, K., Wang, Y.F., & Zhou, X.Q. (2012). Verification of a threshold concept of ecologically effective precipitation pulse: from plant individuals to ecosystem. *Ecological Informatics*, 12, 23-30. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2012.07.006

Habibzadeh, A., & Noroozi, A. (2022). The effect of rainfall harvesting systems on increasing rangeland vegetation. *Watershed Engineering and Management*, 14(1), 102-113. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2021.352776.1863 (In Persian)

Huang, T., Liu, Y., Wu, Z., Xiao, P., Wang, J., & Sun, P. (2024). Quantitative analysis of runoff alteration based on the Budyko model with time-varying underlying surface parameters for the Wuding River Basin, Loess Plateau. *Ecological Indicators*, 158, 111377. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111377

Hessary, K., & Gerald, F. (1979). Impact of avarious Range Improvement practices on watershed protective cover and Annual Production within the Colorado River Basin. *Journal of rangemanagement*, 32(2), 134-140.

Linscheid, N., Estupinan-Suarez, L.M., Brenning, A., Carvalhais, N., Cremer, F., Gans, F., Rammig, A., Reichstein, M., & Sierra, M.D. (2020). Mahecha Towards a global understanding of vegetation–climate dynamics at multiple timescales. *Biogeosciences*, 17(4), 945-962. https://doi.org/10.5194/bg-17-945-2020

Liang, Z., Chen, X., Wang, C., & Zhang, Z. (2024). Response of Soil Moisture to Four Rainfall Regimes and Tillage Measures under Natural Rainfall in Red Soil Region, Southern China. *Water*, 16(10), 1-13. https://doi.org/10.3390/w16101331

Liu, X., Wang, Y., Yan, Y., Hou, H., Liu, P., Cai, T., Zhang, P., Jia, Z., & Re, X. (2020). Appropriate ridge-furrow ratio can enhance crop production and resource use efficiency by improving soil moisture and thermal condition in a semi-arid region. *Agricultural water management*, 240. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106289

Mohseni, N., & Sepehr, A. (2015). Self-organized vegetation patterns: Early warning signals for predicting ecosystem transitions. *Journal of environmental studies*, 41, 163–177. https://doi.org/10.22059/jes.2015.53907 (In Persian)

Moradi, E., Darabi, H., Alamdarloo, E.H., Karimi, M., & Kløve, B. (2023). Vegetation vulnerability to hydrometeorological stresses in water-scarce areas using machine learning and remote sensing techniques. *Ecological Informatics*, 73, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101838

Norton, A.J., Rayner, P.J., Wang, Y.P., Parazoo, N.C., Baskaran, L., Briggs, P.R., Haverd, V., & Doughty, R. (2022). Hydrologic connectivity drives extremes and high variability in vegetation productivity across Australian arid and semi-arid ecosystems. *Remote sensing of environment*, 272, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.112937

Prăvălie, p. (2016). Drylands extent and environmental issues. A global approach. *Earth-science reviews*, 161, 259-278. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003

Ren, X.L., Chen, X.L., & Jia, Z.K. (2009). Effect of Rainfall Collecting with Ridge and

Furrow on Soil Moisture and Root Growth of Corn in Semiarid Northwest China. *Journal of agronomy and crop science*, 196(2), 109–122, https://doi.org/10.1111/j.1439037X.2009.00401

Ren, Z.P., Li, Z.B., Liu, X.L., Li, P., Cheng, S.D., & Xu, G.C. (2018). Comparing watershed afforestation and natural revegetation impacts on soil moisture in the semiarid Loess Plateau of China. *Scientific Reports*, 8, 1-17. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21362-5

Ross wight, J., Neff, E., & Soiseth, R.J. (1978). Vegetation Response to Contour furrowing. *journal of rangemanegement*, 31(2), 97-101.

Sawut, R., Li, Y., Kasimu, A., & Ablat, X. (2023). Examining the spatially varying effects of climatic and environmental pollution factors on the NDVI based on their spatially heterogeneous relationships in Bohai Rim. China. *Journal of Hydrology*, 617, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128815

Seneviratne, S.I., Corti, T., Davin, E.L., Hirschi, M., Jaeger, E.B., Lehner, I., Orlowsky, B., & Teuling, A.J. (2010). Investigating soil moisture–climate interactions in a changing climate: A review. *Earth-Science Reviews*, 99, 125–161. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2010.02.004

Sun, L., Yang, L., Hao, L., Fang, D., Jin. K., & Huang, X. (2017). Hydrological Effects of Vegetation Cover Degradation and Environmental Implications in a Semiarid Temperate Steppe, China. *Sustainability*, 9(2), 281. https://doi.org/10.3390/su9020281

Sun, G., McNulty, S.G., Myers, J.A.M., & Cohen, E.C. (2008). Impacts of multiple stresses on water demand and supply across the southeastern United States. *Journal of the american water resources association*, 44, 1441–1457. https://doi.org/10.1111/j.17521688.2008.00250.x

Vali, A. A. , Barabadi, H., & Amir ahmadi, A. (2018). Investigating effect of urban wastewater treatment On the Soil Properties of desert areas (Case Study: Sabzevar Sewage Treatment Plant). *Journal of arid regions geographic studies*, 9(32), 36-47. (In Persian)

Wang, W., Yin, S., Xie, Y., & Nearing, M.A. (2019). Minimum Inter- Event Times for Rainfall in the Eastern Monsoon Region of China. *Transactions of the ASABE*, 62, 9–18. https://doi.org/ 10.13031/trans.12878

Webb, N.P., Okin, G.S., & Brown, S. (2014). The effect of roughness elementson wind erosion: The importance ofsurface shear stress distribution. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119, 6066-6084. https://doi.org/10.1002/2014JD021491

Xu, G., Huang, M., Li, P., Li, Z. & Wang, Y. (2021). Effects of land use on spatial and temporal distribution of soil moisture within profiles. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-12. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09464-2

Yin, Y., Chen, H., Wang, G., Xu, W., & Wang, W .(2021). Characteristics of the precipitation concentration and their relationship with the precipitation structure: A case study in the Huai River basin, China. *Atmospheric Research*, 253, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105484

Yu, Y., Wei, W., Chen, L., Feng, T., & Daryanto, S. (2019). Quantifying the effects of precipitation, vegetation, and land preparation techniques on runoff and soil erosion in a loess watershed of China. *Science of the total environment*, 652, 755-764, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.255

Zare, A., Hakimzadeh, M.A., & Karimian, A. A. (2022). Evaluating Ripping and Planting of Haloxylon and Its Impact on Vegetation and Soil Characteristics: A Case Studies of Ashniz Meybod. *Desert ecosystem engineering*, 9(29), 101-114. https://doi:10.22052/deej.2020.9.29.59 (In Persian)

Zucco, G., Brocca, L., Moramarco, T., & Morbidelli, R. (2014). Influence of land use on soil moisture spatial-temporal variability and monitoring. *Journal of hydrology*, 516, 193–199. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.01.043

Zhang, M., Wang, K., Liu, H., Yue, Y., Ren, Y., Chen, Y., Zhang, C., & Deng, Z. (2023). Vegetation inter- annual variation responses

the Loess Plateau. *Agricultural Water Management*, 245, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106657

Zhang, K.C., Qu, J.J., & Qiu, R.P. (2004). Wind tunnel simulation to determine the effect of underlying sand-laden layer surface characteristics on air current turbulence. Bull. *Soil Water Conserv*, 24(3), 1–4.

Zarekia, S., Baghestani-Meybodi, N., Mirjalili, A., & Ahmadi-Roknabadi, M. (2021). The 18-year impact of rainfall storage projects on vegetation in steppe rangelands (Case study: Rangelands less than 100 mm of rainfall in Yazd province). *Iranian journal of range and desert research*, 28(1), 69-81. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2021.123855

to climate variation in different geomorphic zones of the Yangtze River Basin, China. *Ecological Indicators*, 152, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110357

Zhang, X., Song, J., Wang, Y., Sun, H., & Li, Q. (2022). Threshold effects of vegetation coverage on runoff and soil loss in the loess plateau of China: A meta-analysis. *Geoderma*, 412, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.115720

Zhang, G., Mo, F., Shah, F., Meng, W., Liao, Y. & Han, H. (2021). Ridge-furrow configuration significantly improves soil water availability, crop water use efficiency, and grain yield in dryland agroecosystems of

Integrated Watershed Management, Winter, 2026, 5(4), 128-142 **Article Type: Research**

doi: 10.22034/iwm.2025.2057000.1217 **Online ISSN: 2783-4581**

Measuring the social, cultural and economic resilience of rural environments at risk from flooding (Case study: Sang Sefid Ilam)

Shokoufeh Abdali[1], Noredin Rostami[1*], Amin Salehpour Jam[2]

1. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

* **Corresponding author**: n.rostami@ilam.ac.ir

(Received: 01 April 2025 Revised: 04 May 2025 Accepted: 16 Jun 2025)

Extended Abstract

Introduction: Floods are among the natural and human-induced disasters that have consistently caused various forms of human casualties, financial losses, and environmental damage in the watersheds of the country. Accordingly, managing this phenomenon and addressing different aspects of resilience against it are of particular importance. Resilience has diverse dimensions, and this research focuses on its socio-cultural and economic aspects. The process of socio-cultural resilience connects a network of adaptive capacities to post-disruption recovery. Economic resilience has two dynamic and static dimensions: dynamic economic resilience refers to the speed at which an institution or system recovers from a severe shock and returns to its desired state, while static economic resilience is defined as the ability of an institution or system to maintain its functionality when experiencing a severe shock. In this study, we measured the socio-cultural and economic resilience of local communities against floods in various hydrological and non-hydrological units of the Sange Sefid region in Ilam Province and classified their flood resilience potential. This understanding will play a significant role in future planning aimed at enhancing the socio-cultural and economic resilience potential of rural environments.

