DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.20402.1951

پهنه‌بندی سلامت حوزه آبخیز فورگ خراسان جنوبی با رویکرد مدل مفهومی PSR (مقالهٔ پژوهشی)

۱- سلمان ابراهیمی، دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۲- جواد چزگی*، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
chezgi@birjand.ac.ir
۳- سیدمحمد تاجبخش‌فخرآبادی، دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
۴- مسلم رستم‌پور، استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۰
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

چکیده

امروزه حوزه‌های آبخیز سالم از نقش مهم و تأثیرگذاری بر زندگی جوامع انسانی و غیرانسانی برخوردار هستند و با بهبود شرایط حوزه‌های آبخیز، علاوه بر جلوگیری از هدررفت منابع آب و خاک، زندگی جوامع وابسته نیز ارتقاء پیدا می‌کند. برای بهبود شرایط ابتدا باید منابع موجود ارزیابی شوند. بنابراین، انتخاب روشی مناسب و کمّی‌نمودن میزان سلامت حوزه‌آبخیز، راه حلی مناسب می‌باشد. بر این اساس، در این پژوهش، سلامت حوزه آبخیز فورگ شهرستان درمیان با رویکرد مدل مفهومی فشار، وضعیت و پاسخ (PSR) مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا مشکلات حوزه آبخیز فورگ بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای و بازدید، تعیین، و سپس متغیرهای مختلف مؤثر بر سلامت آبخیز تعیین و کمّی‌سازی شد. قبل از اجرای مدل مفهومی فشار، وضعیت و پاسخ، برای کاهش خطا با استفاده از آزمون VIF، متغیرهای دارای همبستگی حذف شد. در آخر، با توجه به متغیر باقی‌مانده شاخص‌های فشار، وضعیت، پاسخ و سلامت حوزه آبخیز فورگ تعیین شد. نتایج ارزیابی سلامت آبخیز حوزه فورگ نشان داد شاخص‌های فشار و وضعیت، به‌ترتیب، با مقادیر متوسط ۰/۶۱، ۰/۶۷ در طبقه نسبتاً سالم و شاخص پاسخ با ارزش ۰/۴۳ در طبقه متوسط قرار گرفته‌اند. برهمکنش فشارها و وضعیت‌های رخ داده سبب شده تا اراضی کشاورزی رهاشده به دلایل مهاجرت از منطقه و کاهش دبی و تعداد منابع آبی افزایش یابد و باعث ایجاد بیش‌ترین تغییرات سلامت آبخیز شوند، به طوری که زیرحوضهٔ شماره ۲۲ در شاخص پاسخ در طبقه ناسالم قرار گرفت. شاخص کل سلامت با مقدار ۰/۵۷ در طبقه متوسط سلامت قرار گرفته است. با وجود قرار گرفتن در شرایط متوسط سلامت باید یادآور بود که بر اساس شرایط اقلیمی و کمبود منابع آب این طبقه بسیار شکننده است. برای حفظ وضعیت موجود و همچنین افزایش میزان سلامت و عملکرد آن بر اساس متغیرهای تأثیرگذار در هر زیر حوزه آبخیز باید اقدامات مدیریتی و اجرایی مناسب صورت پذیرد.

واژگان کلیدی: مدیریت جامع حوزه آبخیز، توسعه پایدار، آزمون VIF، شهرستان درمیان.

مقدّمه

امروزه استفاده بیش از حد از اراضی و منابع طبیعی در راستای تأمین نیازهای روزافزون انسانی و همچنین تشدید صنعتی‌شدن جوامع شهری بیش از پیش فشار بر منابع آب و خاک را افزایش داده است [۵ و ۲۹]. به عبارت دیگر، فعالیت‌های غیراصولی انسانی، کاهش سرانه آب در دسترس، تخریب اراضی، از بین رفتن پوشش گیاهی، فرسایش خاک، افزایش شهرنشینی، گسترش سطوح غیرقابل نفوذ و جنگل‌زدایی بیش از گذشته، عملکرد و سلامت حوزه‌های آبخیز را تحت تأثیر قرار داده و علمکرد آبخیزها را با مشکل مواجه ساخته است [۱۴ و ۷].

مدیریت نادرست منابع آب و سرزمین، امنیت آبی و غذایی کشور که از اصلی‌ترین اهداف کلان ملّی محسوب می‌شود را در معرض تهدید قرار داده است [۱۱ و ۱۸]. این امر سبب شده است تا عملکرد حوزه‌های آبخیز نسبت

به گذشته با مشکل مواجه شود و حفاظت از منابع آب، حفاظت از زیستگاه‌های گیاهی و جانوری و کنترل فرسایش و رسوب به درستی صورت نپذیرد [۲ و ۱۵]. افزایش بی‌رویه جمعیت، تخریب محیط‌زیست و استفاده بیش از حد از منابع طبیعی، ضرورت مطالعه در مورد توسعه پایدار را در کشور نشان می‌دهد [۳]. از این رو، ارزیابی عملکرد حوزه‌های آبخیز با هدف تعیین میزان سلامت و عوامل مؤثر بر عملکرد آن‌ها ضرورت پیدا کرده است [۱۰ و ۲۲]. بنابراین، امروزه بازنگری و اصلاح نظام فکری و مدیریتی منابع آب کشور و ایجاد یک نظام جامع ارزیابی و مدیریت آبخیز بر اساس اصول توسعه پایدار، بسیار ضرورت دارد. پایش حوزه‌های آبخیز و تعیین وضعیت سلامت آن‌ها در امر برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری به منظور مدیریت سازگار اجتناب‌ناپذیر است. در این بین عدم‌توجه به مسائل حوزهٔ آبخیز علت شکست طرح‌های اقتصادی می‌باشد [۱۷].

روش‌های متعددی برای ارزیابی سلامت حوزه‌های آبخیز[1] مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از این رویکردها استفاده از رویکرد شاخص‌محور و مفهومی فشار، وضعیت و پاسخ[2](PSR) است [۲۶]. در این رویکرد، متغیرهای مختلف اثرگذار بر سلامت و عملکرد حوزه‌های آبخیز در چارچوب شاخص‌های فشار، وضعیت و پاسخ تعیین می‌شوند [۱۳].

مطالعات مختلفی استفاده از این رویکرد در پهنه‌بندی سلامت حوزه‌های آبخیز را مورد استفاده قرار داده‌اند. به‌طور نمونه ارزیابی سلامت تالاب رودخانه زرد چین با رویکرد PSR بیان‌کنندهٔ ناسالم‌بودن تالاب است [۳۰].

در مطالعه‌ای با استفاده از رویکرد مفهومی PSR در حوزه‌آبخیز شازند استان مرکزی در طی چهار سال ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ نشان دادند وضعیت آبخیز شازند نسبتاً ناسالم است [۱۳]. در پژوهشی دیگر در حوزه آبخیز قطورچای استان آذربایجان غربی، وضعیت سلامت در زیرآبخیزهای مختلف این حوزه آبخیز را متوسط برآورد نمودند [۲۱].

نتایج استفاده از رویکرد مفهومی PSR و تحلیل SWOT در حوزه‌آبخیز میخ‌ساز مازندران، نشان‌دهنده آن است که تلفیق این دو روش می‌تواند در ارزیابی سلامت حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار گیرد [۹]. نتایج پژوهشی در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی بارویکرد مفهومی PSR نیز حاکی از آن است که سلامت در زیرآبخیزهای مختلف در پنج طبقه سالم، نسبتاً سالم، متوسط، نسبتاً ناسالم و ناسالم طبقه‌بندی شدند. از نظر کلی، آبخیز دارای وضعیت متوسط ازلحاظ سلامت بوده است [۱۴]. مطالعه دیگری در حوزه آبخیز دروازه قرآن شیراز نیز بیان‌کننده آن است که وضعیت سلامت در این حوزه آبخیز متوسط است [۲۵].

