

پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای محاسبه گردید. نتایج اعتبارسنجی نشان داد که پارامترهای مورفومتریکی و مدل ترکیبی دارای دقت بالایی در شناسایی زیرحوضه‌های با پتانسیل سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری بالا می‌باشد، به طوری که زیرحوضه‌های ۴، ۶ و ۹ به ترتیب دارای بیش‌ترین مقادیر رسوب ویژه (۹۷/۱، ۸۰/۲، ۷۰/۱) تن در هکتار در سال و نسبت تولید رسوب (۵۷، ۵۵، ۵۹) درصد می‌باشند. نتایج حاصل از این پژوهش در مدیریت حوزه‌های آبخیز در منطقه مورد مطالعه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: مورفومتری، روش ترکیبی تاپسیس - رگرسیون چندمتغیره، فرسایش‌پذیری، حوضه آسمانگر، مدیریت آبخیز

مقدمه

منابع آب و خاک محدود می‌باشند [۴۰]، و مدیریت پایدار منابع آب و خاک یک نیاز اساسی به‌ویژه در مناطق حساس خشک و نیمه‌خشک می‌باشد [۲]. با توجه به این که برنامه‌های توسعه‌ای این منابع عمدتاً در حوزه‌های آبخیز اجرایی می‌گردد، اولویت‌بندی حوزه‌ها به‌منظور برنامه‌ریزی مناسب و مدیریت منابع طبیعی به‌منظور توسعه پایدار ضروری می‌باشد [۲]. فرسایش خاک از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی می‌باشد که باعث هدررفت این منابع در حوزه‌های آبخیز می‌گردد [۴۶]، بنابراین کنترل و مدیریت آن از اهمیت بالایی برخوردار است. شرط اول کنترل فرسایش و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی‌تر و اولویت‌بندی آن‌ها می‌باشد تا در صورت اجرای عملیات کنترلی مناطق دارای اولویت‌بندی بالاتر را مدنظر قرار داده و برنامه‌های کنترلی در این زیرحوضه‌ها متمرکز شوند [۴]. تاکنون از روش‌های مختلفی مانند شاخص تولید رسوب^۵، استراتژی کاربری اراضی^۶، به‌کارگیری فاکتورهای موثر در ارزیابی زیست‌محیطی، روش‌های تلفیقی مدل‌سازی هیدرولوژیکی و سامانه اطلاعات جغرافیایی، مدل‌سازی پتانسیل فرسایش خاک زیرحوضه‌ها، پارامترهای مورفومتریکی^۷ و جنبه‌های اجتماعی اقتصادی^۸ به‌منظور

اولویت‌بندی مورفومتریکی حوزه‌های آبخیز به منظور مدیریت بهینه منابع آب و خاک

علیرضا عرب عامری^۱، حمیدرضا پورقاسمی^۲، خلیل رضایی^۳ و

مسعود سهرابی^۴

تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش ۱۳۹۶/۱۲/۱۹

چکیده

اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز در مدیریت منابع طبیعی و به‌ویژه مدیریت حوزه‌های آبخیز نقش موثری دارد. در این پژوهش به اولویت‌بندی ۱۱ زیرحوضه آبخیز آسمانگر در استان چهارمحال بختیاری با استفاده از ۱۳ پارامتر مورفومتریکی شکلی، خطی و توپوگرافیک و مدل ترکیبی تاپسیس - رگرسیون خطی چندمتغیره پرداخته شده است. به‌منظور تعیین وزن پارامترهای مورفومتریکی از مدل رگرسیون چندمتغیره خطی و به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تاپسیس استفاده گردیده است. نتایج وزن‌دهی پارامترها نشان داد که پارامترهای نسبت انشعاب، ضریب شکل و عدد ناهمواری، به ترتیب با کسب ۰/۶۱۲، ۰/۲۲۱، ۰/۲۱۲ امتیاز بیش‌ترین تاثیر را در سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند. طبق نتایج اولویت‌بندی، زیرحوضه‌های ۴، ۶ و ۹ به ترتیب با کم‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت (۰/۴۸۰، ۰/۰۵۱۶، ۰/۰۰۶۲) و بیش‌ترین فاصله از ایده‌آل منفی (۰/۱۷۴۶، ۰/۱۸۰۹، ۰/۱۷۳۴) و با کسب بیش‌ترین امتیاز (۰/۷۸۴۱، ۰/۷۷۷۷، ۰/۷۳۶۵) در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند و باید برای انجام اقدامات مدیریتی و آبخیزداری در اولویت قرار گیرند. به‌منظور اعتبارسنجی مدل، مقادیر رسوب ویژه و نسبت تولید رسوب (SDR) برای هر زیرحوضه با روش PSIAC با استفاده از ۹ پارامتر زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، توپوگرافی،