Materials and Methods: In this research, first, the socio-cultural and economic resilience in the Sange Sefid watershed in Ilam Province and Chardavol County was assessed. To evaluate resilience in different sub-watersheds, the indicators for each component were determined based on a literature review, library studies, expert interviews, and field visits. Then, a survey of watershed residents was conducted to measure the intensity or magnitude of the considered indicators as resilience measurement items using a five-point Likert scale questionnaire, after assessing the validity and reliability of the questionnaire. The questionnaire's validity was confirmed by experts. Additionally, Cronbach's alpha method was used to calculate the reliability or trustworthiness of the measurement tool. Furthermore, the sampling unit was rural households, and Cochran's formula, based on the rural household population in each sub-watershed, was used to calculate the sample size. The questionnaire results were then entered into SPSS software, and one-way analysis of variance (ANOVA) was used to examine and analyze the data. Subsequently, the Tukey test was employed to prioritize sub-watersheds and compare means in terms of socio-cultural and economic resilience.

Results and Discussion: Eleven socio-cultural indicators and nine economic indicators were used to measure the socio-cultural and economic resilience of local communities against floods in different hydrological and non-hydrological units. The results showed that Cronbach's alpha values for socio-cultural and economic resilience questionnaires were 0.832 and 0.815, respectively, indicating good reliability. The ANOVA results assessing socio-cultural and economic resilience against floods showed a significant difference between the units. Accordingly, flood resilience grouping of different hydrological and non-hydrological units was performed based on the Tukey test. The prioritization of socio-cultural resilience potential against floods, based on groups' calculated mean values in order from high to low, was: S-int2, S-int3, S8-int, S11, S-int5, S8-2, S-int4, S10, S12, S1, S-int1, and S9. The prioritization of economic resilience potential against floods in order from high to low was: S-int3, S-int2, S-int5, S10, S1, S-int1, S-int4, S8-int, S11, S12, S8-2, and S9. From the local community's perspective, units S-int2 (score 30.88) and S9 (score 47.07) had the minimum and maximum socio-cultural flood resilience, respectively, while units S-int3 (score 11.40) and S9 (score 35.13) had the minimum and maximum economic flood resilience, respectively.

Conclusion: Overall, the results indicate the presence of units with different potentials for socio-cultural and economic resilience against floods in the study area. The grouping of socio-cultural and economic flood resilience potential showed classification into two groups with minimum and maximum resilience potential and three intermediate groups for socio-cultural resilience. For economic resilience, units were grouped into four distinct categories and one intermediate category. Accordingly, strategic planning to enhance the socio-cultural and economic resilience potential of rural environments—especially through applying problem-structuring methods and considering the flood resilience measurement indicators identified in this study—is strongly recommended.

Keywords: Water management, Resilience potential, Natural disasters, Resilience grouping

Citation: Abdali, Sh., Rostami, N., & Salehpour Jam, A. (2026). Measuring the social, cultural and economic resilience of rural environments at risk of flooding (Case study: Sang Sefid Ilam). *Integrated Watershed Management*, 5(4), 128-142. doi=10.22034/iwm.2025.2057000.1217

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).

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۴، صفحات (۱۴۲-۱۲۸) نوع مقاله: پژوهشی

شاپا الکترونیکی: ۴۵۸۱-۲۷۸۳ doi: 10.22034/iwm.2025.2057000.1217

سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی در معرض خطر سیلاب (مطالعه موردی: سنگ سفید ایلام)

شکوفه عبدالی[۱]، نورالدین رستمی[۱*]، امین صالح‌پور جم[۲]

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

۲. پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

***نویسنده مسئول:** n.rostami@ilam.ac.ir

(**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۱/۱۲ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۲/۱۴ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۲۶)

چکیده مبسوط

مقدمه: سیل ازجمله بلایای طبیعی و انسان‌زادی است که همواره انواع خسارات جانی، مالی و زیست‌محیطی را در حوزه‌های آبخیز کشور به دنبال داشته است. بر این اساس، مدیریت این رخداد و پرداختن به انواع جنبه‌های تاب‌آوری در برابر آن، از اهمیت ویژه این برخوردار است. تاب‌آوری ابعاد متنوعی دارد که در پژوهش به بررسی بعد اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی پرداخته شده است. فرآیند تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی فرآیندی است که شبکه‌ای از ظرفیت‌های سازگاری را به انطباق پس از یک اختلال یا ناسازگاری مرتبط می‌کند. تاب‌آوری اقتصادی نیز دارای دو بعد پویا و ایستا می‌باشد؛ تاب‌آوری اقتصادی پویا را سرعتی در نظر می‌گیرند که طی آن یک نهاد یا سیستم از شوک شدید در می‌آید و به حالت مطلوب خود می‌رسد، در صورتی که تاب‌آوری اقتصادی ایستا یا استاتیک را توانایی یک نهاد یا سیستم برای حفظ عملکرد خود در زمانی که دچار شوک شدیدی شده است تعریف می‌کنند. در این تحقیق، اقدام به سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی جامعه محلی در برابر سیلاب در انواع واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه سنگ سفید استان ایلام و گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری در برابر سیلاب شده است. این شناخت نقش مهمی در برنامه‌ریزی آتی با هدف ارتقاء پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی ایفا خواهد نمود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، نخست، سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در حوزه آبخیز سنگ سفید در استان ایلام و شهرستان چرداول انجام گرفت. به منظور سنجش تاب‌آوری زیرحوزه‌های مختلف آبخیز، نخست شاخص‌های هر یک از مولفه‌های مذکور مبتنی بر مرور منابع و مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه با کارشناسان و نیز بازدیدهای میدانی، مشخص شد. سپس، اقدام به نظرسنجی از ساکنان حوضه با هدف سنجش شدت یا بزرگی شاخص‌های در نظر گرفته‌شده به عنوان گویه‌های سنجش تاب‌آوری مبتنی بر پرسش‌نامه با طیف پنج‌گانه لیکرت، پس از سنجش روایی و پایایی پرسش‌نامه شد. در این پژوهش، روایی پرسش‌نامه به تایید خبرگان رسید. همچنین، در این پژوهش از روش آلفای کرونباخ به منظور محاسبه میزان پایایی یا قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. همچنین در این تحقیق، واحد نمونه، خانوار روستایی بوده و به منظور محاسبه حجم نمونه از فرمول کوکران مبتنی بر جمعیت خانوار روستایی در هر زیرحوضه استفاده گردید. سپس نتایج پرسش‌نامه‌ها وارد نرم‌افزار SPSS شده و برای بررسی و تحلیل نتایج از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) استفاده گردید. در ادامه به منظور اولویت‌دهی زیرحوضه‌ها و مقایسه میانگین‌ها از لحاظ تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج و بحث: در این پژوهش، از ۱۱ شاخص اجتماعی-فرهنگی و ۹ شاخص اقتصادی به منظور سنجش تاب‌آوری‌های اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی جوامع محلی در برابر سیلاب برای واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار آلفای کرونباخ به‌ترتیب برای پرسش‌نامه‌های سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی، ۰/۸۳۲ و ۰/۸۱۵ محاسبه شد که بیانگر میزان پایایی خوب پرسش‌نامه‌ها است. نتایج حاصل از اجرای آزمون ANOVA برای سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای هیدرولوژیک و غیر هیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین میزان تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب بین واحدها وجود دارد. بر این اساس، گروه‌بندی تاب‌آوری در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی انجام شد. نتایج نشان داد که اولویت‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه مبتنی بر مقادیر متوسط محاسباتی گروه‌ها، به‌ترتیب اهمیت زیاد تا کم به صورت S-int2، S-int3، S8-int، S11، S-int5، S8-2، S-int4، S10، S12، S1، S-int1 و S9 است. همچنین، اولویت‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اقتصادی واحدها در برابر سیلاب به‌ترتیب اهمیت از زیاد تا کم به صورت S-int3، S-int2، S-int5، S10، S1، S-int1، S-int4، S8-int، S11، S12، S8-2 و S9 است. همچنین، از منظر جامعه محلی، واحدهای S-int2 (امتیاز ۳۰/۸۸) و S9 (امتیاز ۴۷/۰۷) به‌ترتیب کمینه و بیشینه میزان تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب و واحدهای S-int3 (امتیاز ۱۱/۴۰) و S9 (امتیاز ۳۵/۱۳) به‌ترتیب کمینه و بیشینه تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: به طور کلی، نتایج نشان‌دهنده حضور واحدهای دارای پتانسیل متفاوت تاب‌آوری‌های اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب در منطقه مورد مطالعه بود. همچنین، گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب واحدها، نشان داد که واحدهای منطقه مورد مطالعه از منظر تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی به دو گروه دارای کمینه و بیشینه پتانسیل تاب‌آوری در برابر سیلاب و سه گروه بینابینی طبقه‌بندی شدند. همچنین از منظر تاب‌آوری اقتصادی، پتانسیل تاب‌آوری واحدها در چهار طبقه تفکیکی و یک طبقه بینابینی گروه‌بندی شدند. بر این اساس، برنامه‌ریزی راهبردی برای ارتقاء پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی، به‌خصوص با کاربست روش‌های ساختاربندی مسئله و توجه به شاخص‌های سنجش تاب‌آوری در برابر سیلاب شناسایی شده در این مطالعه، قویاً پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت آب، پتانسیل تاب‌آوری، بحران‌های طبیعی، گروه‌بندی تاب‌آوری

استناد: عبدالی، ش.، رستمی، ن؛ و صالح‌پورجم، الف. (۱۴۰۵). سنجش تاب‌آوری اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی در معرض خطر سیلاب (مطالعه موردی: سنگ سفید ایلام). *مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز*، ۵(۴)، ۱۴۲-۱۲۸.