در پژوهشی به بررسی سلامت حوزه آبخیز تالار با استفاده از چارچوب ارزیابی سلامت آبخیز (WHAF) در محیط GIS پرداختند. نتایج حاکی از آن است که زیرآبخیز شماره ۳۴ با امتیاز ۷۱/۶۶، حداکثر امتیاز سلامت و زیرآبخیز شماره ۲۶ با امتیاز ۴۰/۷۹، حداقل امتیاز سلامت را به‌خود اختصاص داد. همچنین نتایج بررسی وضعیت سلامتِ زیرآبخیزها نیز نشان داد، تعداد ۲۴ زیرحوضه در حد متوسط و تعداد ۱۳ زیرحوضه دارای سلامت زیاد هستند [۲۸].

در پژوهشی وضعیت سلامت ۳۰ حوضه آبخیز بزرگ درجه دوم ایران با رویکرد واکنش - حالت و فشار (PSR) مورد ارزیابی قرار گیرد. در این راستا، ۴۴ متغیر مسئله‌محور، تأثیرگذار و در عین حال قابل دسترس با مقیاس‌های سازگار در سطح ملی، عمدتاً در بخش‌های اقلیمی، هیدرولوژیکی، انسان‌زایی و طبیعی تعیین شدند. سپس متغیرهای مستقل و بدون هم خطی با استفاده از آزمون عامل تورم واریانس (VIF) نهایی شدند. در نهایت، شاخص‌های P ، S و R با استفاده از میانگین حسابی ۲۵ متغیر نرمال‌شده محاسبه شدند که بر اساس آن شاخص‌های سلامت و امنیت مبتنی بر PSR نیز در سطح کشور ترسیم شدند. نتایج نشان داد که شاخص‌های P، S و R به ترتیب از ۰/۴۹ تا ۰/۶۹، ۰/۴۲ تا ۰/۸۲ و ۰/۴۰ تا ۰/۹۴ متغیر است. شاخص‌های سلامت و امنیت به ترتیب از ۰/۴۶ تا ۰/۶۹ و ۰/۳۰ تا ۰/۸۹ متغیر بود. میانگین وزنی P، S و R به ترتیب ۰/۵۹، ۰/۶۲ و ۰/۶۷ بود که به طور

[1]. Watershed Health
[2]. Pressure-State-Response

کامل آنها را در کلاس متوسط قرار می دهد. شاخص‌های سلامت و امنیت وزنی نیز ۰/۵۸ و ۰/۵۹ بود که نشان‌دهنده طبقه متوسط است [۲۴].

نتایج مطالعات و بررسی‌های مختلف نشان‌دهنده آن است که امروزه تخریب حوزه‌های آبخیز و تغییر در رفتار آن‌ها سبب شده است تا اولویت‌بندی بر اساس رویکردهای جدید و تعیین متغیرهای اثرگذار بر شرایط فعلی بیش از گذشته مورد استقبال مدیران و برنامه‌ریزان حوزه مطالعاتی و اجرایی منابع طبیعی کشور قرار گیرد. از این رو، هدف تحقیق، ارزیابی سلامت حوزه آبخیز فورگ واقع در شهرستان درمیان استان خراسان جنوبی است.

این حوضه در ۱۵ کیلومتری جنوب غرب شهر اسدیه و ۱۱۳ کیلومتری بیرجند قرار دارد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این حوزه بالغ بر ۲۳۸۶ نفر گزارش شده است که نسبت به سال‌های گذشته به دلیل مشکلات زیستی حاکم بر منطقه از قبیل خشکسالی‌های مداوم و شرایط نامناسب از نظر کشاورزی، امکانات تحصیلی، معیشتی و اقتصادی روند نزولی داشته است. همچنین با توجه به گسترش راه‌های دسترسی، امکانات حمل‌ونقل و جابه‌جایی افراد، آب، گاز و برق و تلفن تغییری در کاهش مهاجرت نداشته است.

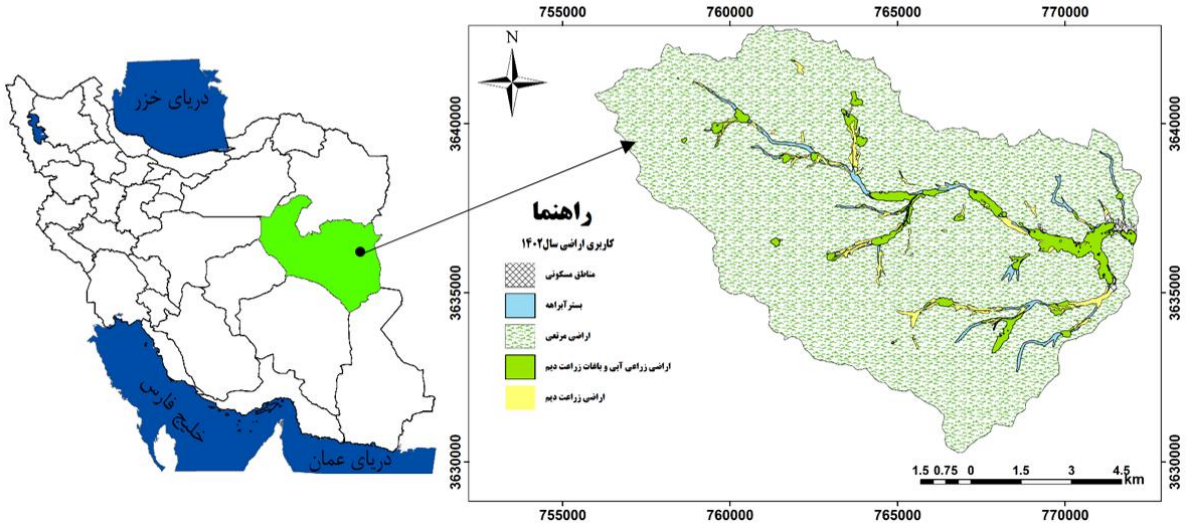
در این پژوهش سعی شده است پراکنش مکانی سلامت حوزه آبخیز فورگ شهرستان درمیان در استان خراسان جنوبی با رویکرد مفهومی PSR مورد ارزیابی قرار گیرد. ابتدا مشکلات و محدودیت‌ها منطقه متغیرهای تعیین شد. سپس شاخص‌های سلامت آبخیز شامل فشار، وضعیت و پاسخ تعیین و پس از نرمال‌سازی، اقدام به طبقه‌بندی سلامت در زیرآبخیزهای مختلف شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز فورگِ شهرستان درمیان با مساحت ۱۱۱۳۷ هکتار در محدوده تقسیمات سیاسی استان خراسان جنوبی در فاصله حدود ۱۱۳ کیلومتری شهر بیرجند قرار دارد. محدوده مطالعاتی، بخشی از حوزه آبریز نمکزار خواف در بخش درمیان، واقع شده است.

حوزه آبخیز فورگ دارای آبادی‌های مهم از جمله درمیان، دادران، دوشینگان، سنگی‌دره، محمدآباد علیا، درسری،کلاته رجنعی، کلاته چهار خستی، کلاته خونیک و کلاته میرزاست. به لحاظ اقلیمی نیز متوسط بارندگی و دمای این حوزه آبخیز ۱۸۰ میلیمتر و ۱۰/۵ درجه سانتیگراد ثبت شده است. تغییرات ارتفاعی حوزه آبخیز فورگ نیز بین ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰ متر است. شکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- کاربری/ پوشش اراضی و موقعیت حوزه‌آبخیز فورگ در استان خراسان جنوبی و ایران

روش کار

در این پژوهش از مراحل زیر جهت انتخاب متغیرها استفاده شده است:

۱) انتخاب شاخص‌های مرتبط در زمینه سلامت حوزه‌آبخیز براساس مطالعات و پژوهش‌های پیشین در این حوزه؛

۲) انتخاب شاخص‌ها بر اساس شرایط منطقه و اطلاعات در دسترس؛

۳) تحلیل و انتخاب شاخص‌های مؤثر در زمینه ارزیابی سلامت حوزه آبخیز فورگ؛

۴) تحلیل و بهینه‌سازی مقادیر شاخص‌ها بر اساس الگوهای بهینه‌سازی.