۱- نویسنده مسئول و دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس تهران پست الکترونیک: alireza.ameri91@yahoo.com

۲- استادیار بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز.

۳- استادیار رسوب‌شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران

۴- کارشناس ارشد عمران، خاک و پی، بخش عمران، گروه خاک و پی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد ارومیه

5. Erosion/Sediment Yield Index (SYI)

6. Land use strategies

7. Morphometric Parameters

8. Socioeconomic aspects

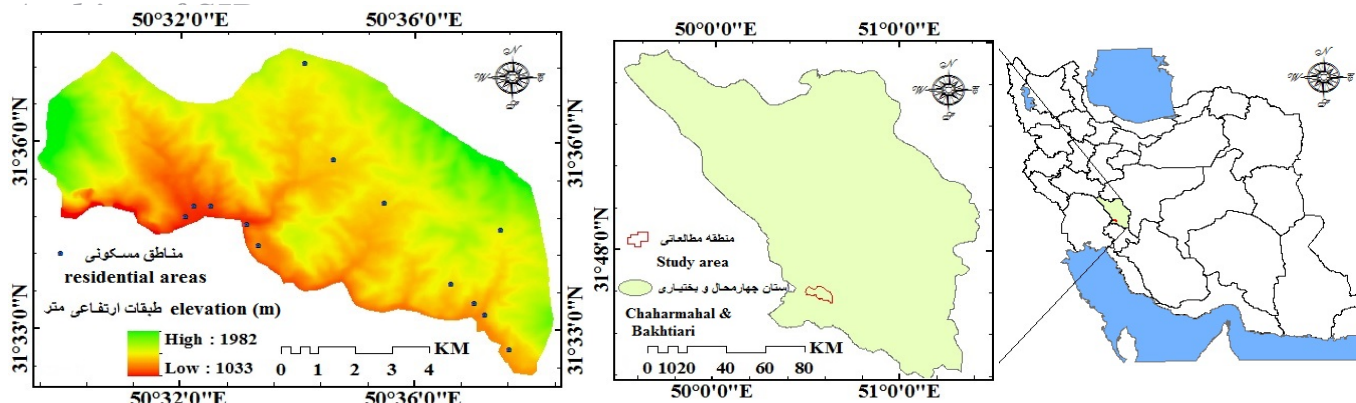
پارامترهای بافت زهکشی، نسبت ناهمواری و طول جریان کمترین تاثیر را داشته‌اند. در ایران نیز امانی و نجفی‌نژاد [۴] به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS در حوزه آبخیز لهندر در استان گلستان پرداخته‌اند و بدین منظور از پارامترهای مورفومتری و شاخص رسوب سالیانه استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که از نظر پارامترهای مورفومتری زیرحوضه B5 و از نظر پارامتر شاخص رسوب سالیانه زیرحوضه A5 دارای وضعیت بحرانی‌تر بوده و حاصل تلفیق هر دو عامل نشان داد که زیرحوضه B2 دارای بدترین شرایط می‌باشد. رحمتی و همکاران [۳۵] سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز استان گلستان را بر اساس آنالیز مورفومتری و همبستگی آماری مورد ارزیابی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که پارامترهای عدد ناهمواری، ضریب فرم و نسبت ناهمواری بیشترین تاثیر را در سیل‌خیزی منطقه مطالعاتی داشته‌اند. فلاح و همکاران [۱۲] از آنالیز مورفومتری و تغییرات کاربری اراضی به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در حوزه آبخیز تالاب استان مازندران استفاده نمودند. بدین منظور از ۱۱ پارامتر مورفومتری خطی، شکلی و توپوگرافیک شامل اختلاف ارتفاع، تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، طول جریان روی سطح زمین، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، نسبت کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، شاخص شکل و فاکتور شکل استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که از ۲۱ زیرحوضه مورد بررسی، ۹ زیرحوضه در اولویت خیلی زیاد، ۶ زیرحوضه در اولویت زیاد، ۵ زیرحوضه در اولویت متوسط، و یک زیرحوضه در اولویت کم قرار گرفته‌اند. بررسی سوابق تحقیق نشان داد که تاکنون در زمینه استفاده از پارامترهای مورفومتری به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های رگرسیونی به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها تحقیقی صورت نگرفته است. در این پژوهش از روش آنالیز مورفومتری به دلیل عدم نیاز به داده‌های گسترده و دقیق به همراه ترکیب روش تصمیم‌گیری چند معیاره TOPSIS با روش رگرسیون چند متغیره خطی به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها استفاده شده است.

