دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز قطورچای بر اساس درجه سلامت آبخیز (مطالعه موردی: قطورچای، خوی، آذربایجان غربی)

پروین مؤمنیان[۱]، حبیب نظرنژاد[۲]، میرحسن میریعقوب‌زاده[۳] و رئوف مصطفی‌زاده[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه ارومیه
۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، (نویسنده مسوول: h.nazarnejad@urmia.ac.ir)
۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
۴- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۰

چکیده

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز فرآیندهای مخرب را شناسایی و با کاهش آن‌ها خدمات آبخیز را بهبود می‌بخشد. فرآیندهای مخرب سلامت حوزه‌های آبخیز را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بنابراین با آگاهی از میزان سلامت حوزه می‌توان در جهت تحقق اهداف مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز و آبخیزداری عمل نمود. در این پژوهش، یازده زیرحوزه قطورچای در شهرستان خوی با مساحت ٦٨٤٠٠ هکتار بر اساس درجه سلامت آبخیز اولویت‌بندی گردیدند. به منظور ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها اقدام به انتخاب شاخص‌های اصلی و مؤثر در میزان سلامت حوزه گردید. ارتباطات و تعاملات بخش‌های تشکیل‌دهنده هر یک از زیرحوزه‌ها برای ارزیابی شاخص‌ها در نظر گرفته شد. سلامت زیرحوزه‌ها در پنج بخش وضعیت‌زیستی (غنای گونه‌ای)، پیوستگی هیدرولوژیک (تعداد سازه در واحد طول رودخانه)، ژئومورفولوژی (حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش و حساسیت‌پذیری اقلیم)، هیدرولوژی (پوشش گیاهی چندساله و سطوح غیرقابل نفوذ) و کیفیت آب (منابع آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای) ارزیابی گردید. زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه از نظر هر یک از شاخص‌ها اولویت‌بندی شد و در پایان نقشه نهایی از ترکیب کلیه شاخص‌ها حاصل گردید. نتایج اولویت‌بندی کلیه شاخص‌ها نشان داد که وضعیت سلامت کلیه زیرحوزه‌ها متوسط می‌باشد و زیرحوزه شماره ۱۱ با دارا بودن امتیاز ٦٠/٣٩ نسبت به سایر زیرحوزه‌ها از حداکثر امتیاز سلامت و زیرحوزه شماره ٦ با امتیاز ٥٠/٧١ از حداقل امتیاز سلامت برخوردار است. علت کاهش سلامت در هریک از بخش‌ها مورد بررسی قرار گرفت و راه‌حل‌هایی جهت بهبود وضعیت سلامت و جلوگیری از کاهش آن مطرح گردید که این نتایج می‌تواند در اولویت‌بندی اقدامات آبخیزداری با هدف بهبود وضعیت و تقویت خدمات آبخیز مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، پیوستگی، شاخص سلامت آبخیز، کیفیت آب، هیدرولوژی

مقدمه

مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز (IWM)[۱] مفهومی است که در دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط سازمان‌های بین‌المللی چون فائو توسعه داده شد (۱۲). هدف اصلی این مفهوم انسان محوری در روند توسعه است تا حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی و محیط‌زیست صورت گیرد (۲۱). حفاظت بهره‌برداری و مدیریت پایدار منابع آبخیز برای تامین نیازهای جمعیت روبه رشد در دهه‌های اخیر از اولویت ویژه‌ای برخوردار است (۱۶). ارزیابی جامع حوزه‌های آبخیز از برنامه‌های غیرقابل انکار جهت پایداری و سلامت سیستم‌های آبی است. یکی از عوامل کلیدی در توسعه و پیشرفت یک برنامه جامع نظارت در نظرگرفتن حوزه به‌عنوان یک سیستم یکپارچه می‌باشد که به شدت به مسائل زمینی و ساختارهای طبیعی و منابع آب وابسته است (۳۱). مدیریت یکپارچه آب، زمین و منابع‌زیستی در یک حوزه، منجر به تامین آب آن منطقه از منابع‌آب موجود در آن حوزه می‌شود که به مفهوم آبخیزداری اشاره دارد (۲۲). یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌ها در مدیریت پایدار حوزه آبخیز، آگاهی از سلامت حوزه‌های آبخیز[۲] می‌باشد. دانش سلامت حوزه با یک رویکرد سیستمی به‌دنبال حفظ اکوسیستم‌های طبیعی از طریق حفاظت از حوزه‌های سالم و جلوگیری از تغییر و اختلال در آنهاست (۹). محیط‌زیست سالم، محیطی است که کالا و خدمات مورد نیاز انسان و سایر موجودات ساکن در یک محیط را، فراهم کند. بنابراین، مطالعات سلامت حوزه بایستی هم نیازهای محیط‌زیست و هم نیازهای انسان را مورد توجه قرار دهد (۱۳). سازمان محیط‌زیست ایالات متحده[۳] حوزه سالم را به عنوان حوزه‌ای تعریف می‌کند که در آن پوشش طبیعی زمین دارای فرآیندهای هیدرولوژیکی و ژئومرفولوژیکی پویا می‌باشد و تغییرات آن در محدوده طبیعی خود قرار دارد. این تعریف شامل ویژگی‌های متمایز اما مرتبط اکوسیستم‌های آبی و خشکی در آبخیزها از جمله وضعیت سیمای سرزمین، زیستگاه، هیدرولوژی، ژئومرفولوژی، کیفیت آب و وضعیت بیولوژیکی می‌شود (۱۰). سلامت می‌تواند به عنوان انحراف از شرایط پایه یا مشاهده تغییرات نسبت به شرایط طبیعی تعریف شود (۳۲). اکوسیستم‌های سالم به‌طور طبیعی پویا هستند و اغلب توانایی حفظ سلامت خود را دارند. با این حال، در بسیاری از اکوسیستم‌ها به دلیل تغییر کاربری اراضی، افزایش بی‌رویه سطح برداشت آب زیرزمینی، ساخت سدها و... این رژیم طبیعی دچار اختلال شده است که این مسئله می‌تواند باعث افزایش آسیب‌پذیری حوزه شود (۱۰). شاخص‌های سلامت آبخیز برای تعیین کمیت معیارهای سلامت حوزه، مورد استفاده قرار می‌گیرند که شرایط کنونی

1- Integrated Watershed Management 2- Watershed Health 3- United States Environment Protection Agency

حوزه را نشان می‌دهند (۱۱). استفاده از شاخص‌های سلامت آبخیز، روشی برای به دست‌آوردن اطلاعات در مورد تخریب ناشی از آثار انسانی یا عوامل طبیعی می‌باشد (۲۸،۱۷). معیار، ارزش خاصی را برای حوزه بیان می‌کند و منعکس‌کننده خواص فیزیکی، بیولوژیکی، اجتماعی و عوامل اساسی مؤثر بر روند سلامت آبخیز می‌باشد (۱۸). جهت ارزیابی سلامت حوزه با روشی سیستمی، فرآیندهای زیست‌محیطی به پنج جزء مختلف تقسیم‌بندی شده‌اند. این اجزاء رویکرد ثابتی را برای بررسی روابط پیچیده‌ای که بر سلامت حوزه تاثیر می‌گذارد، فراهم می‌کند. این اجزاء عبارتند از: ۱) وضعیت‌زیستی[1]، ۲) پیوستگی[2] ۳) ژئومرفولوژی[3] ۴) هیدرولوژی[4] و ۵) کیفیت آب[5]. ارزیابی کمی سلامت اکوسیستم‌ها، با استفاده از اصول مدون و انتخاب شاخص‌هایی با هدف حفاظت آب و خاک و ساختارهای زیست‌محیطی صورت می‌گیرد (۶). مطالعات انجام شده در خصوص سلامت حوزه به مطالعه جداگانه زیر شاخص‌ها پرداخته و در واقع مطالعات یکپارچه با لحاظ معیارهای پوشش، ژئومرفولوژی، هیدرولوژی و ... اندک است (۱۸). از این رو سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا روش‌هایی را برای ارزیابی و مقایسات بین دو یا چند مؤلفه جهت بررسی سلامت حوزه آبخیز تعریف کرده است (۱۱). سینگ و همکاران (۲۵) شرایط محیطی حوزه اصلی رودخانه Surrogates افریقا را از نظر سلامت حوزه مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه ایشان مقایسه سلامت بین پنج حوزه بزرگ افریقا کنگو، چاد، نیل، نیجریه و زامبی با مقایسه وضعیت مناطق حفاظت شده، جمعیت و نوع پوشش انجام گرفت. نتایج مطالعه مذکور نشان داد که در هریک از این حوزه‌ها با توجه به مدیریت‌های متفاوت در آن‌ها وضعیت پوشش گیاهی باهم متفاوت است و حوزه کنگو به علت بیش‌ترین جنگل‌های حفاظت شده، وضعیت بهتری نسبت به سایر حوزه‌ها دارد. دی و همکاران (۶) درجه سلامت یک حوزه کوچک فرسایش‌یافته در تپه‌های لسی شمال Shanxi را به مدت ۲۰ سال در سه مرحله؛ شروع اصلاح، توسعه پایدار و وضعیت حال را مورد بررسی قرار دادند که به منظور ارزیابی سلامت حوزه از ۱۷ فاکتور برای ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی استفاده شد. نتایج نشان داد که اکوسیستم منطقه مورد مطالعه دارای پایداری نسبی بوده و به‌صورت سالانه دارای یک افزایش نسبی است. شاخص سلامت در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۸۵، ۰/۳۷ و در سال ۲۰۰۳ این شاخص به ۰/۵۷۳ افزایش یافته است که این افزایش نشان‌دهنده موفقیت عملیات توسعه پایدار بوده است. ژیا و همکاران (۳۳) شاخص‌های زیستی سلامت رودخانه و تاثیر آن بر سلامت حوزه رودخانه Huai چین را ارزیابی کردند، در مطالعه ایشان عوامل زیست‌محیطی از جمله؛ آب و هوا، پوشش زمین، ویژگی‌های خاک، هیدرولوژی و کیفیت آب ارزیابی شدند. در منطقه مورد مطالعه ایشان مشخص شد که؛ ۴۴ درصد دارای وضعیت سالم، ۵۱ درصد کمی سالم و ۵ درصد باقی‌مانده ناسالم می‌باشد. لازم به ذکر است که تحقیقات داخلی انجام شده در خصوص سلامت حوزه‌های آبخیز محدود و تحقیقات انجام شده به‌صورت مجزا از هم می‌باشد که در هیچ مطالعه‌ای بررسی کلیه شاخص‌ها صورت نگرفته است که این مسئله ارزش تحقیق حال حاضر را نشان می‌دهد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی سلامت حوزه با در نظر گرفتن شاخص‌های وضعیت‌زیستی، پیوستگی، ژئومرفولوژی، هیدرولوژی و کیفیت آب و همچنین تعیین اولویت اقدامات مدیریتی در هریک از این بخش‌ها در مدیریت جامع حوزه آبخیز قطورچای در شهرستان خوی می‌باشد. هدف دیگر از این مطالعه تعیین تأثیرگذارترین شاخص در کل حوزه منطقه مورد مطالعه و نیز ترکیب شاخص‌های موجود جهت تهیه نقشه مفهومی جامع سلامت حوزه مورد مطالعه جهت ارائه به متخصصان، ذینفعان و مدیران می‌باشد.