اطلاعات متغیرها از طریق مراجعه به دستگاه‌های اجرائی شهرستان درمیان تهیه شد (جدول ۱).

جدول ۱- متغیرهای انتخاب شده

ردیف	دستگاه اجرائی	متغیرهای دارای روند
۱	اداره آموزش و پرورش	تعداد دانش آموز/ تعداد مدارس/ تعداد معلم/ تعداد با سوادان بالای دیپلم/ تعداد فعالیت فرهنگی/ تعداد برنامه‌های محیط‌زیستی و منابع طبیعی / تعداد همیاران طبیعت و آب/ اردوهای طبیعت‌گردی
۲	اداره آب و فاضلاب شهری	خطوط لوله دفع فاضلاب/ تعداد انشعابات آب شهری/ حجم آب تحویلی به مشترکان/ حجم آب تحویلی از سد
۳	اداره آب و فاضلاب روستایی	تعداد مشترکین/ حجم آب تحویلی
۴	فرمانداری	اولویت‌های توسعه آموزشی، اقتصادی، فرهنکی و ورزشی
۵	اداره برق	تعداد مشترکین/ مقدار برق مصرفی
۶	اداره بهزیستی	افراد تحت پوشش/ تعداد برنامه‌های اشتغال‌زایی مددجویان
۷	کلانتری مرکزی	تعداد مجرمان تعداد جرم/ تعداد پرونده جرائم تصرف منابع ملی/ تعداد منازعات
۸	اداره جهاد کشاورزی	تعداد برنامه ترویجی/ سطح زیرکشت/ مقادیر نیاز آبی/ تعداد مکانیزاسیون میزان تولید محصولات / تعداد دام و طیور و آبزیان/ سطح باغات /سطح نباتات
۹	اداره دامپزشکی	تعداد دام زنده/ تعداد دام روزانه در کشتارگاه/ تعداد واکسیناسیون دامی/ داروخانه دامپزشکی/ تعداد قرنطینه/ تعداد بیماری دامی
۱۰	دادگاه شهرستان	تعداد پرونده قضائی
۱۱	اداره راه و شهرسازی	میزان توسعه راه شهری/ میزان افزایش سطح شهرسازی/ تعداد مسکن/ میزان توسعه راه روستایی
۱۲	اداره ثبت احوال	نرخ تولد/ نرخ مرگ
۱۳	مرکز مخابرات	تعداد مشترکین
۱۴	راهنمایی و رانندگی	تعداد تخلف/ متوسط عبور وسایل نقلیه / تعداد وسایل نقلیه عمومی مستهلک شده/ تعداد خودرو
۱۵	اداره محیط‌زیست	فاضلاب و پساب / کیفیت آب/ تعداد گونه‌های شاخص جانوری/ صید و شکار/ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی/ پارامترهای میکروبی / پسماند شهری/ نیروی انسانی
۱۶	اداره منابع طبیعی	سطح مرتع/ وضعیت حفاظت اراضی/ استعدادیابی/ تعداد معدن/ آبخیز/ ممیزی/ سطح جنگل/ ترویج

۱۷	شبکه بهداشت و درمان	تعداد مراجعه به مراکز/ تعداد واکسیناسیون / نرخ تولد و مرگ/ تعداد افرادی که به آب سالم دسترسی دارند/ تعداد پزشک/ تعداد مراکز درمانی/ تعداد افراد بالای ۶۵ سال
۱۸	اداره هواشناسی	بارش/ دما/ تبخیر/ تعرق/ باد /رطوبت خاک/ رطوبت سطحی/ سمت باد
۱۹	تعاونی روستایی شهرستان	تعداد افراد عضو/ تعداد تحویل نهاده زراعی
۲۰	تأمین اجتماعی	تعداد افراد بیمه شده/ تعداد افراد بازنشسته/ تعداد افراد از کار افتاده
۲۱	شورای اسلامی بخش	تعداد تصویب برنامه توسعه‌ای
۲۲	اداره فرهنگ و ارشاد اسلامی	تعداد مخاطبان/ تعداد برنامه/ تعداد سالن/ موسسات فرهنگی موجود/ تعداد نمایشگاه/ تعداد مجوز کتاب تعداد مطبوعات به چاپ رسیده/ تعداد برنامه‌های اوقات فراغت
۲۳	اداره اقتصاد و دارایی	تعداد افراد مالیات دهنده/ میزان مالیات پرداختی/ تعداد بیمه واحدهای تجاری
۲۴	شهرداری	تعداد مسکن/ میزان راه شهری/ حجم عملیات خاکی/ تعریض جاده/ حجم زباله/ احداث پارک محله‌ای لوله‌گذاری و جدول/ زباله‌سوزی و دفن
۲۵	دانشگاه شهرستان	تعداد دانشجو/ تعداد استاد/ تعداد رشته درسی/ اختراع/ مقاله/ کتاب/ طرح پژوهشی

محاسبه متغیرهای مورد استفاده و تعیین همبستگی آن‌ها

به خاطر بالابودن متغیرها، همبستگی بالای بسیاری از متغیرها و تأثیر ناچیز بعضی از متغیرها نیاز به حذف برخی از آنها بود، که با روش‌های مختلف، اقدام به محاسبه متغیرها در زیرآبخیزهای مختلف شد. متغیرهای مورد استفاده و روش‌های محاسبه آن در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به وجود همبستگی در بین متغیرهای انتخابی و بروز خطا در محاسبات، با استفاده از آزمون VIF[1] در محیط نرم‌افزار SPSS 23، متغیرهای وابسته به هم شناسایی و از محاسبات حذف شد. به عبارتی دیگر محاسبه شاخص‌های فشار، وضعیت و پاسخ بر اساس متغیرهایی بدون همبستگی درونی انجام پذیرفت.

نرمال‌سازی متغیرهای شاخص فشار-وضعیت-پاسخ

پس از تعیین متغیرهای غیرهمبسته در شاخص‌های فشار-وضعیت-پاسخ، اقدام به نرمال‌سازی متغیرها شد. به عبارتی دیگر، متغیرها در شرایط فعلی به‌دلیل غیرقابل‌مقایسه‌بودن نمی‌توانند به‌درستی مورد استفاده قرارگیرند، بنابراین، با توجه به اثر مثبت یا منفی در سلامت حوزه آبخیز با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ بین صفر تا یک نرمال شدند.

در رابطه‌های مذکور، X_s، X_i، X_{min} و X_{max} به‌ترتیب بیان‌گر مقدارهای نرمال‌شده، واقعی، حداقل و حداکثر معیار موردنظر است.

$$X_s = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (۱)$$

$$X_s = \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} \quad (۲)$$

طبقه‌بندی وضعیت سلامت حوزه‌آبخیز فورگ

پس از محاسبه شاخص‌های فشار-وضعیت-پاسخ، مقدار شاخص سلامت در زیرآبخیزهای حوزه‌آبخیز فورگ بر اساس رابطه ۳ تعیین شد. برای مقایسه بهتر نتایج و ارائه پهنه‌بندی مناسب، شاخص سلامت به ۵ طبقه سالم، نسبتاً سالم، متوسط، نسبتاً ناسالم و ناسالم تقسیم‌بندی شد.