در دهه‌های اخیر توجه بسیاری از پژوهش‌گران به مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۷ (MCDM) برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده معطوف شده است. در این نوع از تصمیم‌گیری‌ها برای بهینه‌سازی مدل، به جای استفاده از یک معیار سنجش، از چند معیار استفاده می‌شود [۱]. استفاده از روش TOPSIS^۸ این امکان را به مدیران می‌دهد که نتیجه تصمیم‌گیری آن‌ها علمی‌تر شده و فرآیند تصمیم‌گیری آن‌ها در بستری از داده‌ها و خروجی‌های منطقی قرار گیرد. هم‌چنین این روش امکان تحلیل حساسیت را برای مدیران فراهم می‌سازد، بدین معنی که با تغییر شرایط و داده‌های اطلاعاتی مدیران به راحتی و با فکر آسوده می‌توانند میزان تغییرات را در نتایج تصمیم‌گیری خود مشاهده نمایند [۱]. روش رگرسیون چندمتغیره

اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز استفاده شده است [۳، ۷، ۹، ۱۳، ۱۷، ۱۸، ۲۲، ۲۵، ۳۵، ۳۶، ۳۹، ۴۴، ۴۷]. با توجه به این که استفاده از اغلب روش‌های فوق نیازمند اطلاعات گسترده و با کیفیت بالا از حوزه‌های آبخیز می‌باشد، در نتیجه استفاده از آن‌ها در حوزه‌هایی که با کمبود اطلاعات مواجه هستند، دشوار است. آنالیز مورفومتری ابزاری مهم برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها می‌باشد [۸، ۲۰، ۴۱، ۴۳]. در این روش با استفاده از تجزیه و تحلیل خصوصیات فیزیوگرافی و مورفولوژیکی حوزه آبخیز به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها پرداخته می‌شود [۴۱]. سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ و تکنیک سنجش از دور^۲ از ابزار موثر جهت بررسی‌های مورفومتری و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها می‌باشند. تاکنون در زمینه اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز با استفاده از پارامترهای مورفومتری تحقیقات متعددی توسط محققین مختلف انجام شده است، به طوری که تا کر و دیمان^۲ [۴۲] با استفاده از GIS و RS و با استفاده از ۸ پارامتر مورفومتری شامل طول جریان، نسبت انشعاب، تراکم آبراهه، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، فاکتور شکل، نسبت گردی و نسبت کشیدگی، هشت زیرحوضه را در حوزه آبخیز گوجارات هند اولویت‌بندی کردند و به این نتیجه رسیدند که پارامترهای مورفومتری شکلی رابطه منفی با فرسایش‌پذیری داشته، در حالی که سایر پارامترهای مورفومتری مانند ضریب انشعاب، بافت خاک، تراکم زهکشی و توان آبراهه رابطه مثبت با روان‌آب و فرسایش خاک دارند. جاود^۳ و همکاران [۱۶] با استفاده از آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی و به کمک تکنیک‌های GIS و RS حوزه کانرا^۴ را از لحاظ میزان حساسیت به فرسایش و هدر رفت خاک اولویت‌بندی کردند... بدین منظور از ۸ پارامتر مورفومتری خطی و شکلی استفاده کردند و بر اساس آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی زیرحوضه‌ها به ۳ گروه بالا، متوسط و