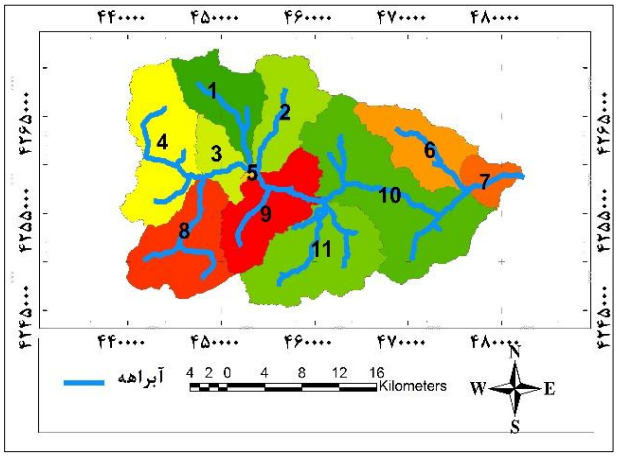
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز رودخانه قطورچای در شمال غرب ایران و در شمال استان آذربایجان غربی بین ´۱۸ °۳۸ الی ´۵۰ °۳۸ عرض شمالی و ´۵۷ °۴۳ الی ´۱۰ °۴۵ طول شرقی واقع شده است. وسعت حوزه ۶۸۴۲۶ هکتار می‌باشد. رودخانه قطورچای از رشته‌کوه‌های بایزیدآقا و منکنه واقع در ترکیه سرچشمه می‌گیرد و پس از طی مسیر ۱۴۷/۵ کیلومتر به رودخانه ارس در شمال غربی ایران می‌پیوندد. قبل از رسیدن به رودخانه ارس شاخه‌های مهم دیگری به نام قره‌سو، غازان‌چای، آق‌چای، زندرچای و زیبرچای به آن می‌پیوندند. حداکثر ارتفاع در غرب آن ۳۴۵۰ متر که دارای شیب بیش از ۵۰ درصد می‌باشد و به سمت مرکز و شمال حوزه کاهش می‌یابد. از نظر زمین‌شناسی واحدهای سنگی از قدیمی‌ترین دوره زمین‌شناسی تا عهد حاضر در مناطق مختلف حوزه بیرون‌زدگی دارد و ارتفاعات حاشیه دشت در بخش‌های شمالی و غربی عمدتاً از سنگ‌های آذرین و در نواحی جنوبی ماسه سنگ و کنگلومرا، در نواحی شمال شرقی حوزه سنگ آهک دوره زمین‌شناسی پرمین مشاهده می‌شود (۱).

تعیین زیر حوزه‌های منطقه مورد مطالعه

به منظور مقایسه سلامت حوزه آبخیز از نظر شاخص‌های مهم و تاثیرگذار، حوزه آبخیز قطورچای با استفاده از ابزار Arc Hydro به زیرحوزه‌هایی تقسیم‌بندی گردید. شکل ۱ زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ حوزه آبخیز قطورچای به ۱۱ زیرحوزه تقسیم شده است که ارزیابی سلامت حوزه در هریک از بخش‌ها بین زیرحوزه‌های موجود انجام شده است. در جدول ۱ مشخصات عمومی هر زیر حوزه نشان داده شده است که برای ارزیابی درجه سلامت از پنج مؤلفه وضعیت زیستی، پیوستگی، ژئومرفولوژی، هیدرولوژی و کیفیت آب استفاده شده است که در ادامه روش محاسبه هریک از این معیارها ارائه شده است.

1- Biological condition 2- Connectivity 3- Geomorphology 4- Hydrology 5- Water Quality



شکل ۱- زیرحوزه‌های حوزه آبخیز قطورچای
Figure 1. Subwatersheds of Ghotorchay

جدول ۱- مشخصات زیرحوزه‌های منطقه مورد مطالعه
Table 1. Subwatershed Characteristics of study area

زیرحوزه	طول رودخانه (کیلومتر)	مساحت (هکتار)
۱	۱۵/۰	۶۰۷۶/۴
۲	۱۲/۰	۶۴۱۹/۰
۳	۵/۶	۲۹۸۸/۸
۴	۲۱/۹	۹۸۸۲/۱
۵	۱/۰	۱۴۵/۷
۶	۱۲/۸	۶۲۲۳/۳
۷	۶/۷	۲۲۵۹/۹
۸	۲۱/۲	۸۶۲۰/۷
۹	۱۷/۵	۷۸۰۸/۰
۱۰	۳۶/۳	۱۶۹۲۸/۵
۱۱	۲۷/۴	۱۰۷۳۲/۵

وضعیت زیستی

تنوع گیاهی، یکی از موضوعات مهم اساسی در اکولوژی جوامع بوده که در رابطه با کاهش و زوال گونه‌ای، فواید آن، تولید در اکوسیستم و حفظ علفزارهای غنی از گونه‌های بومی عمل می‌کند (۸). جهت محاسبه این شاخص از شاخص غنا منهینیک[1] استفاده شد. در منطقه مورد مطالعه برای هر زیرحوزه یک غنای گونه‌ای بر اساس شاخص موردنظر با استفاده از نرم‌افزار PAST محاسبه گردید.

محاسبه غنای پوشش گیاهی

تراکم گونه‌ای عمومی‌ترین راه اندازه‌گیری غنای گونه‌ای است و مورد تایید گیاه‌شناسان می‌باشد. ازجمله شاخصی که بر اساس تعداد گونه‌ها و تعداد کل افراد در مورد تمام گونه‌ها معرفی شده‌است می‌توان به شاخص منهینیک اشاره کرد، که در رابطه ۱ نشان داده شده است.

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: S تعداد کل گونه‌ها، N حجم یا اندازه نمونه یا تعداد کل افراد در نمونه می‌باشد. برای تعیین معیار مذکور در فصل رویش گیاهان اقدام به استقرار پلات جهت تعداد گونه در واحد سطح با هدف محاسبه غنای‌گونه‌ای شد (۸). به این منظور در هر زیرحوزه، سایتی که معرف پوشش گیاهی باشد انتخاب گردید و تعداد ده پلات در منطقه معرف هر زیرحوزه مورد بررسی قرار گرفت. امتیازدهی به این شاخص با توجه به مقدار محاسبه شده از شاخص غنای منهینگ صورت می‌گیرد، به این معنا که هرچه مقدار غنای محاسبه شده بالاتر باشد، امتیاز بالاتری به آن زیرحوزه تعلق می‌گیرد و زیرحوزه‌ای که مقدار شاخص محاسبه شده برای آن پایین‌تر باشد، از امتیاز کمتری برخوردار است (۹).