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

در مقیاس جهانی ۴۰ بلای طبیعی شناخته شده وجود دارد. از این بین، ۳۰ مورد از آنها در ایران رخ می‌دهد و با توجه به این نکته که تنوع بلایای طبیعی و انسانی در ایران زیاد است، این کشور دارای مخاطرات متعدد شناخته می‌شود (Beyraghi *et al.*, 2022). بررسی سوابق بلایای طبیعی در ایران نشان می‌دهد که ویژگی‌های منحصربه‌فرد بوم‌شناختی و زمین‌ریخت‌شناختی این سرزمین، آن را به یکی از مستعدترین و آسیب‌پذیرترین مناطق جهان در برابر مخاطرات محیطی تبدیل کرده است (Mesbah *et al.*, 2024). همچنین با توجه به این نکته که کشور ایران از مناطق سیل‌خیز جهان می‌باشد و سیلاب‌های با خطر بالایی در آن رخ می‌دهد، مناطقی از کشور دارای شرایط بحران‌زده است (Eskandari damaneh *et al.*, 2023)، در نتیجه بررسی این پدیده اهمیت خاصی دارد (Kazemi *et al.*, 2016; Khourshidi *et al.*, 2021). برخی مناطق روستایی به صورت همزمان که با مشکلات سیلاب درگیر هستند، خشکسالی نیز در آنجا به وقوع می‌پیوندد (Beyraghi *et al.*, 2022). عوامل مختلفی بر ایجاد سیلاب موثر هستند، اما بطور کلی، بر اثر حجم زیاد بارندگی سیلاب‌ها رخ می‌دهند. رخدادهایی از قبیل باران و ذوب شدن برف، افزایش سطح آب، شکسته‌شدن سازه‌های ذخیره‌کننده و نگهدارنده آب و یا کاهش میزان جذب طبیعی خاک موجب افزایش حجم بارندگی شده و منجر به بروز سیل می‌شود.

سیلاب‌ها بر دو گونه‌اند: سیلاب‌های آرام و ناگهانی[1]؛ نوع اول به تدریج در طول روزها و هفته‌های پس از بارش در اثر افزایش بارندگی و حجم آب رودخانه ایجاد می‌شود، نوع دوم نیز در اثر افزایش ناگهانی بارندگی و حجم آب رودخانه رخ می‌دهد. دو نوع راهبرد آینده‌نگری و تاب‌آوری[2] برای مقابله با حوادث وجود دارد. راهبرد آینده‌نگری برای مواجهه با مشکلات و راهبرد تاب‌آوری برای مقابله با آن‌ها در نظر گرفته می‌شود (Normandin *et al.*, 2011). در جهت کاهش اثرات منفی و مخرب حوادث طبیعی، سنجش تاب‌آوری اهمیت فراوانی دارد. در نظر گرفتن این راهکارها برای مقابله با خطرات ناشی از این حوادث و تقویت بیشتر مردم برای مواجهه و مقابله با آن‌ها می‌باشد. در حقیقت واژه تاب‌آوری نشان دهنده قدرت هماهنگی با تمامی مراحل حادثه و مدیریت در شرایط مختلف است (Davis & Izadkhah, 2006; Savari *et al.*, 2023)؛ بنابراین تاب‌آوری در معنای بازگشت به گذشته مورد استفاده قرار می‌گیرد و از ریشه لاتین resilio گرفته شده است (Klein *et al.*, 2003).

تاب‌آوری ابعاد متنوعی دارد که در اینجا به بررسی بعد اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی پرداخته شده است. فرآیند تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی[3]، فرآیندی است که شبکه‌ای از ظرفیت‌های سازگاری اجتماعی را به انطباق پس از یک اختلال یا ناسازگاری مرتبط می‌کند (Norris *et al.*, 2008). همچنین، تاب‌آوری اقتصادی دارای دو بعد پویا و ایستا می‌باشد؛ تاب‌آوری اقتصادی پویا را سرعتی در نظر می‌گیرند که توسط آن یک نهاد یا سامانه از شوک شدید بیرون می‌آید و به حالت مطلوب خود می‌رسد، در صورتی که تاب‌آوری اقتصادی ایستا یا استاتیک را توانایی یک نهاد یا سامانه برای حفظ عمکرد خود در زمانی که دچار شوک شدیدی شده است، تعریف می‌کنند (Bruneau *et al.*, 2003).

همچنین، مروری بر مطالعات تاب‌آوری، نشان‌دهنده انواع موضوعات مطرح در این مطالعات است. برای نمونه می‌توان به مطالعات تاب‌آوری در زمینه سیل (Wang *et al.*, 2022; Farvardin *et al.*, 2025)، خشکسالی (Yao *et al.*, 2022; Rafie & Nooraie,

1. Slow and flash floods
2. Foresight and resilience strategy
3. Socio-cultural resilience process

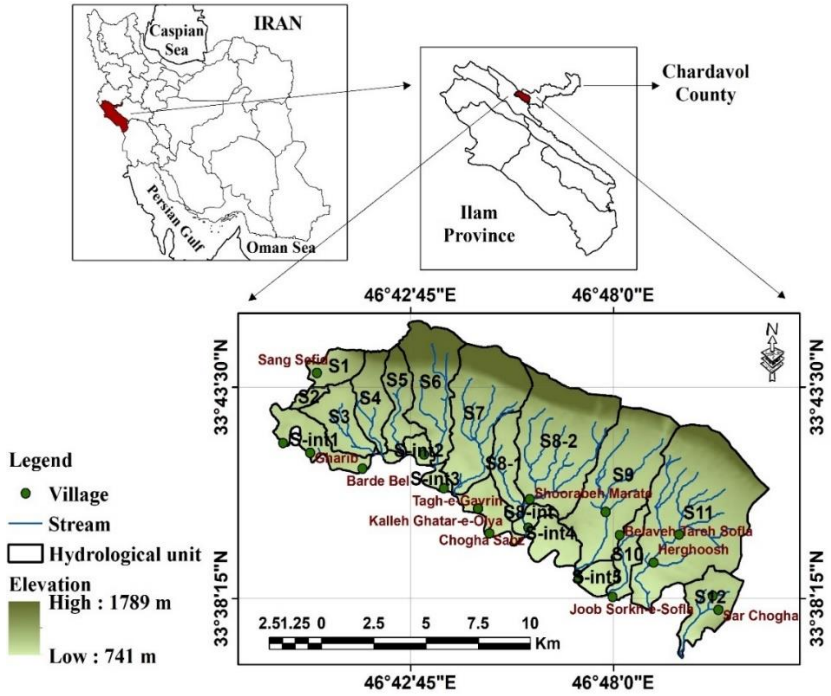
2024) و بیابان‌زایی (Bradley & Grainger, 2004) اشاره نمود.

پژوهش حاضر به سنجش تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی و اقتصادی جوامع محلی در برابر خطر سیلاب در واحدهای هیدرولوژیکی و غیرهیدرولوژیک حوزه آبخیز سنگ سفید استان ایلام پرداخته است. تکرار سیلاب‌های ویرانگر در سال‌های اخیر، به‌ویژه خسارات گسترده به اراضی کشاورزی در سیلاب‌های سال‌های ۱۳۹۵ (اردیبهشت‌ماه) و ۱۴۰۲ (فروردین-ماه)، ضرورت سنجش تاب‌آوری جوامع محلی در مواجهه با بلای طبیعی و انسان‌زاد از قبیل سیل و همچنین، نیاز به توسعه راهکارهای عملی برای ارتقای تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی جوامع محلی در برابر سیلاب و کاهش ریسک سیلاب را آشکار ساخته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز سنگ سفید با مساحت ۷۶۶۰ هکتار در استان ایلام و شهرستان چرداول قرار گرفته و از نظر موقعیت جغرافیایی بین ″۴۶°۳۹′۰۲ تا ″۴۶°۴۷′۳۸ طول شرقی و ″۳۳°۳۹′۱۴ تا ″۳۳°۴۵′۰۱ عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر و حداقل ارتفاع منطقه موردمطالعه به‌ترتیب ۱۸۰۲ و ۷۹۰ متر از سطح دریا می‌باشد و میانگین بارندگی ۵۰۲/۵ میلی متر طی دوره آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۶ می‌باشد (Ilam Meteorological Administration, 2024).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location of the study area

مناطق مسکونی حوزه آبخیز سنگ سفید عبارت‌اند از روستاهای سنگ سفید، دارتوت، چم‌کبود، دراشکفت، قریب، چمقوله، برده‌بل، هله‌سم، طاق گاورین، قاسم‌آباد، سعدآباد، کله‌قطار علیا و سفلی، علیمرادخانی علیا و سفلی، شورابه مراتع، چقا سبز و پهنه‌بر (Tarh Abriz Consulting Engineers Co, 2017).