پایین به منظور اولویت جهت مدیریت و حفاظت منابع طبیعی طبقه‌بندی گردیدند. آهر^۵ و همکاران [۲] خصوصیات مورفومتری مناطق خشک و نیمه‌خشک هند را کمی نموده و سپس به منظور برنامه‌ریزی مدیریتی به اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از رویکرد ترکیبی سنجش از دور و GIS مبادرت نمودند و بیان داشتند که ۵۱/۶۶ درصد از زیرحوضه‌ها در مناطق با حساسیت متوسط تا زیاد قرار گرفته‌اند که بیان‌گر نیاز این مناطق به برنامه‌ریزی‌های حفاظتی می‌باشد. عرب عامری و همکاران [۳] با استفاده از تلفیق پارامترهای مورفومتری و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره زیرحوضه‌های آبخیز قائم شهر را از لحاظ حساسیت به فرسایش اولویت‌بندی نمودند و به این نتیجه رسیدند که پارامترهای نسبت انشعاب، ضریب نفوذ و تراکم آبراهه بیشترین تاثیر را در فرسایش‌پذیری داشته‌اند و در مقابل

1. Geographic Information System, GIS
2. Remote Sensing, RS
3. Thakkar and Dhiman
4. Javed
5. Kanera Watershed
6. Aher

7. Multiple Criteria- Decision- Making (MCDM)
8. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان چهارمحال و بختیاری
 Fig 1. Location of study area in Chaharmahal Bakhtiari province

حاصل از تصاویر آستر^۱ نسخه دوم با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر (USGS, 2003) در محیط ArcGIS10.4 و به کارگیری الحاقیه ArcHydro و SAGA GIS v.3.0.0 اقدام به تدقیق مرز واحدهای هیدرولوژیک گردید. پس از اصلاح مرز واحدهای هیدرولوژیک، داده‌های رقومی ارتفاعی حاصل از تصاویر آستر مبنای استخراج ۱۳ پارامتر موثر شامل ۴ پارامتر مورفومتریکی شکلی (ضریب شکل، ضریب کشیدگی، ضریب گردی و ضریب فشردگی)، ۶ پارامتر خطی (نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، نرخ بافت زهکشی، ثابت نگهداشت آبراهه، فراوانی آبراهه و طول جریان) و سه پارامتر توپوگرافی (نسبت ناهمواری، عدد ناهمواری و درجه شیب) قرارگرفت. پارامترهای مورفومتریکی مذکور، به کمک روابط ارائه شده در جدول ۱ محاسبه و نقشه‌های مورد نیاز برای مرحله بعد تهیه شد. قبل از محاسبه پارامترهای مورفومتریکی، اقدام به پیش‌پردازش و آماده‌سازی مدل رقومی ارتفاعی در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.4 گردید. مراحل پیش‌پردازش به ترتیب شامل بازسازی داده رقومی ارتفاعی^۲، تعیین خط‌القعر مسیر آبراهه‌ها^۳، ارزیابی خط‌های فروافتادگی‌ها و چاله‌ها^۴ و تصحیح و رفع آن‌ها^۵، سپس مراحل آماده‌سازی شامل تعیین جهت جریان آبراهه‌ها^۶، انباشتگی جریان آبراهه‌ها^۷ می‌باشد. همچنین پارامترهای این ۱۱ واحد هیدرولوژیک شامل مساحت، محیط، رتبه‌بندی آبراهه‌ها (روش استرال)، طول آبراهه‌ها، درجه شیب، اختلاف ارتفاع و طول حوزه که برای محاسبه پارامترهای مورفومتریکی مورد نیاز می‌باشند، محاسبه گردید. اندازه سلول‌های کلیه نقشه‌های شبکه‌ای خروجی با توجه به داده ورودی رقومی