پیوستگی

تهیه نقشه موقعیت سازه‌های موجود در منطقه (سد، پل، بندهای گابیونی، سنگی ملاتی و...)

سدها، پل‌ها و بندها معمولاً باعث تغییر ژئومرفولوژی جریان رودخانه می‌شوند. اغلب در پل‌ها هنگامی که جریان افزایش می‌یابد رسوباتی مانند درختان باعث انسداد مجرای آب می‌شوند که این انسداد موجب انقباض و افزایش سرعت جریان می‌گردد. سدها باعث قطع ارتباط بین بالادست و پایین‌دست جریان می‌شوند که خطراتی را برای آبزیان موجود در جریان رودخانه ایجاد می‌کند (۹). در حوزه قطورچای

1- Menhinicks diversity index

هیچگونه سدی احداث نشده‌است. تعداد پل‌های موجود در منطقه و موقعیت آنها با استفاده از نرم‌افزار Google Erath در منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری و صحت آنها توسط بازدید میدانی کنترل گردید. بر اساس گزارش مطالعات انجام‌شده توسط اداره منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، در حوزه قطورچای ۱۷۴ بند اصلاحی احداث شده است که این بندها از نوع گابیونی، سنگی ملاتی و خشکه‌چین با اهداف رسوب‌گیری و تثبیت بستر و مهار سیل بوده است که نقشه سازه‌های مذکور در ارزیابی پیوستگی جریان مورد استفاده قرار گرفته است.

ساخت سازه‌ها بر روی مسیر جریان به طور آشکار باعث قطع ارتباط بالادست و پایین دست می‌شود. سازه‌ها (سد، پل و کالورت) جریان هیدرولوژیکی را کاهش می‌دهند. از بین رفتن تعادل پایین‌دست تخریب را بدنبال خواهد داشت، به دلیل از دست دادن رسوب، شدت تخریب بیشتر در پایین‌دست می‌شود (۲۷). حداکثر تراکم سازه‌های مکانیکی به عنوان حداقل امتیاز سلامت از نظر شاخص پیوستگی در نظر گرفته شد.

ژئومورفولوژی

شکل زمین، در پاسخ به ترکیبی از فرآیندهای طبیعی و انسانی تکامل یافته است که در میان آنها فرسایش یکی از نمونه‌های بارز اثر عوامل هیدرواقلیمی در تشکیل لندفرم‌های مختلف ژئومرفولوژیک است. شاخص فرسایش‌پذیری خاک پتانسیل نسبی خاک را در برابر اثر رواناب و فرایندهای فرسایش نشان می‌دهد، در این مطالعه با توجه به مطالعات انجام شده توسط سازمان محیط زیست امریکا از حاصلضرب طبقه شیب در فاکتور فرسایش‌پذیری K مقدار شاخص مذکور محاسبه گردید (۹).

تهیه نقشه شیب

جهت تهیه نقشه شیب، از DEM با قدرت تفکیک ۳۰ متر منطقه مورد مطالعه استفاده شد. در نرم افزار Arc map 9.3 طبقات شیب در چهار کلاس ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۵-۴۰، ۶۵< طبقه‌بندی گردید. پس از محاسبه عامل فرسایش‌پذیری خاک و تهیه نقشه شیب، رتبه‌بندی امتیاز حساسیت‌پذیری به فرسایش از طریق محاسبه ضرب امتیاز طبقه شیب در مقدار فرسایش‌پذیری K در هر زیرحوزه انجام پذیرفت. جهت تعیین K از منحنی ویشمایر و اسمیت استفاده شد که به این منظور تعداد ۱۹ پروفیل در حوزه مورد مطالعه با توجه به توپوگرافی منطقه و به‌طور متوسط در هر زیرحوزه یک پروفیل، حفر گردید. پس از نمونه‌برداری از عمق ۱۰-۰ سطحی خاک، طبق روش فوق و با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه آزمایشگاهی اقدام به محاسبه عامل فرسایش‌پذیری (K) در هریک از پروفیل‌های مورد مطالعه گردید.

محاسبه تبخیر-تعرق

جهت برآورد میزان تبخیر- تعرق واقعی سالانه از روش تورک (Turk) بر طبق رابطه ۲ استفاده شد (۳).

$$E = \frac{P}{[0.90+\left(\frac{P}{I}\right)^2]^{0.5}}$$ رابطه (۲)

E= تبخیر واقعی سالانه بر حسب میلی‌متر، P= بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر و I= عامل مربوط به دمای متوسط سالانه هواست که مقدار آن از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$I = 300 + 25T + 0.05T^3$$ رابطه (۳)

که در آن: T= متوسط درجه حرارت سالانه بر حسب $^{\circ}c$ است. حساسیت‌پذیری اقلیم رابطه بین تبخیر-تعرق و بارش و نیز شرایط آب‌وهوایی را در سطح منطقه نشان می‌دهد، که این مسئله بر دسترس بودن آب تاثیر می‌گذارد. این شاخص با استفاده از یک تعادل آبی بر اساس میزان بارش و تبخیر-تعرق سالانه محاسبه شده است. جهت محاسبه این شاخص از رابطه ۴ استفاده شده است.

$$Vu=P- ET$$ رابطه(۴)

که در آن، Vu حساسیت‌پذیری اقلیم، P میانگین بارش سالانه هر زیرحوزه و ET میانگین تبخیر و تعرق واقعی سالانه می‌باشد.

تهیه نقشه پوشش گیاهی چندساله

جهت تهیه این نقشه از تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به منطقه مورد مطالعه استفاده شد. به‌دلیل کوهستانی بودن منطقه، جهت کاهش خطای ناشی از وجود ابر از تصاویر مربوط به تاریخ (۲۰۱۵/۰۶/۲۱) از سایت http://landsat.usgs.gov استفاده شد. پس از تهیه تصویر ماهواره‌ای باندهای تصویر توسط نرم‌افزار ENVI 4.7 به صورت RGB:351 که از ترکیب سه باند مختلف و اختصاص هر رنگ از سه رنگ قرمز، سبز و آبی به هر باند است، ترکیب شدند و با کمک Google Earth، پوشش گیاهی چندساله به‌عنوان نمونه تعلیمی مشخص شدند و محدوده کلاس عوارض توسط پلی‌گون‌ها در نرم‌افزار مشخص گردید و با روش طبقه‌بندی نظارت‌شده (شدت حداکثر احتمال) نقشه پوشش گیاهی چندساله حوزه آبخیز قطور برای دو کلاس پوشش گیاهی چندساله و سایر اراضی طبقه‌بندی گردید. پس از تهیه نقشه پوشش گیاهی چندساله از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به لندست۸، مساحت پوشش گیاهی چندساله در هریک از زیرحوزه‌ها محاسبه گردید و با استفاده از رابطه ۳ درصد پوشش گیاهی هر زیرحوزه محاسبه گردید، که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

رابطه (۵)

$$\text{درصد پوشش گیاهی چند ساله} = \frac{\text{مساحت زمین با پوشش گیاهی چندساله}}{\text{مساحت کل حوزه آبخیز}}$$

تهیه نقشه سطوح غیرقابل نفوذ

بررسی عوامل زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در مناطق گوناگون از عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن پتانسیل سیل‌خیزی را افزایش داده است (۴،۲۳). در بسیاری از سیستم‌های طبیعی بخش زیادی از بارش در خاک نفوذ می‌کند و به جریان چشمه‌ها و سفره‌ها وارد می‌شود، در مقابل آن سطوح غیرقابل نفوذ، از نفوذ آب جلوگیری می‌کند و باعث

افزایش جریان آب روی سطح زمین و درنتیجه جریان یافتن آب سریع‌تر صورت می‌گیرد که افزایش حمل رسوبات را بدنبال دارد (۲۹). با استفاده از نرم‌افزار Google Earth سطوح غیرقابل نفوذ شامل جاده‌ها و مناطق شهری و روستایی به‌صورت پلی‌گون‌هایی ترسیم و نقشه سطوح غیرقابل نفوذ تهیه گردید.

تعیین کیفیت آب شرب بر اساس دیاگرام نیمه لگاریتمی شولر

این دیاگرام توسط شولر در سال ۱۹۳۵ تهیه و توسط Berkaloff در سال ۱۹۳۸ و ۱۹۵۲ تجدیدنظر و سپس توسط اداره زمین‌شناسی و معادن فرانسه مرسوم گردید (۵). در پژوهش حال حاضر، داده‌های کیفیت آب ایستگاه‌های موجود در حوزه با دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۹۰-۱۳۶۹) از ایستگاه‌های کیفیت آب وزارت نیرو جمع‌آوری گردید. سه ایستگاه رازی، ترس‌آباد و یزدکان که دارای دوره آماری مشترک بودند جهت انجام محاسبات مربوط به کیفیت آب انتخاب شدند.