در حوضه سنگ سفید طبق سرشماری سال ۱۳۹۳، مجموعاً تعداد ۲۳۹۳ نفر جمعیت در ۴۷۸ خانوار ساکن بوده که ۱۲۳۴ نفر مرد و ۱۱۵۹ نفر زن

می‌باشد. میزان افراد باسواد حوضه ۷۳/۱۹ درصد و میزان اشتغال ۲۳/۹۳ درصد است. وضعیت امکانات رفاهی و بهداشتی در حوضه در سطح نامطلوبی قرار دارد. به دلیل عدم وجود شغل و درآمد کافی، نرخ مهاجرت در حوضه نسبت به دیگر نقاط روستایی کشور بالاست و عموماً جهت کسب شغل و درآمد کافی به شهرهای بزرگ مهاجرت می‌نمایند. سطح اراضی زراعی و باغی در حوزه مجموعاً حدود ۴۹۰۰ هکتار می‌باشد که عمدتاً به کشت گندم، جو، برنج، عدس و باغات انگور اختصاص دارد. درمجموع تعداد ۱۳۱۶۸ واحد دامی در حوضه پراکنده می‌باشد. میزان تولیدات دامی به دلیل کمبود علوفه و شرایط بد مراتع حوضه در سطح پایینی قرار دارد (Tarh Abriz Consulting Engineers Co, 2017).

سطح مشارکت ساکنان حوضه در زمینه اقدامات آبخیزداری در حد متوسطی قرار دارد که با افزایش آگاهی روستائیان نسبت به این اقدامات به‌واسطه کلاس‌های آموزشی و ترویجی میزان مشارکت آبخیزنشینان نیز افزایش می‌یابد (Tarh Abriz Consulting Engineers Co, 2017).

روش تحقیق

در این پژوهش، سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی زیرحوزه‌های آبخیز سنگ سفید مبتنی بر مراحل ذیل انجام گرفت. این مطالعه، به لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ روش پیمایشی و توصیفی- تحلیلی است. با توجه به اینکه سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی جامعه محلی در برابر سیلاب نیازمند اطلاعات مربوطه مبتنی بر اطلاعات اخذشده توسط پرسش‌نامه به عنوان ابزار اندازه‌گیری شاخص‌ها بود، تحلیل اطلاعات اخذشده توسط آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) انجام شد. همچنین، از آزمون توکی (Tukey) به منظور گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک به شرح مراحل ذیل استفاده شد.

سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی زیرحوزه‌های آبخیز

در این پژوهش به منظور سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی زیرحوزه‌های مختلف آبخیز، نخست شاخص‌های هر یک از مؤلفه‌های مذکور مبتنی بر مرور منابع و مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه با کارشناسان و نیز بازدیدهای میدانی، مشخص شد. در این پژوهش، متغیرهای پرسش‌نامه از نوع متغیرهای ترتیبی کیفی و منطبق با طیف پنج‌گانه لیکرت ((خیلی کم (۱)، کم (۲)، متوسط (۳)، زیاد (۴) و خیلی زیاد (۵)) بوده، و از ساکنان حوضه پس از سنجش روایی و پایایی پرسش‌نامه، نظرسنجی به‌عمل آمد. در خصوص پایایی، در این پژوهش از روش آلفای کرونباخ و نرم‌افزار SPSS به منظور محاسبه میزان پایایی یا قابلیت اعتماد ابزار اندازه‌گیری استفاده شد. توضیح اینکه مقادیر بالاتر از ۰/۷ آلفای کرونباخ نشان‌دهنده پایایی قابل قبول پرسش‌نامه به عنوان ابزار اندازه‌گیری است (Mansourfar, 2006).

همچنین در این تحقیق، واحد نمونه، خانوار روستایی بوده و به منظور محاسبه حجم نمونه از فرمول کوکران (رابطه ۲) مبتنی بر جمعیت خانوار روستایی واقع در هر زیرحوضه استفاده شد.

$$n = \frac{Nt^2S^2}{Nd^2+t^2S^2} \qquad (۲)$$

که در آن: n: حجم نمونه (خانوارهای انتخاب شده) از جامعه آماری زیرحوزه آبخیز، N: جامعه آماری (خانوارهای ساکن در زیرحوزه آبخیز)، t: آماره t استیودنت برای سطح اطمینان ۵ درصد (t =۱/۹۶)، S^2: واریانس برآوردی جامعه موردنظر (S^2 =۰/۲۵) و d: درجه دقت احتمالی مطلوب (d =۰/۰۵) می‌باشد (Cochran, 1977).

سپس نتایج پرسش‌نامه‌ها وارد نرم‌افزار SPSS شده و برای بررسی و تحلیل نتایج از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده گردید. در ادامه به منظور اولویت‌دهی زیرحوضه‌ها و مقایسه میانگین‌ها از لحاظ

تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی از آزمون توکی استفاده شد. همچنین، گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی (Tukey) انجام شد.

نتایج

در این پژوهش، نخست، سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی واحدهای منتخب منطقه مبتنی بر مراحل دوگانه زیر انجام شد.

سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی

در این پژوهش به منظور سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی، اقتصادی واحدهای منتخب منطقه، نخست شاخص‌های هر یک از مؤلفه‌های مذکور مبتنی بر مرور منابع و مطالعات کتابخانه‌ای، مصاحبه با کارشناسان و نیز بازدیدهای میدانی و مصاحبه با ساکنان، مشخص شد. در این ارتباط، شاخص‌های سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- شاخص‌های سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی

Table 1- Indicators for measuring socio-cultural resilience

ردیف	شاخص	منبع
1	میزان مسئولیت‌پذیری و مشارکت افراد محلی	Ghasemzadeh *et al.*, 2021; Nahid *et al.*, 2021; Ali & George, 2022
2	میزان سلامت جسمی افراد محلی	Moghadas *et al.*, 2019; Haque *et al.*, 2022
3	میزان سلامت روحی – روانی افراد محلی	Haque *et al.*, 2022; Nahid *et al.*, 2021
4	شناخت ساکنان جامعه محلی از یکدیگر	Nahid *et al.*, 2021
5	سطح تحصیلات ساکنان جامعه محلی	Kotzee & Reyers, 2016; Mishra & Mohapatra, 2020
6	سطح دانش ساکنان جامعه محلی از مقوله سیل و اقدامات لازم	Ali & George, 2022; Zhang *et al.*, 2021
7	میزان ارتباط اجتماعی ساکنان حوضه با یکدیگر	Ali & George, 2022
8	میزان اعتماد افراد جامعه محلی به خدمت‌رسانی عادلانه نهادهای متولی در مواقع بحران و پس از آن	Sharifinia, 2019
9	میزان حس تعلق ساکنان به منطقه	Anacio *et al.*, 2016; Lwin *et al.*, 2020; Jacinto *et al.*, 2023
10	تجربه پیشین جامعه محلی از سیل	Lwin *et al.*, 2020
11	میزان اعتماد افراد جامعه محلی به سیاست‌ها و برنامه‌های مسئولان	Ghasemzadeh *et al.*, 2021

جدول ۲- شاخص‌های سنجش تاب‌آوری اقتصادی

Table 2- Economic resilience measurement indicators

ردیف	شاخص	منبع
1	میزان تنوع معیشت ساکنان جامعه محلی (عدم وابستگی به یک شغل)	Motsholapheko *et al.*, 2012; Qasim *et al.*, 2016; Haque *et al.*, 2022
2	درآمد متوسط خانوار روستایی	Chu, 2021; Ghasemzadeh *et al.*, 2021
3	میزان رضایت از آینده شغلی	Nahid *et al.*, 2021
4	میزان اطمینان از بهره‌مندی از بیمه حوادث	Bertilsson *et al.*, 2019
5	میزان رضایت از درآمد شغل کنونی	Nahid *et al.*, 2021
6	میزان پس‌انداز خانوار روستایی	Enerlan, 2023
7	میزان آسیب‌پذیری منابع درآمدی	Bastaminia *et al.*, 2017
8	میزان حمایت مالی از سوی نهادهای محلی و دولتی در رخداد سیل	Bastaminia *et al.*, 2017
9	میزان اطمینان از دریافت بیمه بیکاری	Ghasemzadeh *et al.*, 2021