[1]. Variance Inflation Factor

در رابطه (۳)، $\prod_{n=1}^{k} X_n$ و k به‌ترتیب برابر با حاصل‌ضرب شاخص‌ها و تعداد شاخص‌هاست [۴ و ۵].

$$\text{میانگین هندسی} = [\prod_{n=1}^{k} X_n]^{\frac{1}{k}} \quad (۳)$$

جدول ۲- متغیرهای مورد استفاده و روش محاسبه آن‌ها در حوزه‌آبخیز فورگ

متغیر	منبع	متغیر	منبع
اختلاف درجه حرارت (درجه)	سازمان هواشناسی	حجم عملیات مکانیکی(مترمکعب)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری
متوسط بارش سالانه (میلیمتر)	سازمان هواشناسی	طول جاده(کیلومتر)	سازمان راه و شهرسازی
حداکثر بارش ۲۴ ساعته(میلیمتر)	سازمان هواشناسی	ضریب شکل روش میلر	[۱۱]
تبخیر و تعرق(میلیمتر)	سازمان هواشناسی	شیب متوسط(درصد)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری
مساحت مناطق مسکونی(هکتار)	نقشه کاربری اراضی	مساحت اراضی حساس به فرسایش(هکتار)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری
مساحت اراضی دیم(هکتار)	نقشه کاربری اراضی	شیب ناخالص آبراهه (درصد)	[۱۱]
مساحت زراعت آبی(هکتار)	نقشه کاربری اراضی	زمان تمرکز روش کرپیچ (ساعت)	[۱۱]
جمعیت(نفر)	سایت آمار	تعداد اتقطاع رودخانه	[۱۴]
نسبت تبخیر و تعرق به بارش(درصد)	سازمان هواشناسی	نسبت مساحت اراضی حساس به فرسایش به سطح آبخیز(درصد)	نقشه کاربری اراضی
نسبت مناطق مسکونی به سطح آبخیز(درصد)	نقشه کاربری اراضی	NDVI	[۱۴]
نسبت اراضی آبی به دیم(درصد)	نقشه کاربری اراضی	CN	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری
تراکم جمعیت(نفر به کیلومترمربع)	[۷]	تراکم آبراهه(کیلومتربه کیلومتر مربع)	[۱۱]
تراکم جاده (کیلومتربه کیلومتر مربع)	[۱۳]	ضریب انشعاب	[۱۱]
نسبت اراضی دیم به سطح آبخیز(درصد)	نقشه کاربری اراضی	تعداد منابع آبی	سازمان آب منطقه‌ای
مهاجرت (نفر)	سایت آمار	ارتفاع رواناب(میلیمتر)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری
سطح عملیات بیولوژیک(هکتار)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری	حجم رواناب(مترمکعب)	مطالعات منابع طبیعی و آبخیزداری

نتایج و بحث

تعیین همبستگی بین‌متغیرها

برای تعیین مستقل‌بودن داده‌ها از یکدیگر از آزمون VIF استفاده شد (جدول‌های ۲ تا ۴). بر این اساس، متغیرهای با مقدار VIF بیش‌تر از ۱۰، به‌دلیل همبستگی زیاد از محاسبات شاخص‌های سلامت حذف شد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود متغیرهای متوسط بارش سالانه، حداکثر بارش ۲۴ ساعته، تبخیر و تعرق، مساحت مناطق مسکونی، جمعیت و زمان تمرکز از شاخص فشار حذف شد. در شاخص وضعیت نیز نسبت مناطق مسکونی به سطح آبخیز و تراکم جمعیت با مقدار VIF بیش‌تر از ۱۰ حذف شدند [۲۴].

جدول ۲- مقادیر ضریب VIF و ضریب رگرسیون استانداردشده هر متغیر در شاخص فشار

متغیر	VIF	B	متغیر	VIF	B
اختلاف درجه حرارت	۱/۹۷	۰/۰۰۳	طول جاده	۲/۷۱	-۰/۰۱۴
متوسط بارش سالانه	۴۳۴۷	۰/۰۱۲	ضریب شکل	۱/۸۳	۰/۰۰۱
حداکثر بارش ۲۴ ساعته	۲۰۷۳	۰/۰۸	شیب متوسط	۳/۶۹	۰/۰۰۵
تبخیر و تعرق	۲۲۰۸	۰/۰۹۴	مساحت اراضی حساس به فرسایش	۵/۲۴	۰/۹۸۳
مساحت مناطق مسکونی	۸۰/۹۴	۰/۰۳۲	شیب ناخالص آبراهه (درصد)	۹/۴۵	-۰/۰۱۲
مساحت اراضی دیم	۲/۳۶	۰/۰۴۵	زمان تمرکز	۱۱/۰۱	-۰/۰۰۷
مساحت زراعت آبی	۲/۵۷	۰/۰۸۲	تعداد اتقطاع رودخانه	۱/۹۱	-۰/۰۰۴
جمعیت	۹۲/۱۱	-۰/۰۰۴	-	-	-

جدول ۳- مقادیر ضریب VIF و ضریب رگرسیون استانداردشده هر متغیر در شاخص وضعیت

متغیر	VIF	B	متغیر	VIF	B
نسبت تبخیر و تعرق به بارش	۲/۲۷	۰/۰۸۶	نسبت مساحت اراضی حساس به فرسایش به سطح آبخیز	۲/۰۵	۰/۰۱۸
نسبت مناطق مسکونی به سطح آبخیز	۲۹۱/۱۰	-۰/۰۳	NDVI	۱/۸۰	-۰/۰۰۴
نسبت اراضی آبی به دیم	۲/۹۳	۰/۹۹	CN	۱/۳۴	۰/۱۳۳
تراکم جمعیت	۳۰۸/۸۳	۰/۰۳۸	تراکم آبراهه	۳/۱۳	۰/۴۱۲
تراکم جاده	۴/۶۰	-۰/۰۰۷	نسبت انشعاب	۲/۱۷	۰/۲۸۹
نسبت اراضی دیم به سطح آبخیز	۴/۳۵	۰/۰۲۲	-	-	-

جدول ۴- مقادیر ضریب VIF و ضریب رگرسیون استانداردشده هر متغیر در شاخص پاسخ

متغیر	VIF	B	متغیر	VIF	B
مهاجرت	۲/۱۸	۰/۰۰۹	تعداد منابع آبی	۱/۴۹	-۰/۰۰۶
سطح عملیات بیولوژیک	۱/۴۹	۰/۹۹۹	ارتفاع رواناب	۱۴/۶۴	-۰/۰۰۳
حجم عملیات مکانیکی	۱/۴۰	۰/۰۰۲	حجم رواناب	۳۳۱/۶۰	-۰/۱۸۶