تعیین پتانسیل آلایندگی

جهت تعیین پتانسیل آلودگی در هر زیرحوزه بر اساس کاربری‌های موجود اقدام به تهیه نقشه کاربری‌هایی که بیشترین سهم در آلودگی آب را دارند، گردید. در این راستا، نقشه مربوط به کاربری‌های باغ، مراتع و کشاورزی از اداره کل منابع طبیعی استان آذربایجان غربی تهیه شد و با استفاده از طبقات کاربری حاصل از نرم‌افزار ENVI4.7 صحت آنها مورد ارزیابی قرار گرفت و هم‌چنین جهت تعیین کاربری شهری و روستایی با استفاده از نرم‌افزار Google Earth کاربری‌های روستایی و شهری در منطقه مورد مطالعه به‌صورت پلی‌گون در نرم‌افزار مشخص گردید و با نقشه سایر کاربری‌ها ترکیب گردید. پس از تهیه نقشه کاربری‌های تاثیرگذار بر کیفیت آب، پتاسیل تولید آلودگی منطقه در مقیاس زیرحوزه وزن‌دهی به انواع کاربری بر اساس مطالعه انجام شده توسط علیلو (۲) در شهرستان خوی با هدف بررسی تعیین نقاط نمونه‌برداری جهت پایش کیفیت آب سطحی انجام شد. در این روش پارامترهای TSS[1]، TN[2]، TP[3] و BOD[4] با توجه به نوع کاربری شهری، کشاورزی، مرتع و باغ امتیازدهی شده است. بیش‌ترین امتیاز به کاربری شهری و پارامتر TP و کمترین امتیاز به کاربری باغ و پارامتر BOD تعلق گرفت. پتانسیل تولید آلودگی بر اساس کاربری در هر زیرحوزه با توجه به مساحت هریک از کاربری‌ها و با استفاده از رابطه ۶ محاسبه گردید.

$$PPS=WP\times PA \qquad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن، PPS پتانسیل تولید آلودگی، WP وزن پتانسیل تولید آلودگی هر کاربری و PA مساحت هر کاربری در هر زیرحوزه می‌باشد (۲).

محاسبه شاخص سلامت حوزه

محاسبه شاخص سلامت حوزه بر اساس معیارهای مورد استفاده در پایان پس از محاسبه کلیه شاخص‌ها اقدام به تهیه نقشه کلی از سلامت حوزه از نظر کلیه شاخص‌های محاسبه شده گردید. بدین منظور ابتدا بایستی کلیه شاخص‌ها بر پایه امتیاز ۱۰۰-۰ استاندارد سازی شوند. بایستی به این نکته توجه شود که برخی از شاخص‌ها با افزایش مقدار عددی آن‌ها، امتیاز سلامت کاهش می‌یابد، برای مثال مقدار بالای عامل فرسایش‌پذیری در واقع به معنای کاهش امتیاز سلامت می‌باشد و منطقی نمی‌باشد با امتیاز بالای غنای گونه‌ای که به معنای سلامت بالا می‌باشد، جمع گردد و جهت جلوگیری از اشتباه در انجام محاسبات اثر شاخص‌های مورد نظر به صورت عکس اعمال گردید. نتیجه نهایی از تلفیق و اثر سلامت حوزه از نظر کلیه شاخص‌ها در شکل ۱۰ نشان داده شده است. امتیازدهی در ۵ طبقه؛ ۲۰-۰، ۴۰-۲۰، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ به‌ترتیب براساس سلامت خیلی زیاد، زیاد، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف صورت گرفت. هرچه مقدار عددی پارامترهای موردنظر بالاتر باشد، سلامت حوزه افزایش می‌یابد. این طبقه‌بندی بر اساس مطالعات انجام شده توسط سازمان محیط زیست امریکا در ایالات مختلف می‌باشد.

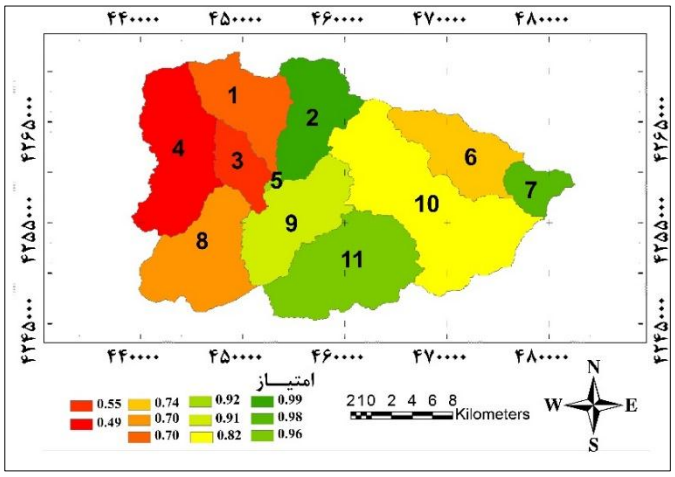
نتایج و بحث

در این بخش نتایج به‌دست آمده از مراحل مختلف تحقیق در بخش‌های مختلف مؤثر بر سلامت آبخیز ارائه می‌شود. بخش اول شامل نتایج نقشه‌های تهیه شده در بخش وضعیت‌زیستی و مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر غنای پوشش گیاهی، بخش دوم نتایج مربوط به بخش پیوستگی و مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر تعداد سازه در واحد طول رودخانه، بخش سوم نتایج مربوط به بخش ژئومرفولوژی و مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر حساسیت‌پذیری اقلیم و حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش، بخش چهارم نتایج مربوط به بخش هیدرولوژی و مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر پوشش گیاهی چندساله و سطوح غیرقابل نفوذ و بخش پنجم نتایج مربوط به کیفیت آب و مقایسه زیرحوزه‌ها از نظر کاربری اراضی می‌باشد. ارزیابی سلامت آبخیز در زیرحوزه‌های مورد مطالعه در پنج بخش، بیولوژی، پیوستگی، ژئومرفولوژی، هیدرولوژی و کیفیت آب که هریک از این بخش‌ها دارای شاخص‌های مهم به خود می‌باشند، بررسی گردید.

ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها از نظر وضعیت‌زیستی

نقشه نهایی شاخص وضعیت‌زیستی در هر زیرحوزه در شکل ۲ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۷ با مقدار ۰/۹۹ دارای حداکثر غنای گونه‌ای شاخص منهینگ است که بیشترین سلامت را از این‌نظر و زیرحوزه شماره ۴ با مقدار ۰/۴۹ حداقل غنای گونه‌ای شاخص منهینگ را دارا می‌باشد که کمترین امتیاز سلامت را به خود اختصاص داده است.

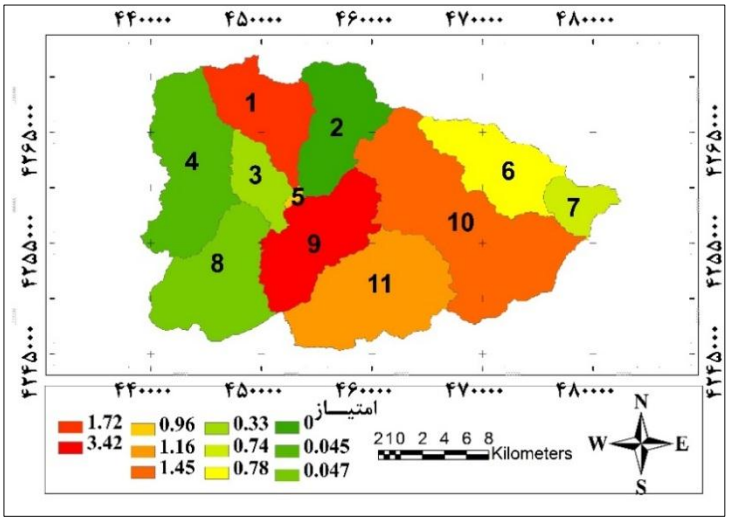
1- Total Suspend solids 2-Total Nitrogen 3- Total Phosphorus 4- Biological Oxygen Demand



شکل ۲- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر شاخص غنای گونه‌ای
Figure 2. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of species richness index

ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها از نظر پیوستگی

نقشه نهایی شاخص پیوستگی در هر زیرحوزه در شکل ۳ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۹ با مقدار ۳/۴۲ دارای حداکثر تراکم سازه در واحد طول رودخانه است که کمترین سلامت و زیر حوزه شماره ۲ به‌علت اینکه هیچ سازه‌ای در آن احداث نشده بود حداقل تراکم را دارا می‌باشد و بیشترین امتیاز سلامت را به خود اختصاص داده است.