پس از سنجش روایی و پایایی پرسش‌نامه و محاسبات حجم نمونه، اقدام به نظرسنجی از جوامع محلی مبتنی بر پرسش‌نامه‌های با طیف پنج‌گانه لیکرت شد. در این ارتباط، نخست، روایی پرسش‌نامه‌ها به تایید خبرگان رسید. به عبارت دیگر، روایی یا اعتبار پرسش‌نامه تهیه‌شده به عنوان ابزار اندازه‌گیری توسط خبرگان تایید شد که نشان‌دهنده کفایت و توانایی گویه‌های انتخاب شده برای سنجش تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی مبتنی بر دیدگاه خبرگان است. همچنین، مقدار آلفای کرونباخ به‌ترتیب برای پرسش‌نامه‌های سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی و اقتصادی، ۰/۸۳۲ و ۰/۸۱۵ محاسبه شد که بیانگر میزان پایایی خوب پرسش-نامه‌ها است. به عبارت دیگر، با توجه به بالاتر بودن آماره آلفای کرونباخ از میزان ۰/۷، ابزار اندازه‌گیری از پایایی بالایی برخودار است و گویه‌های در نظر گرفته شده از سازگاری درونی بالایی برخوردارند (George & Mallery, 2003). بر این اساس، پرسش‌نامه تهیه-شده از پایایی یا قابلیت اعتماد خوبی برخوردار بوده، به‌طوری‌که از ثبات خوبی طی تکرار نمره‌دهی پرسش‌شوندگان برخوردار است. جمعیت و تعداد خانوار هر یک از آبادی‌های واقع در واحدهای هیدرولوژیک و غیر هیدرولوژیک منطقه و همچنین، حجم نمونه برای هر یک از واحدها مبتنی بر فرمول کوکران و تعداد خانوار به عنوان واحد نمونه محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است. بر این اساس، در کل، تعداد ۶۶۳ سرپرست خانوار به عنوان حجم کل نمونه برای منطقه مورد مطالعه، محاسبه شد. در این ارتباط، روستاهای کله قطارعلیا و طاق گاورین به‌ترتیب با دارا بودن جمعیت ۴۱ (۱۱ خانوار) و ۵۱۱ (۱۵۵ خانوار)، کمینه و بیشینه جمعیت آبادی‌های منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳).

جدول ۳- مشخصات دموگرافیک آبادی‌های منطقه سنگ سفید و حجم نمونه واحدها

Table 3- Demographic characteristics of the villages in the Sang Sefid region and the sample size of the units

ردیف	واحد هیدرولوژیک/ غیر هیدرولوژیک	نام روستا	جمعیت	تعداد خانوار	تعداد یا حجم نمونه	دهستان	بخش	شهرستان	استان
1	S1	سنگ سفید	460	135	100	شباب	شباب	چرداول	ایلام
2	S-int1	چم کبود	56	14	83				
3		قریب	136	38					
4		برده بل	208	54					
5	S-int2	سنگ‌شکن تپه میرحم	46	12	12				
6	S-int3	طاق گاورین	511	155	111	بیجنوند	زاگرس		
7	S-int4	کله قطارسفلی	85	25	33				
8		کله قطارعلیا	41	11					
9	S8-int	چقاسبز	112	28	26				
10	S-int5	جوب بور	65	15	15				
11	S8-2	شورابه مراتع	186	55	48				
12	S9	بلاوه تره علیا	81	23	102				
13		بلاوه تره سفلی	405	115					
14	S10	جوب سرخ سفلی	71	17	16				
15	S11	بلاوه خشکه	237	66	81				
16		هرقوش	134	36					
17	S12	هلت	106	27	36				
18		سرچقا	44	12					

در این مطالعه با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA)، تفاوت میانگین در بین بیش از دو گروه مورد آزمون قرار گرفت. به عبارت دیگر، این فرضیه که آیا تفاوت معنی‌داری میان میزان تاب‌آوری در برابر سیلاب واحدهای منتخب هیدرولوژیک و غیر هیدرولوژیک وجود دارد، مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در جدول‌های ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی
Table 4- Results of one-way analysis of variance (ANOVA) test for socio-cultural resilience

تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P-value
میان‌گروهی	16249.344	11	1477.213	61.027	<0.001
درون‌گروهی	15758.034	651	24.206		
کل	32007.379	662			

مبتنی بر نتایج جدول آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه یا آزمون فیشر، با توجه به اینکه سطح معنی‌داری یا میزان P-value به‌دست آمده برای سنجش تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی کمتر از ۰/۰۱ به‌دست آمد (P-value<0.001) (جدول ۴)، با اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری حداقل بین میزان تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب یکی از واحدها با سایر واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک به لحاظ آماری وجود دارد. به عبارت دیگر، این بدین معنی است که حداقل یکی از واحدها، از نظر میانگین نمره به‌دست آمده با بقیه واحدها تفاوت معنی‌دار دارد. بنابراین، امکان گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای مختلف منطقه مطالعه مبتنی بر آزمون توکی (Tukey)، برای آنها قابل بررسی است (جدول ۶). همچنین در این جدول، شاخص‌های مرتبط با تغییرات میان گروهی و درون گروهی به‌ترتیب بیانگر تغییرپذیری میانگین گروه‌ها در اطراف میانگین کل و تغییرپذیری نمرات تک‌تک پاسخگویان در اطراف میانگین گروه خود است که در محاسبات مقدار F دخالت داده می‌شوند.

جدول ۵- نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) برای تاب‌آوری اقتصادی
Table 5- Results of one-way analysis of variance (ANOVA) test for economic resilience

تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P-value
میان‌گروهی	31854.934	11	2895.903	260.202	<0.001
درون‌گروهی	7245.268	651	11.129		
کل	39100.202	662			

با توجه به سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۱ به‌دست آمده (P-value<0.001) از اجرای آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه با هدف سنجش تاب‌آوری اقتصادی واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک (جدول ۵)، با اطمینان ۹۹ درصد، تفاوت معنی‌داری حداقل بین میزان تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب یکی از واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک با سایر واحدها به لحاظ آماری وجود دارد. بر این اساس، گروه‌بندی تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی انجام شد (جدول ۷). لازم به توضیح است که درجه آزادی تغییرات درون‌گروهی به‌دست آمده از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (۶۵۱)، حاصل تفریق درجه آزادی مرتبط با حجم

۶۶۳ نمونه حاصل از فرمول کوکران (درجه آزادی ۶۶۲) از درجه آزادی مربوط به ۱۲ واحد هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه (درجه آزادی ۱۱) است (جدول ۵).

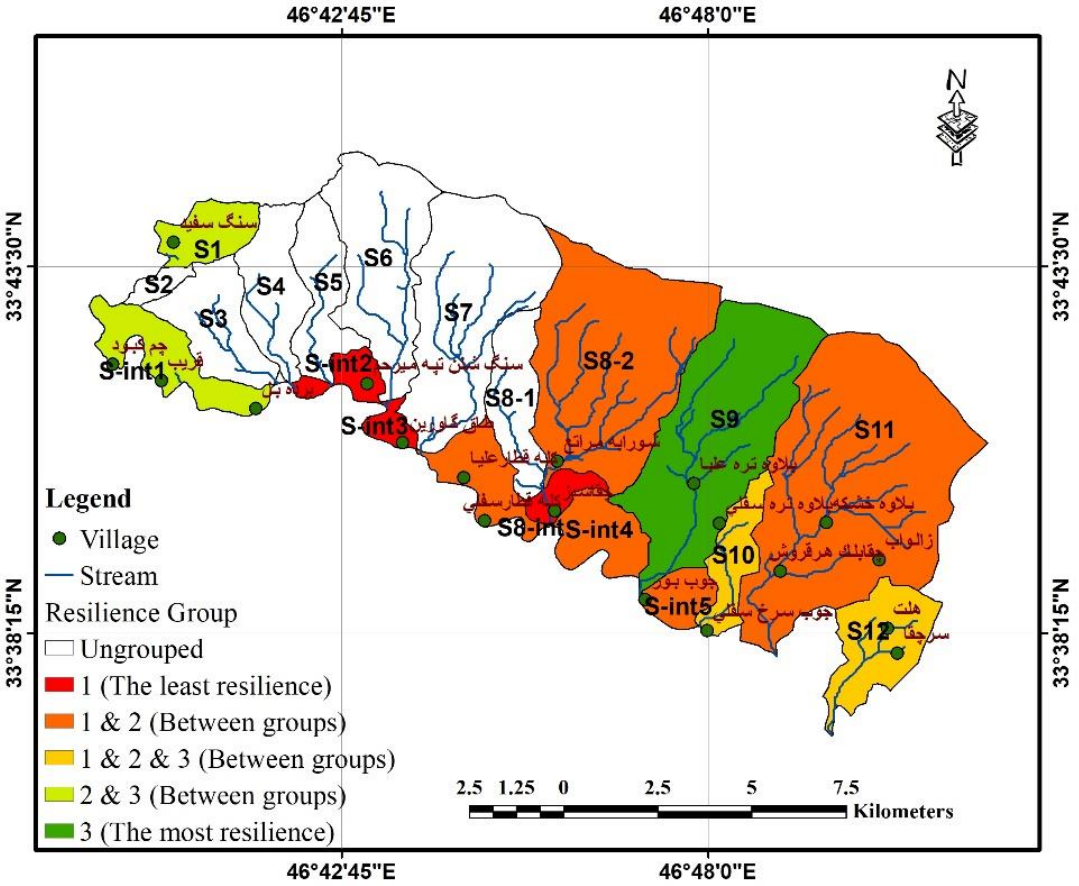
جدول ۶- گروه‌بندی تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی (Tukey)