شاخص‌های فشار، وضعیت، پاسخ و سلامت در حوزه‌آبخیز فورگ

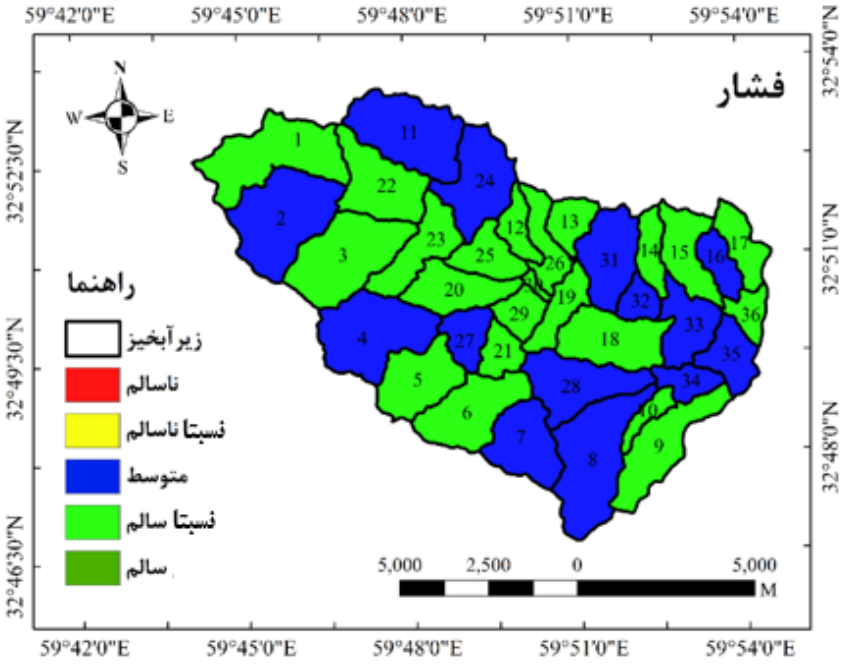
در شکل ۲ تغییرات مکانی شاخص فشار در زیرآبخیزهای مختلف نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود شاخص فشار به دو طبقه متوسط و نسبتاً سالم تقسیم شده است. در طبقه متوسط زیرحوزه‌های آبخیز ۲، ۴، ۷، ۸، ۱۱، ۱۶، ۲۴، ۲۷، ۲۸، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴ و ۳۵ قرار گرفته است. سایر آبخیزهای نیز طبقه نسبتاً سالم را به خود اختصاص داده‌اند.

این شاخص نشان می‌دهد که بخش‌های از بالادست و تقریباً پایین‌دست حوزه آبخیز نسبت به فرسایش حساس‌تر هستند. همچنین وجود اراضی دیم، زراعت آبی، اراضی حساس به فرسایش و مناطق مسکونی در این شاخص می‌تواند فشارهای وارد شده به حوزه آبخیز را تشدید کند. کاربری‌های کشاورزی و انسانی و به تبع آن عامل طول جاده می‌تواند اکوسیستم‌های طبیعی منطقه را با خطر مواجه سازد.

ارزیابی متغیرهای طول جاده، مداخله انسانی، رشد جمعیت و تقاطع رودخانه‌ها نشان‌دهنده نقش تأثیرات انسانی در کاهش سلامت و پایداری حوزه آبخیز فورگ می‌باشد. در این راستا، مطالعات عبیات و همکاران [۱] نشان می‌دهد که احداث جاده به‌ویژه در مناطق شیب‌دار می‌تواند به فرسایش شدیدی منجر شود.

کشت دیم در شیب‌های زیاد همواره یکی دیگر از مشکلات و معضلات مدیریت حوزه‌های آبخیز بوده است. این حوزه آبخیز نیز از این قاعده مستثنا نیست و وجود اراضی دیم سبب کاهش پوشش گیاهی، هدرفت خاک و تشدید وقوع سیلاب شده است. در همین راستا مطالعات جنگجو و همکاران [۱۶] حاکی از آن است که شخم اراضی و رهاسازی آن سبب از بین رفتن گیاهان چندساله با ریشه مستقیم می‌شود که تأثیر مستقیمی بر کنترل فرسایش و رسوب و افزایش ضریب زبری سطح خاک دارد.

اراضی دیم به ویژه در مناطق شیب‌دار اثر منفی آن را تشدید می‌کند و نیاز است تا در شیب‌های بالا از کشت دیم خودداری شود. مطالعات مقامی مقیم و همکاران [۱۹] در منطقه روئین خراسان‌شمالی بیان‌کننده آن است که شیب و جهت شیب از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت دیم هستند و در شیب‌های بیش‌تر از ۲۰ درصد، کشت دیم باعث افزایش تخریب اراضی می‌شود. اختلاف درجه حرارت سبب تغییر در رشد گونه‌های گیاهی شده، به‌طوری‌که با افزایش یا کاهش دما ممکن است افزایش تخریب مناطق و پوشش گیاهی منطقه را به‌دنبال داشته باشد.



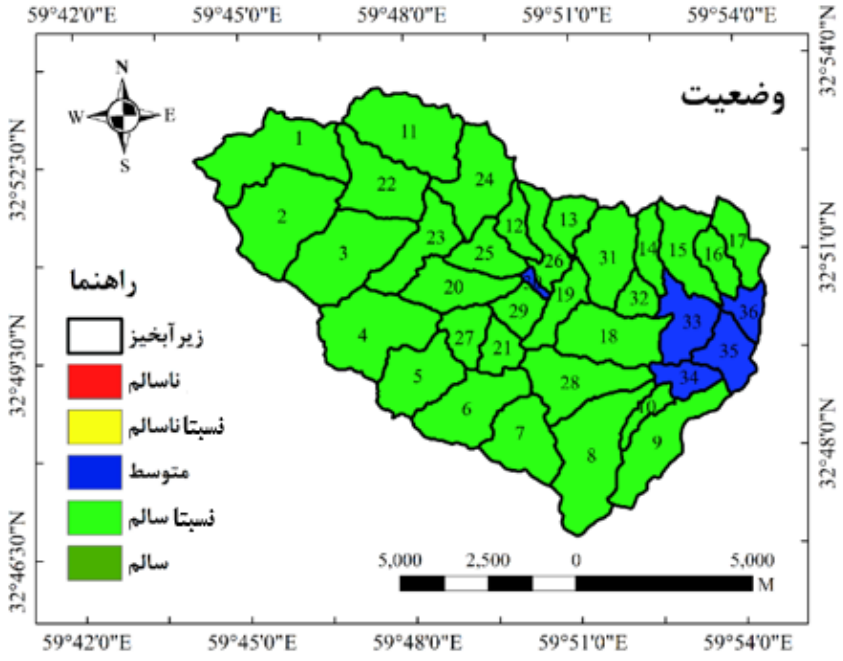
شکل ۲- تغییرات مکانی شاخص فشار در حوزه‌آبخیز فورگ، خراسان جنوبی

تغییرات مکانی شاخص وضعیت نیز در شکل ۳ نشان داده شده است. بر این اساس شاخص وضعیت همانند شاخص فشار به دو طبقه متوسط و نسبتاً سالم طبقه‌بندی شده است. در این شاخص فقط زیرحوزه‌های آبخیز ۳۰ تا ۳۶ در طبقه متوسط قرار گرفته‌اند. سایر زیرآبخیزها طبقه نسبتاً سالم را به خود اختصاص داده‌اند.

در حوزه آبخیز فورگ، زیرآبخیزهای دارای مناطق مسکونی بیش‌ترین تراکم جاده، تخریب اراضی و نسبت اراضی حساس به فرسایش به سطح آبخیز، نسبت اراضی دیم به سطح آبخیز و نسبت اراضی آبی به دیم دیده شده است. در این راستا مطالعات صفی‌یاری و همکاران [۲۷] به ارزیابی تخریب‌پذیری اراضی حساس به فرسایش آبی و بادی پرداختند. نتایج حاکی از آن است که خطر تخریب‌پذیری درصد وسیعی از اراضی منطقه را با شرایط مدیریت فعلی تهید می‌کند و ارزیابی روش‌های مدیریتی

پیشنهادی به بهبود کلاس‌های تخریب‌پذیری خواهد انجامید.

پوشش گیاهی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد حوزه‌های آبخیز می‌باشد و نقش اساسی در کاهش سیلاب و فرسایش و رسوب دارد. تقویت پوشش گیاهی از رهیافت‌های مدیریتی جوامع انسانی در مقابله با تهدیدات انسانی تعیین شده است که می‌تواند باعث کاهش مقدار CN و در نهایت سبب افزایش پوشش سطح زمین و مقدار NDVI گردد. فروتن [۱۲] در پژوهشی با تلفیق روش شماره منحنی، AHP و GIS اقدام به تهیه نقشه حساسیت به سیل نمود و نقش اقدامات آبخیزداری در حساسیت به سیلاب را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که عامل شماره منحنی دارای بیش‌ترین درصد وزنی (۲۷/۴۴) و نفوذپذیری سنگ‌ها دارای کم‌ترین درصد وزنی (۳/۲۰) است.