شکل۳- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر شاخص پیوستگی
Figure 3. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of connectivity index

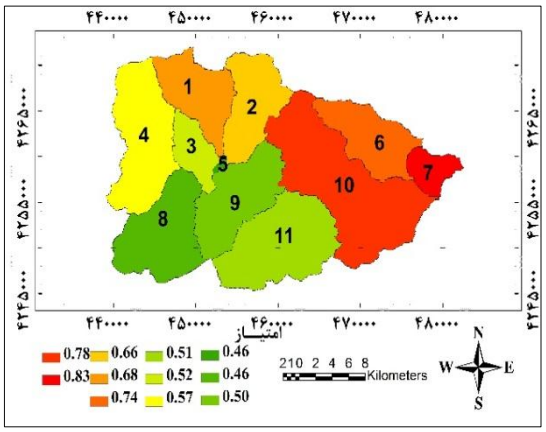
ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها از نظر ژئومرفولوژی
حساسیت‌پذیری به فرسایش

رتبه‌بندی این امتیازات بر اساس نتایج حاصل از محاسبه ضرب امتیاز طبقه شیب هر زیرحوزه در مقدار فاکتور K در زیرحوزه مربوطه می‌باشد که این امتیازات به نسبت معکوس حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش است. زیرحوزه‌هایی که دارای حداکثر حساسیت فرسایش‌پذیری می‌باشند، از کمترین میزان سلامت برخوردار می‌باشند و هرچه مقدار عددی پارامتر مورد نظر بالاتر باشد، سلامت حوزه در این بخش کاهش می‌یابد. نقشه نهایی سلامت حوزه‌آبخیز از نظر حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش در هر زیرحوزه در شکل ۴ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۵ با مقدار ۰/۴۶ از حداقل حساسیت‌پذیری به فرسایش، نسبت به سایر زیرحوزه‌ها برخوردار است که برابر با بیشترین میزان سلامت حوزه می‌باشد. زیرحوزه شماره ۷ با مقدار ۰/۸۳ حداکثر حساسیت‌پذیری به فرسایش را دارد به این معنا که کمترین میزان سلامت مربوط به این زیرحوزه می‌باشد.

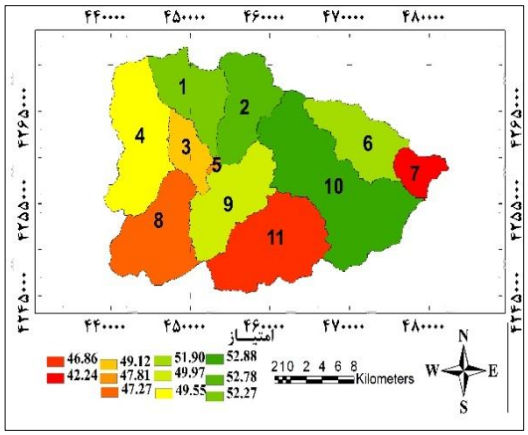
حساسیت‌پذیری اقلیم

نقشه نهایی سلامت حوزه‌آبخیز از نظر حساسیت‌پذیری اقلیم در هر زیرحوزه در شکل ۵ آورده شده است. با توجه به

این شکل زیرحوزه شماره ۱۰ با مقدار ۵۲/۸۸ دارای حداکثر حساسیت‌پذیری اقلیم نسبت به سایر زیرحوزه‌ها است می‌باشد که برابر با بیشترین رطوبت در منطقه می‌باشد و زیرحوزه شماره ۷ با مقدار ۴۲/۲۴ دارای حداقل حساسیت‌پذیری اقلیم نسبت به سایر زیرحوزه‌ها می‌باشد که برابر با کمترین مقدار رطوبت در منطقه است.



شکل ۴- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر حساسیت‌پذیری خاک به فرسایش
Figure 4. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of soil sensivity to erosion



شکل ۵- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر شاخص حساسیت‌پذیری اقلیم
Figure 5. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of climate sensivity

ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها از نظر هیدرولوژی

پوشش گیاهی چندساله

آب در داخل حوزه حرکت می‌کند، رسوبات، مواد شیمیایی و موجودات زنده را با خود حمل می‌کند و در مطالعه چرخه هیدرولوژی، بجز ذخیره آب در سفره‌های زیرزمینی، جریان سطحی به‌طور مداوم و نامنظم در مکان و زمان در حال جریان و تغییر است. میزان پوشش‌گیاهی، حرکت آب در کل حوزه و بسیاری از مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی از جمله؛ نفوذ سطحی، جریان رواناب، تبخیر و تعرق را تحت تاثیر قرار می‌دهد (۹). نقشه نهایی سلامت حوزه‌آبخیز از نظر پوشش گیاهی چندساله هر زیرحوزه در شکل ۶ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۱ با مقدار ۰/۵۳ درصد مساحت زیرحوزه از حداکثر پوشش گیاهی چندساله، نسبت به سایر زیرحوزه‌ها برخوردار می‌باشد که برابر با بیشترین میزان سلامت حوزه می‌باشد. زیرحوزه شماره ۷ با مقدار ۰/۰۹ درصد از مساحت زیرحوزه حداقل پوشش گیاهی چندساله را دارد و کمترین میزان سلامت را در بین زیرحوزه‌های موردمطالعه به خود اختصاص داده است.

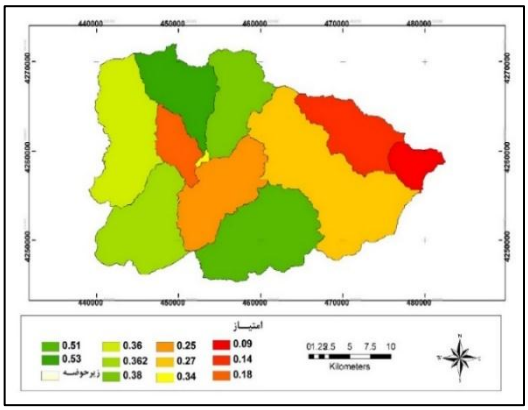
سطوح غیرقابل نفوذ

سطوح غیرقابل نفوذ مانند؛ جاده‌ها، ساختمان‌ها و پارکینگ‌ها مانع از نفوذ جریان می‌شوند که باعث افزایش جریان سطحی و افزایش سرعت آن می‌شود، که افزایش رسوبات حمل شده را به‌دنبال دارد (۲۹). نقشه سلامت حوزه‌آبخیز از نظر شاخص سطوح غیرقابل نفوذ در هر زیرحوزه در شکل ۷ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۱ با مقدار ۰/۵۶ درصد از مساحت زیرحوزه دارای حداقل سطوح غیرقابل نفوذ نسبت به سایر زیرحوزه‌ها می‌باشد که برابر با بیش‌ترین میزان سلامت حوزه می‌باشد. زیرحوزه شماره ۵ با مقدار ۱۰/۷۷ درصد از مساحت زیرحوزه حداکثر سطوح غیرقابل نفوذ را دارد و کم‌ترین میزان سلامت نسبت به سایر زیرحوزه مربوط به این زیرحوزه می‌باشد.

ارزیابی سلامت زیرحوزه‌ها از نظر کیفیت آب

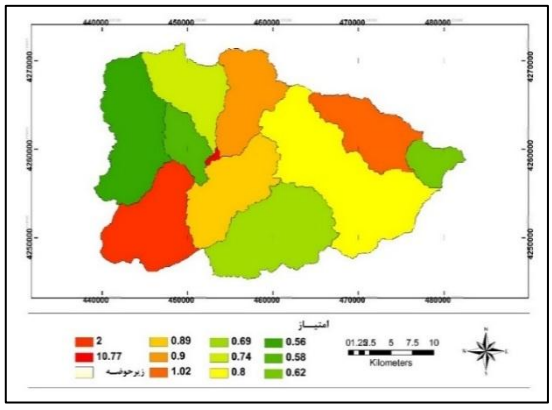
منابع آلاینده نقطه‌ای

شاخص کیفیت آب از نظر منابع نقطه‌ای با استفاده از دیاگرام شولر و برای آب شرب مورد بررسی قرار گرفت. این بررسی‌ها با استفاده از ۳ ایستگاه کیفیت آب وزارت نیرو انجام شد و مقادیر اندازه‌گیری شده در هریک از ایستگاه‌ها به زیرحوزه‌های بالادست آن ایستگاه نسبت داده شد. نقشه نهایی سلامت حوزه‌آبخیز از نظر کیفیت آب منابع نقطه‌ای بر اساس دیاگرام شولر در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۸ که ایستگاه رازی در آن قرار دارد، و پس از آن زیرحوزه‌های مربوط به بالادست ایستگاه یزدکان و در نهایت زیرحوزه شماره ۴ که ایستگاه ترس‌آباد در آن واقع شده است، دارای بیشترین مقدار سلامت از نظر پارامترهای دیاگرام شولر می‌باشند. بایستی به این نکته توجه شود که کلیه زیرحوزه‌ها از نظر کیفیت آب بر اساس پارامترهای دیاگرام شولر در طبقه خوب قرار دارند اما از نظر مقایسه زیرحوزه‌ها با هم اختلاف وجود دارد.