Table 6- Grouping of socio-cultural resilience to floods in different hydrological and non-hydrological units based on Tukey test

واحد	تعداد	زیرمجموعه برای آلفا برابر 0.05		
		1	2	3
S-int2	12	30.88		
S-int3	111	31.87		
S8-int	26	32.40		
S11	81	35.60	35.60	
S-int5	15	36.00	36.00	
S8-2	48	36.40	36.40	
S-int4	33	37.40	37.40	
S10	16	38.20	38.20	38.20
S12	36	38.36	38.36	38.36
S1	100		41.71	41.71
S-int1	83		41.89	41.89
S9	102			47.07
P-value		0.226	0.453	0.054

اولویت‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه مبتنی بر مقادیر متوسط محاسباتی گروه‌ها، به‌ترتیب اهمیت زیاد تا کم به صورت S-int2، S-int3، S8-int، S11، S-int5، S8-2، S-int4، S10، S12، S1، S-int1 و S9 است (جدول ۶). مبتنی بر نتایج آزمون توکی (جدول ۶)، بالاتر بودن سطح معنی‌داری محاسبه شده برای هر یک از گروه‌های سه گانه (۰/۲۲۶، ۰/۴۵۳ و ۰/۰۵۴) از میزان ۰/۰۵، نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری میان میزان تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای قرار گرفته در هر یک از گروه‌های سه‌گانه به لحاظ آماری وجود ندارد. بر این اساس، گروه‌بندی تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی در جدول ۶ و شکل ۲ ارائه شده است.

بر این اساس، از دیدگاه جامعه محلی، واحدهای S-int2 (امتیاز ۳۰/۸۸) و S9 (امتیاز ۴۷/۰۷) به‌ترتیب کمینه و بیشینه میزان تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب را مبتنی بر نتایج آزمون توکی به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۶ و شکل ۲). همچنین سه گروه بینابینی نیز در گروه‌بندی تاب‌آوری واحدها قابل تشخیص است. این گروه‌ها شامل واحدهایی هستند که می‌توانند بین گروه‌های یک و دو (S11، S-int5، S8-2 و S-int4)، بین گروه‌های یک، دو و سه (S10 و S12) و نیز بین گروه‌های دو و سه (S1 و S-int1) طبقه‌بندی شوند (جدول ۶ و شکل ۲).



شکل ۲- گروه‌بندی تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی

Figure 2- Grouping of socio-cultural resilience to floods in different hydrological and non-hydrological units based on the Tukey test

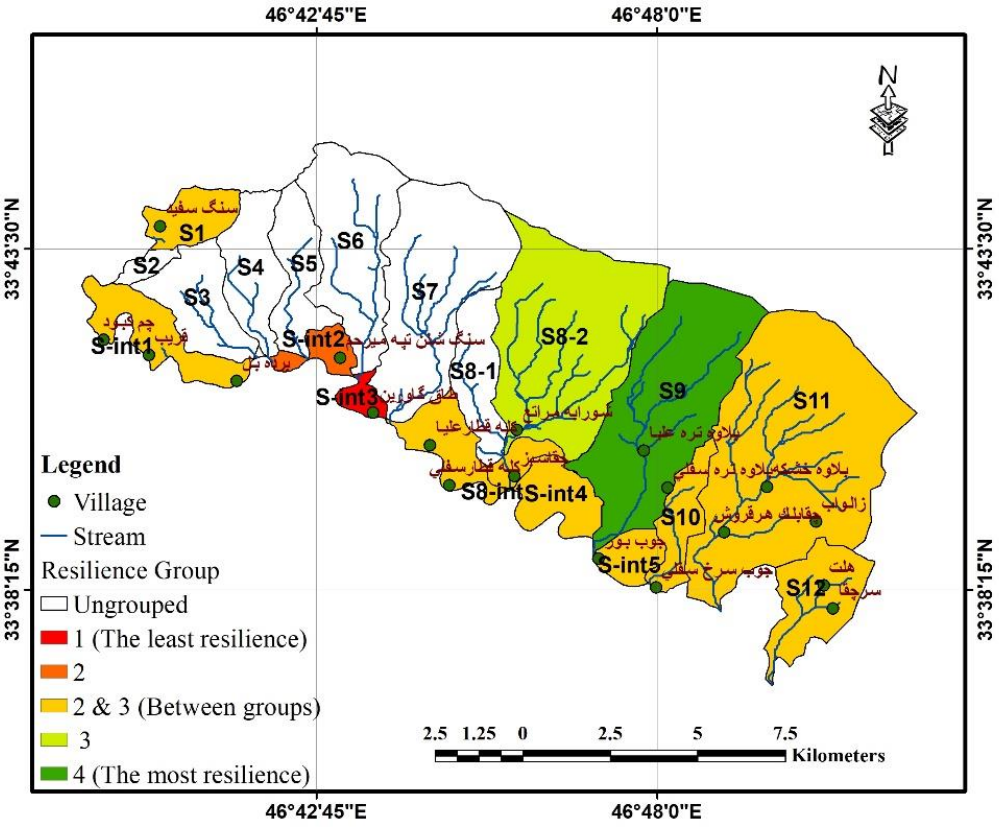
جدول ۷- گروه‌بندی تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی

Table 7- Grouping of economic resilience to floods of different hydrological and non-hydrological units based on Tukey test

واحد	تعداد	زیرمجموعه برای آلفا برابر 0.05			
		1	2	3	4
S-int3	111	11.40			
S-int2	12		17.88		
S-int5	15		19.60	19.60	
S10	16		20.20	20.20	
S1	100		20.36	20.36	
S-int1	83		20.76	20.76	
S-int4	33		21.80	21.80	
S8-int	26		22.20	22.20	
S11	81		22.60	22.60	
S12	36		22.72	22.72	
S8-2	48			25.40	
S9	102				35.13
P-value		1.000	0.330	0.091	1.000

اولویت‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه مبتنی بر مقادیر متوسط محاسباتی گروه‌ها، به‌ترتیب اهمیت زیاد تا کم به صورت S-int3، S-int2، S-int5، S10، S1، S-int1، S-int4، S8-int، S11، S12، S8-2 و S9 است (جدول ۷). همچنین، نتایج گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک منطقه مورد مطالعه در جدول ۷ ارائه شده است. مبتنی بر نتایج آزمون توکی (جدول ۷)، بالاتر بودن سطح معنی‌داری محاسبه شده برای هر یک از گروه‌های چهارگانه (۱/۰۰۰، ۰/۳۳۰، ۰/۰۹۱ و ۱/۰۰۰) از میزان ۰/۰۵، نشان می‌دهد که با اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری میان میزان تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی در برابر سیلاب واحدهای قرار گرفته در هر یک از گروه‌های چهارگانه به لحاظ آماری وجود ندارد. بر این اساس، گروه‌بندی تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی در جدول ۷ و شکل ۳ ارائه شده است.

بر این اساس، از منظر جامعه محلی، واحدهای S-int3 (امتیاز ۱۱/۴۰) و S9 (امتیاز ۳۵/۱۳) به‌ترتیب کمینه و بیشینه میزان تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب را مبتنی بر نتایج آزمون توکی به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۷ و شکل ۳). همچنین، علاوه بر واحدهای طبقه‌بندی شده در گروه‌های یک (S-int3)، دو (S-int2)، سه (S8-2) و چهار (S9)، واحدهایی در گروه بینابینی دو و سه (S-int5، S10، S1، S-int1، S-int4، S8-int، S11 و S12) طبقه‌بندی شدند (جدول ۷ و شکل ۳).



شکل ۳- گروه‌بندی تاب‌آوری اقتصادی در برابر سیلاب واحدهای مختلف هیدرولوژیک و غیرهیدرولوژیک بر اساس آزمون توکی

Figure 3- Grouping of economic resilience to floods in different hydrological and non-hydrological units based on the Tukey test

بحث

در این مطالعه تاب‌آوری در ابعاد اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در منطقه سنگ سفید بررسی گردید. طبق نتایج به دست آمده واحد S9 بیشترین میزان تاب‌آوری اجتماعی- فرهنگی را به خود اختصاص داده است؛ که البته لازم به ذکر است در این واحد شاخص‌های V2 (میزان سلامت جسمی افراد محلی) و V3 (میزان سلامت روحی – روانی افراد محلی) و V6 (سطح دانش ساکنان جامعه محلی از مقوله سیل و اقدامات لازم) بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده‌اند، و شاخص‌های V8 (میزان اعتماد افراد جامعه محلی به خدمت‌رسانی عادلانه نهادهای متولی در مواقع بحران و پس از آن) و V10 (تجربه پیشین جامعه محلی از سیل) با کمترین امتیاز در این واحد نقش داشتند.