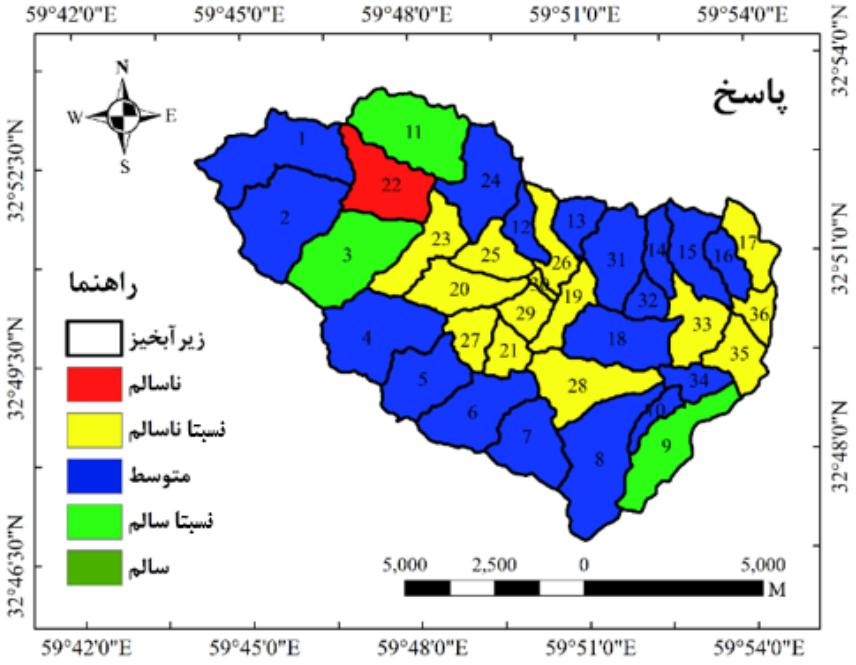


شکل ۳- تغییرات مکانی شاخص وضعیت در حوزه‌آبخیز فورگ، خراسان جنوبی

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود شاخص پاسخ از تغییرات بیش‌تری برخوردار است و به ۴ طبقه ناسالم، نسبتاً ناسالم، متوسط و نسبتاً سالم تقسیم‌بندی شده است. تغییرات مکانی این شاخص بیان‌کننده آن است که زیرآبخیز ۲۲ در طبقه ناسالم، زیرآبخیزهای ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۳۱، ۳۲ و ۳۴ در طبقه متوسط، زیرآبخیزهای ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۳، ۳۵ و ۳۶ در طبقه نسبتاً ناسالم و زیرآبخیزهای ۳، ۹ و ۱۱ در طبقه نسبتاً سالم قرار گرفته‌اند.

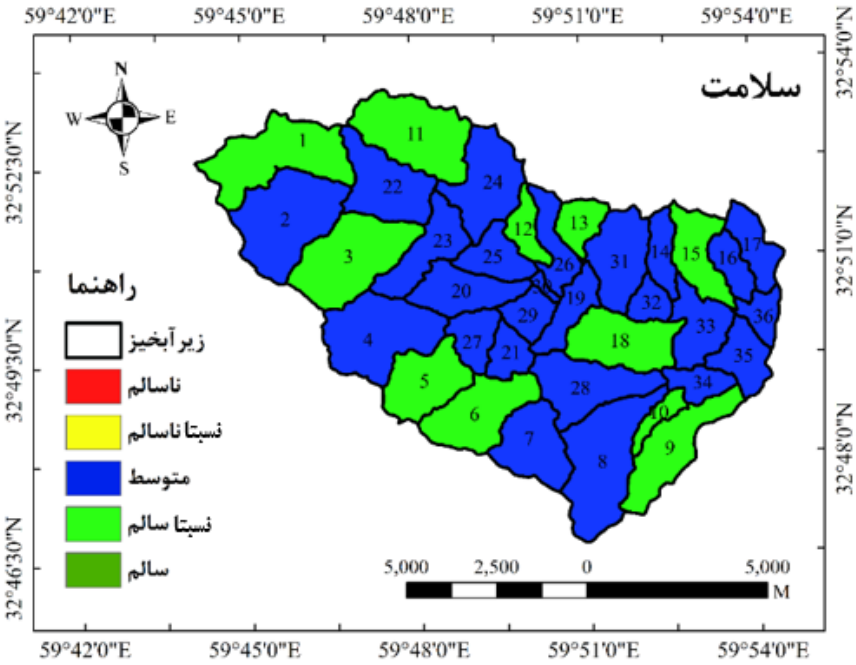
برهمکنش فشارها و وضعیت‌های رخ داده سبب شده است مهاجرت از منطقه، تعداد منابع آبی، سطح عملیات بیولوژیک و حجم عملیات مکانیکی در شاخص پاسخ مورد توجه قرار گیرد و سبب ایجاد بیش‌ترین تغییرات سلامت آبخیز شوند.

اقدامات آبخیزداری مجموعه‌ای از اقدامات مهندسی و زیستی می‌باشد که در راستای بهبود عملکرد آبخیزها اجرا می‌شود. در این راستا ارزیابی عملکرد اقدامات مهندسی و زیستی آبخیزداری توسط دارابی و همکاران [۸] بر وضعیت سیل‌خیزی آبریز سد سیوند استان فارس با استفاده از اندازه‌گیری ارتفاع چکدم‌ها، طول مخزن و شیب آبراهه‌ها نشان داد پروژه‌های آبخیزداری موجب افزایش متغیرهایی از جمله زمان تمرکز و کاهش ۷۲ درصدی در حجم سیلاب سالانه شده است.



شکل ۴- تغییرات مکانی شاخص پاسخ در حوزه‌آبخیز فورگ، خراسان جنوبی

با توجه به شکل ۵، سلامت در زیرآبخیزهای مختلف به دو طبقه متوسط و سالم تقسیم شده است. همان‌طور که در شکل ۵ نیز مشاهده می‌شود زیرآبخیزهای ۱، ۳، ۵، ۶، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۵، و ۱۸ در طبقه سالم و سایر زیرآبخیزها در طبقه متوسط سلامت قرار گرفته‌اند. زیرآبخیز شماره ۲۲ که در بالادست حوزه آبخیز قرار دارد در شاخص سلامت کل در طبقه متوسط قرار گرفته است و در صورتی که در حالت پاسخ در طبقه ناسالم قرار داشت که تحت تأثیر شاخص‌های فشار و وضعیت که در شرایط نسبتاً سالم بودند، قرار گرفته است. این امر نشان‌دهنده قابل جبران‌بودن شرایط سلامت حوزه آبخیز است که از قوّت‌ها و فرصت‌های موجود ضعف‌ها و تهدیدها را جبران کرده و به سمت توسعه پایدار حرکت کند.



شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص سلامت در حوزه‌آبخیز فورگ، خراسان جنوبی

گسترش اراضی زراعی دیم در شیب‌های مختلف، احداث باغ‌های زراعی در حاشیه و سیلاب‌دشت رودخانه و هم‌چنین گسترش مناطق مسکونی در امتداد و حریم رودخانه اصلی بیش از هر زمانی سبب اخلال در عملکرد و آسیب به جوامع انسانی و ذی‌نفعان حوزه‌آبخیز فورگ شده است. مطالعه پژوهش‌گران دیگر [۴] نیز حاکی از آن است که گسترش مناطق مسکونی و زراعی در حاشیه رودخانه سبب اخلال در نظم و عملکرد حوزه‌های آبخیز می‌شود که در راستای نتایج این پژوهش است. همچنین مطالعه دیگری [۱۶] با ارزیابی تأثیر اراضی دیم بیان‌کننده آن است که وجود اراضی دیم رهاشده و شخم‌خورده، سبب گسترش فرساش و رسوب و پایین آوردن کارآیی حوزه آبخیز می‌شود.