شکل ۶- سلامت زیرحوزه‌های حوزه آبخیز قطورچای از نظر هیدرولوژی بر اساس درصد پوشش گیاهی چندساله

Figure 6. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of hydrology based on perennial vegetation cover



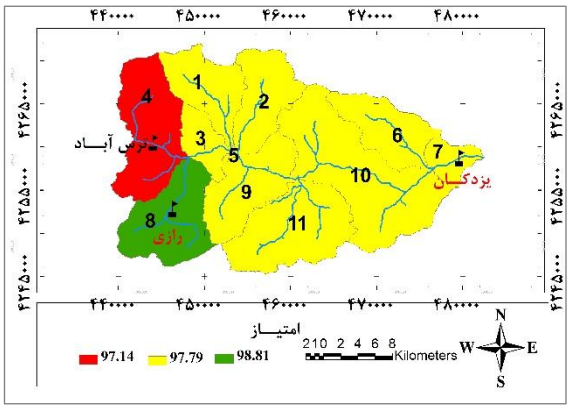
شکل ۷- سلامت زیرحوزه‌های حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر هیدرولوژی (درصد سطوح غیرقابل نفوذ)

Figure 7. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of hydrology (percent of impermeable surfaces)

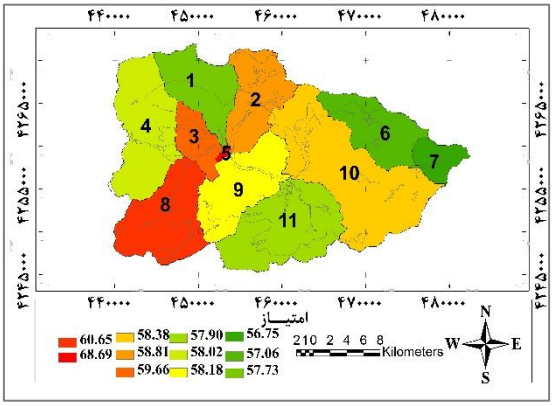
منابع آلاینده غیرنقطه‌ای

این نوع آلودگی زمانی اتفاق می‌افتد که مواد شیمیایی زیان‌آور در داخل آب انتشار پیدا کند. این منابع معمولاً از خروجی کارخانه‌های تصفیه فاضلاب‌های شهری، فاضلاب‌های صنعتی و شهری می‌باشد. نقشه نهایی سلامت حوزه‌آبخیز از نظر پتانسیل تولید آلودگی بر اساس کاربری در شکل ۹ آورده شده است. با توجه به این شکل زیرحوزه شماره ۵ با مقدار ۶۸/۶۹ دارای حداکثر تولید آلودگی بر اساس کاربری، نسبت به سایر زیرحوزه‌ها می‌باشد که دارای کمترین میزان سلامت حوزه می‌باشد. زیرحوزه شماره ۷ با مقدار ۵۶/۷۵ کمترین آلودگی را با توجه به کاربری‌های موجود در آن تولید کرده است و بیشترین میزان سلامت را نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارا می‌باشد.

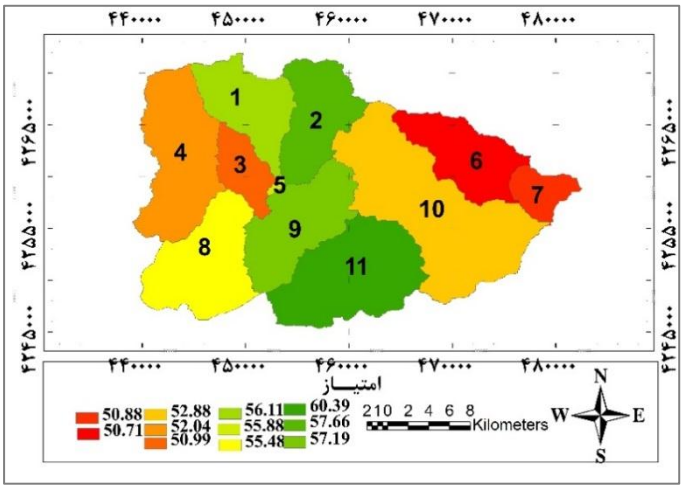
با توجه به شکل ۱۰ زیرحوزه شماره ۱۱ با امتیاز سلامت حوزه ۶۰/۳۹ دارای حداکثر سلامت نسبت به سایر زیرحوزه‌ها و زیرحوزه شماره ۶ با امتیاز سلامت حوزه ۵۰/۷۱ حداقل امتیاز را به خود اختصاص داده است. در حالت کلی با توجه به امتیازات و طبقات تعریف شده کلیه زیرحوزه‌ها جز زیرحوزه شماره ۱۱ که در طبقه سلامت زیاد قرار دارد، سایر زیرحوزه‌ها سلامت در طبقه متوسط را دارا می‌باشند.



شکل ۸- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های آبخیز قطورچای از نظر کیفیت آب بر اساس دیاگرام شولر
Figure 8. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of water quality based on Schooler diagram



شکل ۹- امتیاز سلامت زیرحوزه‌های آبخیز قطورچای از نظر پتانسیل تولید آلودگی
Figure 9. Health score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of potential for pollution production



شکل ۱۰- امتیاز نهایی شاخص سلامت زیرحوزه‌های آبخیز قطورچای از نظر شاخص‌های مورد استفاده
Figure 10. Final health index score of Ghotorchay Subwatersheds in terms of used indices

در این پژوهش به بررسی سلامت حوزه‌آبخیز قطورچای از نظر پنج بخش بیولوژی، پیوستگی، ژئومرفولوژی، هیدرولوژی و کیفیت آب، بر اساس تعیین شاخص‌های تأثیر گذار بر سلامت حوزه، پرداخته شد و در انتها با تلفیق مقادیر معیارهای مذکور مقدار شاخص سلامت آبخیز تعیین گردید. آبخیزداری بر این نکته تاکید می‌کند که منابع آب در یک حوزه‌آبخیز به نحوی تفکیک‌ناپذیر با سایر منابع طبیعی حوزه از قبیل خاک، اتمسفر و پوشش گیاهی در ارتباط می‌باشد. بنابراین هدف