در این راستا (تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی) Nahid و همکاران (۲۰۲۱) با تحقیقی در منطقه ۴ تهران با عنوان سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری در برابر مخاطرات سیلاب‌های شهری به این نتیجه رسیدند که شاخص آگاهی از ضوابط و معیارهای زندگی هدفمند بیشترین تاثیر را در این بعد از تاب‌آوری دارد. Sharifinia (۲۰۱۹) میزان تاب‌آوری مناطق روستایی در برابر سیلاب را در بخش چهاردانگه شهرستان ساری بررسی نمود که طبق این تحقیق بر این باور است؛ شاخص پیوند همسایگی و شاخص حس تعلق به مکان از مهمترین عوامل در تاب‌آوری اجتماعی می‌باشند. Khaledi و همکاران(۲۰۲۱) در شهر ارومیه میزان تاب‌آوری مناطق شهری را در برابر سیلاب‌های شهری مورد سنجش قرار دادند و شاخص همکاری و همگرایی در بین مردم در قبل و حین سیلاب را موثرتر دانستند. Haque و همکاران (۲۰۲۲) نیز تاب‌آوری در برابر سیل را در دشت سیلابی جامونا واقع در منطقه جمالپور بنگلادش را بررسی کردند و پس از بررسی‌های انجام شده شاخص درصد جمعیت فعال (گروه سنی ۱۵ تا ۶۴ سال) را مهمترین شاخص معرفی کردند. Shayan و همکاران (۲۰۱۷) در شهرستان زرین دشت به تحلیل تاثیرات ارتقای شاخص‌های تاب‌آوری بر پایداری سکونتگاه-های روستایی در مقابل سیلاب پرداختند که در بخش بررسی تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی در این تحقیق شاخص سلامت روحی – روانی را برتر دانستند که همسو با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

پس از بررسی تمامی واحدها، واحد S9 به عنوان تاب‌آورترین واحد در بحث تاب‌آوری اقتصادی مشخص شد. در این واحد شاخص V8 (میزان حمایت مالی از سوی نهادهای محلی و دولتی در رخداد سیل) بیشترین تاثیر را در تاب‌آوری اقتصادی داشته است, و شاخص V5 (میزان رضایت از درآمد شغل کنونی) نیز کمترین امتیاز را دارا می‌باشد. Nahid و همکاران (۲۰۲۱) در ارتباط با تاب‌آوری اقتصادی شاخص رضایت از درآمد شخصی خود را مهمترین عامل دانستند. Shayan و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی بعد اقتصادی تاب‌آوری شاخص آگاهی از کمیت و کیفیت مسکن را برتر دانستند. Khaledi و همکاران (۲۰۲۱) از بین تمامی شاخص‌های اقتصادی شاخص رضایت از آینده شغلی را مهمتر دانستند. Haque و همکاران (۲۰۲۲) نیز شاخص مالکیت خانه را مهمترین شاخص اقتصادی معرفی کردند.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه اقدام به سنجش تاب‌آوری‌های اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب زیرحوزه‌های آبخیز سنگ سفید مبتنی بر آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و گروه‌بندی پتانسیل واحدها مبتنی بر آزمون توکی (Tukey) شد. نتایج نشان‌دهنده حضور واحدهای دارای پتانسیل متفاوت تاب‌آوری‌های اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب در منطقه مورد مطالعه بود. همچنین، گروه‌بندی پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی در برابر سیلاب واحدها، نشان داد که واحدهای منطقه مورد مطالعه از منظر تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی به دو گروه دارای کمینه و

بیشینه تاب‌آوری در برابر سیلاب و سه گروه بینابینی طبقه‌بندی شدند. همچنین از منظر تاب‌آوری اقتصادی، پتانسیل تاب‌آوری واحدها در چهار طبقه تفکیکی و یک طبقه بینابینی گروه‌بندی شدند. بر این اساس، برنامه‌ریزی راهبردی برای ارتقاء پتانسیل تاب‌آوری اجتماعی – فرهنگی و اقتصادی محیط‌های روستایی، به‌خصوص با کاربست روش‌های ساختاربندی مسئله، قویاً پیشنهاد می‌شود.

همچنین، از منظر تاب‌آوری اجتماعی - فرهنگی، توجه به ارتقاء شاخص‌های مسئولیت‌پذیری و مشارکت افراد محلی، سطح تحصیلات جامعه محلی و دانش آنها از مقوله سیل و اقدامات لازم، سلامت جسمی و روحی - روانی افراد محلی، ارتباطات و شناخت ساکنان جامعه محلی از یکدیگر، اعتماد جامعه محلی به خدمت‌رسانی عادلانه نهادهای متولی در مواقع بحران و پس از آن و اعتماد جامعه محلی به سیاست‌ها و برنامه‌های مسئولان، قویاً توصیه می‌شود. همچنین، از منظر تاب‌آوری اقتصادی، توجه به ارتقاء شاخص‌های رضایت از آینده شغلی و درآمد شغل کنونی، درآمد متوسط و پس‌انداز خانوار روستایی، اطمینان از بهره‌مندی از بیمه حوادث و دریافت بیمه بیکاری، حمایت مالی از سوی نهادهای محلی و دولتی در رخداد سیل، عدم وابستگی به شغلی خاص و آسیب‌پذیری منابع درآمدی جامعه محلی قویا پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

از همکاری و مساعدت اداره منابع طبیعی استان ایلام و اداره آب منطقه‌ای استان ایلام که در فراهم‌سازی اطلاعات و تسهیل روند این پژوهش نقش به‌سزایی داشتند، سپاسگزاری می‌شود. همچنین؛ نویسندگان بر خود واجب می‌دانند تا از حمایت‌های دانشگاه ایلام و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور که با حمایت‌های خود مسیر پژوهش را آسان ساختند، تشکر و قدردانی نمایند. در پایان، از اهالی محترم منطقه سنگ سفید استان ایلام که با همراهی و همکاری خود، این پژوهش را یاری رساندند، کمال تشکر را ابراز می‌گردد.

References

Ali, S., & George, A. (2022). Modelling a community resilience index for urban flood-prone areas of Kerala, India (CRIF). *Natural Hazards*, 113, 261–286. https://doi.org/10.1007/s11069-022-05299-7

Anacio, D., Hilvano, N. F., & Nelson, G. L. (2016). Dwelling Structures in a Flood-prone Area in the Philippines: Sense of Place and its Functions for Mitigating Flood Experiences. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 108-115. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.01.005

Bastaminia, A., Rezaei, M.R., & Dastoorpoor, M. (2017). Identification and evaluation of the components and factors affecting social and economic resilience in city of Rudbar, Iran. *International journal of disaster risk reduction*, 22, 269-280. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.01.020

Bertilsson, L., Wiklund, K., de Moura Tebaldi, I., Rezende, O.M., Veról, A.P., & Miguez, M.G. (2019). Urban flood resilience – A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of Hydrology*, 573, 970-982. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.052

Beyraghi, S.S., Riahi, V., & Mostafavi Saheb, S. (2022). Analysis of physical resilience of rural settlements against floods (Case study: Bagheran Dehestan in Birjand County). *Village and Space Sustainable Development*, *3*(3), 35-57. https://doi.org/10.22077/vssd.2022.5095.1078 (In Persian)

Bradley, D., & Grainger, A. (2004). Social resilience as a controlling influence on desertification in Senegal. *Land Degradation & Development*, 15(5), 451-470. https://doi.org/10.1002/ldr.628

Bruneau, M., Chang, S.E., Eguchi, R.T., Lee, G.C., O'Rourke, T.D., Reinhorn, A.M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W.A., & Winterfeldt, D.V. (2003). A

Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733-752. https://doi.org/10.1193/1.1623497

Davis, I., & Izadkhah, Y.O. (2006). Building Resilient Urban Communities. *Open House International*, (31)1, 11-21. https://doi.org/10.1108/OHI-01-2006-B0002

Enerlan, G.P. (2023). An analysis on the economic resilience and vulnerability of local economies in the Philippines to hydrometeorological disaster. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 84, 103447. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103447

Eskandari damaneh, H., Barkhori, S., Azhdari, Z., Navaki, A., Damaneh, H.E., & Khosravi, H. (2023). Monitoring the spatial and temporal changes of floods and water bodies using indicators extracted from the Landsat satellite (Case study: Southwest Iran). *Integrated Watershed Management*, 3(3), 49-62. https://doi.org/10.22034/IWM.2023.2007585.1094 (In Persian)

Farvardin, M., Adeli, Z., & Bababkhani, M. (2026). Meta-analysis of studies on resilience to flood risk in Iran and the world. *Natural Environmental Hazards*. https://doi.org/10.22111/JNEH.2025.50593.2092 (In Persian)

George D, Mallery P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*, 11.0 update (4th ed.), Allyn and Bacon, Boston.

Ghasemzadeh, B., Zarabadi, Z. S. S., Majedi, H., Behzadfar, M., & Sharifi, A. (2021). A Framework for Urban Flood Resilience Assessment with Emphasis on Social, Economic and Institutional Dimensions: A Qualitative Study. *Sustainability*, 13(14), 7852. https://doi.org/10.3390/su13147852

Haque, M.M., Islam, S., Sikder, M.B., & Islam, M.S. (2022). Community flood resilience assessment in Jamuna floodplain: A case study in Jamalpur District Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72, p.102861. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102861

Ilam Meteorological Administration. (2024). Longterm data of synoptic stations of Ilam Province.