نتایج ارزیابی سلامت آبخیز حوزه فورگ بیان‌کننده آن است که تحت تأثیر فشارهای وارده، شاخص فشار در بازه ۰/۴۴ تا ۰/۷۹ متغیر است. این شاخص به‌طور متوسط مقدار ۰/۶۱ را به خود اختصاص داده است و در کلاس سالم طبقه‌بندی می‌شود. اگرچه این شاخص در طبقه سالم واقع شده است اما بسیار به طبقه متوسط سلامت نزدیک است و با تغییر اندک شرایط، به طبقه متوسط سلامت نزول خواهد کرد. همچنین متأثر از فشارهای رخداده، شاخص وضعیت نیز در بازه ۰/۴۹ تا ۰/۸۰ در زیرآبخیزهای مختلف تغییر می‌کند و با مقدار متوسط ۰/۶۷ در طبقه سالم قرار گرفته است.

شاخص پاسخ نیز در زیرآبخیزهای مختلف در بازه ۰/۲۰ تا ۰/۶۹ متغیر است و با میانگین ۰/۴۳ طبقه متوسط سلامت را به خود اختصاص داده است. این شاخص نیز در مرز این طبقه واقع شده است و با تغییر منفی شرایط به طبقه ناسالم تغییر پیدا خواهد کرد.

شاخص سلامت حوزه‌آبخیز فورگ نیز که تحت تأثیر شاخص‌های فشار، وضعیت و پاسخ است مقدار ۰/۵۷ را دارا بوده و در طبقه متوسط سلامت قرارگرفته است. این شاخص در زیرآبخیزهای مختلف از ۰/۴۵ تا ۰/۶۹ متغیر است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد سلامت حوزه‌آبخیز فورگ متوسط تعیین شد. در همین راستا در حوزه‌آبخیز میخ‌ساز مازندران نیز با ارزیابی سلامت و استفاده از رویکرد PSR شاخص سلامت ۰/۶۸ و در طبقه نسبتاً سالم تعیین شده است [۲۶]. همچنین حوزه‌آبخیز دروازه قرآن شیراز نیز بیان‌کننده سلامت متوسط این حوزه‌آبخیز با مقدار ۰/۵۵ است [۲۵].

نتیجه‌گیری

حوزه‌های آبخیز تحت تأثیر عوامل مختلف انسانی و غیرانسانی با تخریب، کاهش بهره‌وری و هدرفت منابع آب و خاک روبرو هستند. حوزه‌آبخیز فورگِ درمیان نیز از این قاعده مستثنی نیست و در سال‌های اخیر تحت شرایط اقلیمی و انسانی دست‌خوش تغییرات متفاوتی شده است.

همان‌طور که در جدول‌های ۲ تا ۴ نیز ارائه شده است متغیرهای متأثر از فعالیت‌های انسانی و برهم‌کنش‌های محیطی آن‌ها سبب تغییر در شرایط زیرآبخیزهای مختلف شده است و همه ساله تخریب خاک و هدررفت آب در این حوزه‌آبخیز افزایش می‌یابد. بر این اساس در این پژوهش سعی شده است با ارزیابی سلامت حوزه‌آبخیز فورگ با رویکرد PSR سلامت عملکرد این حوزه‌آبخیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتایج پژوهش نشان داد عوامل مختلفی بر میزان سلامت زیرآبخیزها تأثیرگذار است. در این بین، قرارگیری مناطق مسکونی و زراعی در حاشیهٔ رودخانه‌ها و همچنین اراضی دیم رهاشده، سبب کاهش بازدهی زیرآبخیزها و مهاجرت آبخیزنشینان شده است. اجرای عملیات آبخیزداری نیز تا حدودی سبب بهبود شرایط شده است.

به‌طور کلی در زیرآبخیزهای مختلف وضعیت سلامت متغیر است. اما سلامت کل حوزه‌آبخیز فورگ در گروه متوسط قرارگرفته است. همان‌طور که مشاهده شد عوامل مختلفی بر شکل‌گیری شرایط فعلی در این زیرآبخیزها نقش داشته‌اند. بنابراین نیاز است تا راهکارهای متفاوت اجرایی و مطالعاتی بر اساس میزان نقش و اثر متغیرهای تأثیرگذار مورد استفاده و پژوهش قرار گیرد تا کارایی عملیات مدیریتی را افزایش دهد. به‌عبارت دیگر، اجرای مطالعات جامع حوزه‌های آبخیز می‌تواند سبب بهبود شرایط و ارتقای عملکرد حوزه‌های آبخیز شود.

یکی از مواردی که در منطقه مشهود است و جامعه از آن غافل است جاذبه‌های تاریخی (قلعه فورگ)، گردشگری (چشمه، قنات و درخت کهنسال) و منظره‌های طبیعی

است که می‌تواند سلامت و پایداری منطقه را افزایش دهد. همچنین نتایج پژوهش حاضر می‌تواند مورد استفاده مدیران و برنامه‌ریزان محلی و استانی قرار گیرد تا با در نظرگرفتن شرایط هر منطقه، راهکارهای مورد نظر ارائه شود.

References

[1]. Abayat, S., Arab-Khedri, M., & Ahmadi, A. (2012). The effect of road construction on erosion and sediment production and ways to control it. National conference of passive defense in the agricultural sector, Qeshm. [in Farsi]

[2]. Alilou, H., Rahmati, O., Singh, V. P., Choubin, B., Pradhan, B., Keesstra, S., & Sadeghi, S.H.R. (2019). Evaluation of watershed health using Fuzzy-ANP approach considering geo-environmental and topo-hydrological criteria. *Journal of Environmental Management*, 232, 22–36. doi: 10.1016/j.jenvman.2018.11.019

[3]. Asadi Nelivan, A., Saaduddin, A., Sadeghi, S.H.R., & Hizbavi, Z. (2016). Analysis of watershed health and sustainability evaluation methods. The 12th National Conference of Iran Watershed Science and Engineering, Watershed Management and Environmental Crises. Malayer University, Hamadan. [in Farsi]

[4]. Asghari Saraskanrood, S., & Pourfarrash Zadeh, F. (2022). Study the landuse change and its effects on the hydrologic regime in main catchments of Binalood country. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, *13*(2), 84-106. [in Farsi]

[5]. Chamani, R., & Azari, M. (2021). Land Use Restoration Impacts on Hydrological Behavior of Chehel Chay Watershed of Golestan Province. *Water and Soil*, *35*(2), 179-188. [in Farsi]

[6]. Chamani, R., Vafakhah, M., & Sadeghi, S.H.R. (2023). Changes in reliability–resilience–vulnerability-based watershed health under climate change scenarios in the Elfin Watershed, Iran. *Natural Hazards*, *116*(2), 2457-2476.

[7]. Chamani, R., Vafakhah, M., Tavosi, M., & Zare, S. (2022). Assessment of the effect of climate change on the health status of Atrak Watershed in Northeastern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, *15*(24), 1745.

[8]. Darabi, M., Malekinezhad, H., talebi, A., & hidari, M. (2020). Assessment of Watershed Management Performance on Flooding Status in Sivand Dam, Fars Province. *Hydrogeomorphology*, *7*(23), 105-83. doi: 10.22034/hyd.2020.11160.