عمده در مدیریت حوزه‌های آبخیز و یا همان آبخیزداری حفظ سلامت اکولوژیکی منابع طبیعی به‌عنوان پیش‌شرط نیل به توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. ارزیابی و بهبود سلامت حوزه‌های آبخیز در واقع نمودی از مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌باشد (۹). کاهش تنوع‌زیستی در دنیا انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری را به‌دنبال دارد زیرا هریک از این گونه‌ها نقش اساسی را در زنجیره غذایی اکوسیستم بازی می‌کنند و با نابودی یک گونه تعادل حیاتی در طبیعت به‌هم می‌خورد (۱۹). در پژوهش حاضر، نتایج محاسبات مربوط به غنای گونه‌ای نشان داد که زیرحوزه ۲ نسبت به سایر زیرحوزه‌ها از غنای گونه‌ای بالاتری برخوردار است و حداقل غنای گونه‌ای مربوط به زیرحوزه ۴ می‌باشد (شکل ۲). با توجه به این مسئله که سلامت اکوسیستم‌ها با افزایش غنای گونه‌ای افزایش می‌یابد بنابراین زیرحوزه ۴ از سلامت کمتری برخوردار است. بالا بودن سلامت زیرحوزه ۲ را می‌توان به اقلیم مرطوب (میزان بارندگی بالا) آن نسبت داد که بارش مناسب امکان رشد گونه‌های گیاهی را افزایش می‌دهد، هم‌چنین پایین بودن غنای گونه‌ای زیرحوزه ۴ به این علت که مراتع این زیرحوزه مورد چرای تعداد زیادی از دام‌های روستاهای اطراف قرار می‌گیرد و می‌توان علت کم بودن غنای گونه‌ای زیرحوزه موردنظر نسبت به سایر زیرحوزه‌ها را این مسئله عنوان کرد. پل‌ها و آب‌گذر باعث تنگ شدن کانال‌های طبیعی می‌شوند و این عامل باعث افزایش سرعت آب در زیر پل و کالورت می‌شود. در واقع جریان سریع‌تر است و توانایی جریان باعث فرسایش بستر در زیر پل‌ها و انتقال رسوبات به پایین‌دست می‌شود. اگر جریان طولی رودخانه‌ها مختل شود، ساختار بیولوژیکی جریان به‌طور قابل توجهی تغییر خواهد کرد (۷). نتایج پژوهش حال حاضر نشان داد که زیرحوزه ۸ با دارا بودن امتیاز ۳/۴۲ در واقع کم‌ترین سلامت را نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارا می‌باشد (شکل ۳). هم‌چنین زیرحوزه ۲ به علت اینکه هیچگونه سازه‌ای در آن بر مسیر رودخانه احداث نشده‌است و ازنظر سلامت نسبت به سایر زیرحوزه‌ها بیش‌ترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. با بررسی وضعیت آبزیان این زیرحوزه‌ها می‌توان آثار احداث بندها بر تولیدمثل آن‌ها را به وضوح مشاهده نمود. همچنین در پای پل‌های احداث شده به‌علت محدود شدن جریان در زیر پل، به سرعت جریان افزوده شده و این افزایش به مرور زمان فرسایش را به‌دنبال خواهد داشت. فرسایش خاک یک مسئله محیطی جهانی است که از حاصلخیزی خاک و کیفیت آب کاسته، رسوب‌زایی و احتمال وقوع سیل را افزایش می‌دهد (۳۰). حساسیت‌پذیری اقلیم، به عنوان تابعی از حساسیت به تغییر اقلیم تعریف شده است (۲۴). در واقع تغییر اقلیم باعث حساسیت‌پذیری اقلیم می‌شود و زمانی افزایش می‌یابد که اقلیم منطقه به سمت خشکی پیش رود که باعث کاهش پوشش گیاهی و دسترسی به منابع آب نیز کاهش می‌یابد که این مسئله بر مسائل اقتصادی اجتماعی تاثیر می‌گذارد. نتایج پژوهش انجام شده با توجه به شکل (۴) نشان داد که زیرحوزه ۷ بیشترین مقدار حساسیت به فرسایش را با توجه به درصد شیب و فاکتور فرسایش‌پذیری K دارد و کمترین مقدار آن مربوط به زیرحوزه ۵ می‌باشد. می‌توان علت بالا بودن حساسیت‌پذیری به فرسایش در زیرحوزه ۷ را به پایین بودن درصد پوشش گیاهی چندساله (شکل ۶) این زیرحوزه نسبت داد، چرا که پوشش گیاهی چندساله از عوامل کاهش فرسایش است. در مورد حساسیت‌پذیری اقلیم نتایج پژوهش حاضر نشان داد که زیرحوزه ۱۰ دارای بیشترین اختلاف میان بارش و تبخیر–تعرق است و شاید بتوان علت آن را به بالا بودن ارتفاع بخش‌هایی از این زیرحوزه نسبت داد که باعث کاهش تبخیر و تعرق شده و اقلیم مرطوب‌تری نسبت به سایر زیرحوزه‌ها شده است و زیرحوزه ۷ حداقل این اختلاف را دارا می‌باشد که حاکی از اقلیم خشک‌تر زیرحوزه مربوطه نسبت به سایر زیرحوزه‌هاست (شکل ۵). گسترش روزافزون پهنه شهرها و ساخت و سازهای شهری، با تبدیل زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی همراه است. بنابراین، پیامد آن گسترش پهنه‌های نفوذناپذیر و افزایش رواناب‌های سطحی خواهد بود، که در بلند مدت ممکن است سبب ایجاد سیلاب‌های ویرانگر شهری شود. به‌منظور کاهش این آسیب‌ها، کنترل، هدایت و سرانجام مدیریت سیلاب‌های شهری امری اجتناب‌ناپذیر است. در مطالعه انجام شده نتایج نشان داد که زیر حوزه ۱ با مقدار ۰/۵۳ درصد دارای حداکثر پوشش گیاهی چندساله می‌باشد و زیرحوزه ۷ تنها ۰/۰۹ درصد از کل مساحت زیرحوزه مربوطه دارای پوشش گیاهی چندساله است (شکل ۶). این نتایج نشان می‌دهد که احتمال وقوع سیلاب و رواناب در این زیرحوزه نسبت به سایر زیرحوزه‌ها بیشتر است و در واقع شاخص سلامت حوزه از این نظر کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش در بخش سطوح غیرقابل نفوذ با توجه به شکل (۷) نشان داد حداکثر مساحت سطوح غیرقابل نفوذ در زیرحوزه ۵ (۱۰/۷۷ درصد) و حداقل آن در زیر حوزه ۴ (۰/۵۶درصد) می‌باشد. این نتایج سلامت زیرحوزه ۵ را حداکثر و سلامت زیرحوزه ۴ را حداقل نشان داد. کمیّت و کیفیت آب، یکی از پایه‌های اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌رود. از طرفی رودخانه‌ها به‌عنوان منبع اصلی و قابل دسترس تأمین‌کننده نیازهای جوامع بشری مطرح بوده که علاوه بر کمیّت آب، کیفیت آب نیز جزء پارامترهای مهم تعیین‌کننده محسوب می‌شوند (۲۶). کاربری زمین یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کیفیت آب منابع سطحی و به‌خصوص رودخانه‌ها می‌باشد. همزمان با افزایش جمعیت، نوع کاربری زمین تغییر می‌کند، بنابراین رواناب ناشی از بارندگی‌ها و نیز تخلیه پساب‌های شهری، منجر به افزایش مواد مغذی و دیگر آلاینده‌ها به داخل رودخانه‌ها و منابع سطحی می‌شود (۱۴). دخالت‌های انسان در بیش‌تر کاربری‌های مختلف منجر به تغییرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در رودخانه‌ها و منابع آبی هم‌جوار می‌گردد. این تغییرات عموماً منفی بوده و بهره‌برداری از منابع آبی را به‌شدت محدود می‌کند (۱۵). نتایج این پژوهش در بخش کیفیت آب منابع نقطه‌ای نشان داد که کیفیت آب منطقه مورد مطالعه از نظر شرب و با توجه به دیاگرام شولر در محدوده خوب دیاگرام قرار دارد و با رعایت اصول بهداشتی می‌توان جهت استفاده‌های گوناگون از آن

بهره‌برداری نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که بیش‌ترین پتانسیل تولید آلودگی بر اساس کاربری‌های موجود در منطقه به توجه به شکل (۹) به زیر حوزه ۵ اختصاص دارد و علت این امر بالا بودن مساحت کاربری شهری و کشاورزی در زیرحوزه مورد نظر می‌باشد و نیز با توجه به این علت که وزن کاربری شهری و کشاورزی نسبت به سایر کاربری‌ها بالاتر می‌باشند، بنابراین می‌توان علت بیشترین پتانسیل تولید آلودگی منابع غیرنقطه‌ای را به این مسئله نسبت داد. در مجموع می‌توان گفت که کیفیت نامناسب آب، استفاده‌های آن را برای اهداف مختلف محدود نموده و ممکن است با وجود منابع آب سطحی فراوان در یک حوزه، کیفیت پایین آن عامل محدودکننده باشد. از طرفی با توجه به تأثیرپذیری بسیار بالای کیفیت آب از فعالیت‌های کشاورزی و نیز ترکیب کاربری‌های اراضی در مقیاس آبخیز، شاخص کیفیت آب می‌تواند نماینده مناسبی از برآیند اثر فعالیت‌های انسانی بر شاخص سلامت حوزه‌آبخیز مدنظر قرار گیرد. نتایج حاصل از تلفیق کلیه پارامترها در پژوهش حال حاضر نشان داد که زیرحوزه ۱۱ دارای حداکثر سلامت و زیرحوزه ۶ دارای حداقل سلامت نسبت به سایر زیرحوزه‌ها می‌باشد. حدود سلامت کلیه زیرحوزه‌ها به جز زیرحوزه ۶ با مقدار ناچیز در طبقه ۸۰-۶۰ با وضعیت خوب قرار دارد، سایر زیرحوزه‌ها در طبقه ۶۰-۵۰ با وضعیت متوسط قرار دارند. در حالت کلی می‌توان با توجه به شکل (۱۰) این را بیان کرد که بخش‌های میانی حوزه مورد مطالعه دارای وضعیت سلامت بهتری نسبت به سایر زیرحوزه‌ها و بخش پایین دست حوزه از وضعیت سلامت ضعیف‌تری نسبت به سایر زیرحوزه‌ها برخوردار است و می‌توان علت آن را به عوامل انسانی مانند تغییر کاربری و فشار بر مراتع از طریق تعداد دام بیش‌از ظرفیت عنوان کرد. با توجه به اینکه کلیه شاخص‌های محاسبه شده دارای اهمیت بسزایی در سلامت حوزه‌ها آبخیز هستند، اما بنظر می‌رسد در پژوهش انجام شده پوشش گیاهی چندساله به علت تأثیرگذاری بیشتر بر سایر بخش‌ها دارای اهمیت بیشتری از نظر فرسایش، رواناب، غنا و.... بوده است. ممکن است درجه سلامت آبخیز بر اساس معیارهای جداگانه با نتایج اولویت‌بندی بر اساس جمع‌بندی شاخص‌ها و تلفیق‌ها منطبق نباشد، در این خصوص اولویت‌بندی نهایی با درنظرگرفتن همه شاخص‌های مذکور بهتر می‌تواند درجه سلامت هریک از زیرحوزه‌ها را بیان نماید. جهت هرچه بهتر مشخص شدن وضعیت سلامت حوزه مورد نظر می‌توان عوامل تأثیرگذار دیگری را که بر پایداری حوزه اثر می‌گذارند، مورد ارزیابی قرار داد، از جمله این عوامل می‌توان به غنای گونه‌های جانوری منطقه اشاره نمود و گونه‌های در معرض انقراض را مشخص و تدابیر لازم را برای حفاظت از آن‌ها اندیشید. با توجه به اختلاف در حوزه‌های متفاوت از نظر پارامترهای تأثیرگذار بر پایداری آن‌ها، پیشنهاد می‌گردد در بحث ارزیابی سلامت حوزه‌ها از ویژگی‌های مختص به هر حوزه استفاده گردد. با توجه به اهمیت مسائل اقتصادی-اجتماعی آبخیزنشینان، پیشنهاد می‌شود اثرات سلامت حوزه در این بخش نیز مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1. Aghapor, A.A. 2005. Analysis of water quality and determine of its change reasons in Ghotor river, 8th National Congress on Environmental Health,290-300 Tehran, Iran (In Persian).
2. Alilou, H. 2015. Design of Sampling Locations for Surface Water Quality Monitoring at Watershed Scale (A Case Study: Khoy watershed). M.Sc. Thesis, University of Tehran, Faculty of Natural Resources, Karaj. Iran, 169 pp (In Persian).
3. Alizadeh, A. 2009. Principles of applied hydrology. 26th ed., Emam Reza University, Mashhad, Iran, 941 pp (In Persian).
4. Bazneshin, Sh., A. A. Emadi and R. Fazoula. 2016. Investigation the Flooding Potential of Basins and Determination Flood Producing Areas (Case Study: NEKA Basin). Journal of Watershed Management Research, 7(14): 20-28 pp (Persian).
5. Chehrazi, D. 2010. Assessment and exploitation of ground water. 1st ed., Ministry of Energy of Iran, Tehran, Iran, 354 pp (In Persian).
6. Dai, Q., G. Liu, Sh. Xue, X. Lan, Sh. Zhai, J. Tian and G. Wang. 2007. Health diagnoses of ecosystems subject to a typical erosion environment in Zhifanggou watershed, north-west China. Front of Forestry China, 2(3): 241-250.
7. Diebel, M., M. Fedora and S. Cogswell. 2009. Prioritizing road crossing improvement to restore stream connectivity for stream resident fish. International Conference on Ecology and Transportation, 1-18 pp., North Carolina State University, USA.
8. Ejtehadi. H., A. Sepehry and H.R. Akkafi. 2012. Methods of Measuring Biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. Iran, 230 pp (In Persian).
9. Environment Protection Agency. 2011. Healthy Watersheds Initiative, National Framework and Action Plan. EPA 841-R-11-005.
10. Environment Protection Agency. 2012. Identifying and protecting Healthy Watersheds. EPA 841-B-11-002.
11. Environment Protection Agency. 2014. Wisconsin Integrated Assessment of Watershed Health, A Report on the status and Vulnerability of watershed Health in Wisconsin. EPA 841-R-14-001
12. Esmali, A. and Kh. Abdolahi. 2010. Watershed management and soil conservation. Ardabil University, Ardabil, Iran, 612 pp (In Persian).