Jacinto, R., Sebastião, F., Reis, E., & Ferrão, J. (2023). SoResilere—A Social Resilience Index Applied to Portuguese Flood Disaster-Affected Municipalities. *Sustainability*, 15(4), 3309. https://doi.org/10.3390/su15043309

Kazemi, A., Rezaei Moghaddam, M.H., Nikjoo, M.R., Hejazi, M.A., & Khezri, S. (2016). Zoning and Management of the hazards of Floodwater in the Siminehrood River Using the HEC–RAS Hydraulic Model. *Environmental Management Hazards*, *3*(4), 379-393. https://doi.org/10.22059/jhsci.2016.62373 (In Persian)

Khaledi, S., Ghahroudi Tali, M., & Farahmand, G. (2021). Measuring and Evaluating the Resilience of Urban Areas Against Urban Flooding (Case Study: Urmia City). *Sustainable Development of Geographical Environment*, *2*(3), 169-182. https://doi.org/10.52547/sdge.2.3.169 (In Persian)

Khourshidi, S., Rostami, N., & Salehpourjam, A. (2021). Prioritizing flood producing potential in ungauged watersheds using the AHP-VIKOR method (Case study: Haji-Bakhtiar Watershed, Ilam). *Environmental Erosion Research Journal*, 11(2), 66-92. (In Persian)

Klein, R.J., Nicholls, R.J., & Thomalla, F. (2003). Resilience to natural hazards: How useful is this concept? . *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*, *5*, 35-45. https://doi.org/10.1016/j.hazards.2004.02.001

Kotzee, I. & Reyers, B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological indicators*, 60, 45-53. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018

Lwin, K.K., Pal, I., Shrestha, S., & Warnitchai, P. (2020). Assessing social resilience of flood-vulnerable communities in Ayeyarwady Delta, Myanmar. *International journal of disaster risk reduction*, 51, 101745. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101745

Mansourfar, K. (2006). *Advanced Statistical Methods with Computer Programs*, Tehran University Press, Tehran.

Mesbah, A., Karamidehkordi, E., Tohidloo, S., Salehpour Jam, A., & Saadi, T. (2024). A review of resilience in the studies of

natural hazards in Iran. *Watershed Engineering and Management*, 16(3), 354-377. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2023.362235.2019 (In Persian)

Mishra, N., & Mohapatra, S. (2020). Identification and construction of flood disaster resilience index to measure socio-economic flood resilience in Eastern Uttar Pradesh: a inter-district analysis. *A Inter-District Analysis*, 6(11&12), 2385-2390. http://doi.org/10.36537/IJASS/6.11&12/2385-2390

Moghadas, M., Asadzadeh, A., Vafeidis, A.T., Fekete, A., & Kötter, T. (2019). A multi-criteria approach for assessing urban flood resilience in Tehran, Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 101069. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101069

Motsholapheko, M. R., Kgathi, D. L., & Vanderpost, C. (2012). Rural livelihood diversification: A household adaptive strategy against flood variability in the Okavango Delta, Botswana. *Agrekon*, 51(4), 41–62. https://doi.org/10.1080/03031853.2012.741204

Nahid, M., zandmoghadam, M., & Karkehabadi, Z. (202۲). Measuring and Evaluating the Resilience of Urban Areas against Urban Flooding (Case Study: District 4 of Tehran). *Journal of Range and Watershed Managment*, 74(1), 189-205. https://doi.org/10.22059/jrwm.2021.323575.1589 (In Persian)

Norris, F.H., Stevens, S.P., Pfefferbaum, B. *et al*. (2008). Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities, and Strategy for Disaster Readiness. *Am J Community Psychology*, 41, 127–150. https://doi.org/10.1007/s10464-007-9156-6.

Qasim, S., Qasim, M.A., Shrestha, R.P., Khan, A.N., Tun, K.K., & Ashraf, M.S. (2016). Community resilience to flood hazards in Khyber Pukhthunkhwa province of Pakistan. *International journal of disaster risk reduction*, *18*, 100-106. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.03.009

Rafie, M., & Nooraie, H. (2024). Evaluating the resilience of Isfahan metropolis against drought. *Geographical Research on Desert Areas*, 11(2), 197-215. https://doi.org/10.22034/GRD.2024.21467.1611 (In Persian)

Savari, M., Damaneh, H. E., & Damaneh, H. E. (2023). Effective factors to increase rural households' resilience under drought conditions in Iran. *Disaster Risk Reduction*, 90, 103644. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.103644

Sharifinia, Z. (2019). Assessing the Social Resilience of Rural Areas against Flooding using FANP and WASPAS Models (Case Study: Chardange District of Sari County). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *8*(2), 1-26. https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.78724 (In Persian)

Shayan, M., Paydar, A., & Bazvand, S. (2017). Impact Analysis of Upgrading the Indicators of Resilience over Sustainability of Rural Settlements against Floods (Item: rural areas of Zarrindasht county). *Environmental Management Hazards*, *4*(2), 103-121. https://doi.org/10.22059/jhsci.2017.241742.277 (In Persian)

Tarh Abriz Consulting Engineers Co (2017) *Basic studies of Sang Sefid watershed*, Iran.

Wang, L., Cui, S., Li, Y., Huang, H., Manandhar, B., Nitivattananon, V., ... & Huang, W. (2022). A review of the flood management: from flood control to flood resilience. *Heliyon*, 8(11), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11763

Yao, Y., Fu, B., Liu, Y., Li, Y., Wang, S., Zhan, T., ... & Gao, D. (2022). Evaluation of ecosystem resilience to drought based on drought intensity and recovery time. *Agricultural and Forest Meteorology*, 314, 108809. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108809

Zhang, H., Yang, J., Li, L., Shen, D., Wei, G., Khan, H.U., & Dong, S. (2021). Measuring the resilience to floods: A comparative analysis of key flood control cities in China. *International journal of disaster risk reduction*, 59, 102248. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102248

Content

Identifying and prioritizing strategies for managing the Tanghebostanak watershed in Fars Province using the SWOT-QSPM model

Seyed Masoud Soleimanpour, Jamal Mosaffaie, Amin Salehpour Jam

1-17

Social capital in rangeland governance: Network analysis of key actors and social relations (Case study: Tafresh county, Iran)

Leila Shariatiniya, Mehdi Ghorbani, Hosein Azarnivand, Majid Rahimi

18-37

Evaluation of the efficiency of the SWAT+ model in mountainous watersheds in arid and semi-arid regions (Case study: Meymeh watershed, Ilam)

Reza Shirkhani, Mohsen Tavakoli, Ali Akbar Akhtari, Haidar Ebrahimi

38-53

Spatial modeling of soil moisture using OLS and GWR regression models (Case study: Halilrud Watershed)

Shapour Kohestani, Fahimeh Mirchooli, Elham Rafiei Sardooi

54-67

Analyzing the governance structure of the water-energy-food nexus on Qeshm Island: A social network analysis approach

Parastou Rajabpour Nikou, Mehdi Ghorbani, Sharareh Pourebrahim, Alireza Gharagozlou

68-91

Identification and analysis of natural resources governance system (Case study: Khash County)

Nasrodin Shahnavazi, Fatemeh Narmashiri, MohammadReza Rigi

92-110

Effects of contour furrow on vegetation restoration in critical centers of wind erosion in arid regions (case study, west of Hamoon Lake)

Moien Jahantigh, Mansour Jahantigh, Hamidreza Peyrowan

111-127

Measuring the social, cultural and economic resilience of rural environments at risk from flooding (Case study: Sang Sefid Ilam)

Shokoufeh Abdali, Noredin Rostami, Amin Salehpour Jam

128-142

Integrated Watershed Management

Vol: 5, No: 4. Winter 2026

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. Mehdi Heydari (Professor, Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, 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. 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. Reza Omidipour**
Cover and Page Designer **Dr. Reza Omidipour**

Ilam University

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: 5, No: 3. Winter 2026

Online ISSN: 2783-4581

Identifying and prioritizing strategies for managing the Tanghebostanak watershed in Fars Province using the SWOT-QSPM model 1-17

Seyed Masoud Soleimanpour, Jamal Mosaffaie, Amin Salehpour Jam

Social capital in rangeland governance: Network analysis of key actors and social relations (Case study: Tafresh county, Iran) 18-37

Leila Shariatiniya, Mehdi Ghorbani, Hosein Azarnivand, Majid Rahimi

Evaluation of the efficiency of the SWAT+ model in mountainous watersheds in arid and semi-arid regions (Case study: Meymeh watershed, Ilam) 38-53

Reza Shirkhani, Mohsen Tavakoli, Ali Akbar Akhtari, Haidar Ebrahimi

Spatial modeling of soil moisture using OLS and GWR regression models (Case study: Halilrud Watershed) 54-67

Shapour Kohestani, Fahimeh Mirchooli, Elham Rafiei Sardooi

Analyzing the governance structure of the water-energy-food nexus on Qeshm Island: A social network analysis approach 68-91

Parastou Rajabpour Nikou, Mehdi Ghorbani, Sharareh Pourebrahim, Alireza Gharagozlou

Identification and analysis of natural resources governance system (Case study: Khash County) 92-110

Nasrodin Shahnavazi, Fatemeh Narmashiri, Mohammad Reza Rigi

Effects of contour furrow on vegetation restoration in critical centers of wind erosion in arid regions (case study, west of Hamoon Lake) 11-127

Moien Jahantigh, Mansour Jahantigh, Hamidreza Peyrowan

Measuring the social, cultural and economic resilience of rural environments at risk from flooding (Case study: Sang Sefid Ilam) 128-142

Shokoufeh Abdali, Noredin Rostami, Amin Salehpour Jam