[9]. Ebrahimi Gatkash, Z., & Sadeghi, S.H.R. (2022). Combined Application of Pressure-State-Response and Strategic Planning Approaches in Integrated and Problem-Oriented Management of the Makhsaz Watershed in Western Mazandaran, Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *11*(3), 89-109. [in Farsi]

[10]. Ebrahimi, S. (2023). *Assessing the stability and health of Forg watershed in Madhim city*. Master's thesis, University of Birjand. 112 p. [in Farsi]

[11]. FAO. (2006). The State of Food Insecurity in the World. Italy Press, 44 Pages.

[12]. Forotan, E. (2022). The evaluation of biological watershed management measures effect on flood susceptibility - Case study: Pardisan watershed in Qom province. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, *30*(120), 171-186. doi: 10.22131/sepehr.2022.251061

[13]. Hazbavi, Z., Baartman, J.E.M., Nunes, J.P., Keesstra, S.D., & Sadeghi, S.H.R. (2018). Changeability of reliability, resilience, and vulnerability indicators with respect to drought patterns. *Ecological Indicators*, 87, 196–208.

[14]. Hazbavi, Z., Parchami, N., Alaei, N., & Babaei, L. (2020). Assessment and Analysis of the KoozehTopraghi Watershed Health Status, Ardabil Province, Iran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, *9*(3), 121-142. [in Farsi]

[15]. Hazbavi, Z., Sadeghi, S.H.R., Gholamalifard, M., & Davudirad, A.A. (2019). Watershed health assessment using the pressure–state–response (PSR) framework. *Land Degradation and Development*. 31, 3-19.

[16]. Jangju, M., Noedoost, F., & Rafiei, F. (2015). Comparing plant functional types in

an old-field and a natural rangeland vegetation. *Journal of Range and Watershed Managment*, *68*(4), 835-851. [in Farsi]

[17]. Kazemi, M., & Kamali Maskouni, A. (2017). Assessing the sustainability of the watershed based on the HELP model (case study: Behesht Gomshadeh watershed, Fars province). *Journal of Extension and Development of Watershed Management*, 6(22), 1-18. [in Farsi]

[18]. Khajoei, P. (2015). Examining issues and problems of water, soil and food security policies in Iran. *Strategic Public Policy Studies Quarterly*, *6*(20), 165-180. [in Farsi]

[19]. Maghami Moghim, F., Karimi, A., Haghnia, G., & Dourandish, A. (2013). Evaluation of land use and suitability for rainfed crops in Roin, North Khorasan. *Journal of Agroecology*, *5*(2), 143-152. doi: 10.22067/jag. v5i2.24492. [in Farsi]

[20]. Mahdavi, M. (2017). *Applied hydrology*. Tehran University Press. [in Farsi]

[21]. Momenian, P., Nazarnejhad, H., Miryaghoubzadeh, M., & Mostafazadeh, R. (2018). Assessment and Prioritizing of Subwatersheds Based on Watershed Health Scores (Case Study: Ghotorchay, Khoy, West Azerbaijan). *Journal of Watershed Management Research*, *9*(17), 1-13. [in Farsi]

[22]. Núñez-Razo, I., de Anda, J., Barrios-Piña, H., Olvera-Vargas, L. A., García-Ruíz-García, M., Hernández-Morales, S. (2023). Development of a Watershed Sustainability Index for the Santiago River Basin, Mexico. *Sustainability*, *15*(10), 8428.

[23]. Rahimi Haghighi, A., Ghanbari, S. A., & Asgharipour, M. R. (2022). Assessing the sustainability of ecosystems in the Khosrow-Shirin-Abadeh watershed. *Journal of Arid Biome*, *12*(1), 121-140. doi: 10.29252/aridbiom.2023.19645.1919. [in Farsi]

[24]. Sadeghi, S. H., Chamani, R., Zabihi Silabi, M., Tavosi, M., Katebikord, A., Khaledi Darvishan, A., Moosavi, V., Sadeghi, P. S., Vafakhah, M., Moradi Rekabdarkolaei, H. (2023). Watershed health and ecological security zoning throughout Iran. *Science of The Total Environment*, 905, 167123, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167123.

[25]. Sadeghi, S.H.R., Tavosi, M., Zare, S., Beiranvandi, V., Shekohideh, H., Akbari Imamzadeh, F., Bahlekeh, M., Khurshid Sokhangouy, F., & Chamani, R. (2022). Evaluation and variability of flood-oriented health of Shiraz Darwazeh Quran watershed from watershed management structures. *Journal of Water and Soil*, *36*(5), 561-577. [in Farsi]

[26]. Sadeghi, S.H.R., Zabihi Silabi, M., Sarvi Sadrabad, H., Riahi, M., & Modarresi Tabatabaei, S. (2023). Watershed health and ecological security modeling using anthropogenic, hydrologic, and climatic factors. *Natural Resource Modeling*, 36(3), 1-27. doi: 10.1111/nrm.12371

[27]. Safiyari, R., Sarmadian, F., Heidari, A., & Younesi, S. (2013). Land vulnerability evaluation related to erosion and climate change impacts in Abyek region with use of Microleis system. *Journal of Range and Watershed Managment*, *66*(3), 417-431. doi: 10.22059/jrwm.2013.36517. [in Farsi]

[28]. Shahedi, K., Mohseni, B., & Moumeni, B. (2022). Investigation of Talar Watershed Health the using Watershed Health Assessment Framework on GIS environment. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 13(2), 32-46. doi: 10.30495/girs.2022.691305

[29]. Won, J., Choi, J., Lee, O., & Kim, S. (2020). Copula-based Joint Drought Index using SPI and EDDI and its application to climate change. *Science of the Total Environment*, 744, 140701.

[30]. Yang, W., Jin, Y., Sun, T. & Li, M. (2015). Effects of seashore reclamation activities on wetlands ecosystem, a case study in Yellow River Delta. In E-proceedings of the 36th IAHR World Congress (pp. 1-3).

Health zoning of South Khorasan Forg watershed Using PSR conceptual model approach (Research Paper)

1- Salman Ebrahimi, MSc student, Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
2- Javad Chezgi*, Assistant Professor, Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
chezgi@birjand.ac.ir
3- Seyyed Mohammad Tajbakhsh Fakhrabadi, Associate professor, in Watershed Management, Natural Resources Department, Faculty Natural Resources & Environment Science, University of Birjand, Birjand, Iran.
4- Moslem Rostampoor, Assistant Professor, Rangeland and Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.

Received: 30 Apr. 2023
Accepted: 24 Jul. 2023

Abstract
The lives of both human and non-human societies are greatly impacted by healthy watersheds today. Improving watershed conditions can improve the lives of dependent communities, in addition to preventing the waste of water and soil resources. To improve the conditions, it is necessary to evaluate the available resources and choose a suitable method to quantify the health of the watershed. The PSR conceptual model approach was used to evaluate the health of the Forg watershed of the Madan city in this research. The fog watershed's health was determined by determining various variables after visiting it and identifying its problems. Subsequently, these variables were measured. In order to eliminate correlation between different variables, the VIF test was used to determine and remove correlated variables before implementing the PSR conceptual model. At the end, according to the remaining variables, pressure indicators, condition, response, and health of the Forg watershed were determined. According to the watershed health assessment of Forg basin, the pressure index falls within the range of 0.44 to 0.79. The condition index is in the range of 0.49 to 0.80, the response index is in the range of 0.20 to 0.69 and the heat index is in the range varies from 0.45 to 0.69. The pressure, condition, and response indicators have average values of 0.61, 0.67, and 0.43, respectively, and are classified as healthy and average. With a value of 0.57, the total health index falls under the average health category. The results indicate that the fog watershed is in a healthy state. To maintain the current situation and improve its health and performance, it is necessary to take proper management and executive actions, taking into account the influencing variables in each subwatershed.

Keywords: Comprehensive watershed management, Sustainable development, VIF test, Darmian city.