13. Guangwei, H. 2011. Long-term impacts of policy mismatch upon watershed health. Journal of River Basin Management, 9(1): 79-84.
14. Hara, Y., K. Takeuchi and S. Okubo. 2004. Urbanization Linked with Past Agricultural Land use Patterns in the urban Fringe of a Deltaic Asian mega-city: a case study in Bangkok. Landscape and Urban Planning, 73(1): 16-28.
15. He, H., J. Zhou, Y. Wu, W. Zhang and X. Xie. 2008. Modelling the response of surface water quality to the urbanization in Xian, China, Journal of Environmental Management, 86(4): 731-749.
16. Homauonfar, V., A.D. Darvishan and S.D.R. Sadeghi. 2016. Effects of Soil Preparation for Laboratorial Erosion Studies on Surface Runoff. Journal of Watershed Management Research, 7(14): 60-68 pp (In Persian).
17. Isabel, D.A., V. Ferreira and M. Graca. 2012. The performance of biological indicators in assessing the ecological state of streams with varying catchment urbanization levels in Coimbra, Portugal. Limnetica, 31(1): 141-153.
18. Jat, M.K., D. Khare, K. Garge and V. Shankar. 2009. Remote Sensing and GIS-based assessment of urbanization and degradation of watershed health. Urban Water Journal, 6(3): 251-263.
19. Jenkins, M.A. and G.A. Parker. 1998. Composition and diversity of woody vegetation in silvicultural openings of southern Indiana forests. Forest Ecology and Management, 109(1): 57-74.
20. Marriott, D. and S. Adams. 2005. Environmental services city of Portland, Summary of the Framework for Integrated Management of Watershed Health, Portland Oregon.
21. Mohseni Saravi, M. 2013. Hydrology of rangeland. 1st edn, Jahad Daneshgahi, Tehran, Iran, 233 pp (In Persian).
22. Nerkar, S.S., A.J. Tamhankar, E. Johansson and C.S. Lundburg. 2013. Improvement in health and empowerment of families as a result of watershed management in a tribal area in India-a qualitative study. International Health and Human Rights, 13(42): 1-12.
23. Rezvani, H. 1998. Study the Effective Factors in Flood Production and Evaluation Control Factors. Forest and Rangeland. Journal of Watershed Management Research, 23: 25-36 (In Persian).
24. Sherbinin, D., A. Schiller and A. Pulsipher. 2007. The vulnerability of global cities to climate hazards. Environment and Urbanization, 19(1): 39-64.
25. Singh, A., A. Dieye and M. Finco. 1999. Assessing Enviromental Condition Major River Basins in Africa as Surrogates for Watershed Health. Ecosystem Health, 5(4): 265-274.
26. SolaimaniSardo, M., A.A. Vali, R. Ghazavi and H.R. Saidi Goraghani. 2013. Trend Analysis of Chemical Water Quality Parameters; Case study Cham Anjir River. Irrigation & Water Engineering, 3(12): 95-106 (In Persian).
27. Staton, S., K.A. Dextrase, J. MetcalfeSmith, J.D. Maio, M. Nelson, J. Parish, B. Kilgour and E. Holm. 2003. Status and trends of Ontario's Sydenham River Ecosystem in relation to aquatic species at risk. Environmental Monitoring and Assessment, 88(1): 283-310.
28. Vitousek, P., H. Mooney, J. Lubchenco and J. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. Urban Ecology, 277(5325): 494-499.
29. White, M.D and K.A. Greer. 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California. Landscape and Urban Planning, 74(2): 125-138.
30. Wildhaber, Y.S., D. Bnninger, K. Burri and C. Alewell. 2012. Evaluation and application of a portable rainfall simulator on subalpine grassland. Catena, 91: 56-62.
31. Williams, J.E., C.A. Wood and M.P. Dombeck. 1997. Watershed Restoration: Principles and Practices. American Fisheries Society, Bethesda, Md.
32. Wohl, E.E., P.L. Angermeier, B. Bledsoe, G.M. Kondolf, L. MacDonnell, D.M. Merritt, M.A. Palmer, N.L. Poff and D. Tarboton. 2005. River restoration. Water Resources Research, 41(10301): 1-12.
33. Xia, J., Y. Zhang, Ch. Zhao and S.E. Bunn. 2014. A bio indicator assessment framework of river ecosystem health and the detection of factors influencing the health of the Huai River Basin, China. Journal of Hydrologic Engineering, 19(8): 1-34.

Assessment and Prioritizing of Subwatersheds Based on Watershed Health Scores (Case Study: Ghotorchay, Khoy, West Azerbaijan)

Parvin Momenian[1], Habib Nazarnejhad[2], MirHassan Miryaghoubzadeh[3] and Raoof Mostafazadeh[4]

1- Graduated M.Sc., In Watershed Management Engineering, Urmia University
2- Assistant Professor, Department of Grassland and Watershed Management Faculty of Natural Resources, Urmia University, (Corresponding Author: h.nazarnejad@urmia.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Grassland and Watershed Management Faculty of Natural Resources, Urmia University
4- Assistant Professor, Faculty of Agricultural Technology and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili
Received: April 25, 2017 Accepted: April 9, 2018

Abstract

Integrated watershed management is known as a new pattern of planning which emphasizes importance of the sustainable development and management of on watershed: water and soil. Therefore, the goals of watershed management will be fulfilled when an integrated management is employed on watershed's resources. In this study, Ghotorchay watershed is located in West Azarbaijan province, Iran was prioritize according to the health rate. The study area with 6800 ha the study watershed is divided into 11 sub-watershed. Toward this purpose, indices are defined that play main role in the health rate of watershed and show the importance of watershed components. Communications and interactions of each sub-watersheds constituent parts are considered to evaluate the indices. The sub-watershed are divided into five categories: biological condition (species richness), continuity (the number of structure per unit length of river), geomorphology (sensitivity of soil to erosion and climate), hydrology (perennial vegetation and impervious surfaces), and water quality (point and non-point sources). Eventually, the sub-basins were prioritized in terms of each index and the final map was obtained by combining all the calculate criteria. The results show that the health rate of watershed is medium (50-60%), sub-basin 11 has the highest watershed health with 60.39 score rather than other sub-watershed and sub-watershed 6 has the lowest watershed health with 50.71 score with respect to other sub-watersheds. The cause of reduction of health was assessed in each sub-watershed and solutions to improve health and prevent the decline was proposed that these results can prioritize actions to improve and strengthen watershed services should be considered.

Keywords: Prioritizing, Connectivity, Health rate of watershed, Water quality, Hydrology