خطی نیز با توجه به این که با استفاده از واقعیات زمینی و آمار موجود به تعیین وزن پارامترها می‌پردازد دارای دقت بالایی بوده و قابل استناد می‌باشد، در حالی که در روش‌های مرسوم مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی خط‌های کارشناسی وجود داشته و در نتیجه دارای دقت مناسب نمی‌باشند. با توجه به این که حوزه آبخیز آسمان‌گر با مشکلات کم‌آبی و فرسایش و هدررفت خاک مواجه شده است و میزان خشکسالی در آن افزایش یافته است، نیاز به مدیریت سیلاب‌ها به منظور تامین آب و کاهش خسارات ناشی از سیلاب در این حوزه‌ها افزایش یافته است [۲۳]. نوآوری این پژوهش نسبت به پژوهش‌های صورت گرفته استفاده از روش ترکیبی نوین تاپسیس- رگرسیون خطی چندمتغیره می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز آسمان‌گر با مساحت ۲۱ / ۷۰ کیلومتر مربع در فاصله ۱۸۷ کیلومتری شهرکرد در استان چهارمحال و بختیاری قرار گرفته است. گستره این حوزه بین مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). حداکثر و حداقل ارتفاع حوزه واقع در بخش‌های غربی و جنوب غربی با ارتفاع ۱۹۹۹ و ۱۱۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. از نظر تقسیمات حوزه‌ای محدوده مطالعاتی حوزه آسمان‌گر جزئی از حوزه آبریز رودخانه کارون می‌باشد. روستاهای آسمان‌گر، تیرسامان، بیدله، کلواری و قلعه سومی در این حوضه واقع شده‌اند.

روش تحقیق

به منظور اجرای پژوهش حاضر، حوزه آبخیز آسمان‌گر انتخاب گردید. این حوزه به ۱۱ واحد هیدرولوژیک تقسیم گردیده است. در این پژوهش با استفاده از شبکه آبره‌ها و خطوط منحنی‌های ارتفاعی، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و داده‌های رقومی ارتفاعی

1. ASTER
2. DEM Reconditioning
3. Assign Stream Slope
4. Sink Evaluation
5. Fill Sinks
6. Flow Direction
7. Flow Accumulation

Table 1. Computation morphometric parameters

| مرجع References | رابطه ریاضی Equation | پارامتر مورفومتریک Morphometric parameters | ردیف Row |
|--------------------|--|---|-------------|
| [۱۵، ۱۴] | $F_f = \frac{A}{(L_b)^2} *$ | ضریب شکل (F _f) Shape index | 1 |
| [۳۷، ۳۶] | $Re = \frac{2 \left(\sqrt{\frac{A}{\pi}} \right)}{L_b}$ | ضریب کشیدگی (Re) Elongation Ratio | 2 |
| [۱۵] | $R_c = 12.56 \times \left(\frac{A}{P^2} \right)$ | ضریب گردی (R _c) Circularity Ratio | 3 |
| [۳۸] | $C_c = 0.28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$ | ضریب فشردگی (C _c) Compactness coefficient | 4 |
| [۳۹] | $R_{bm} = Nu / Nu + 1$ | میانگین نسبت انشعاب (R _{bm}) Mean Bifurcation Ratio | 5 |
| [۳۱] | $D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A}$ | تراکم زه‌کشی (D) Drainage Density | 6 |
| [۱۵] | $F_s = \frac{N}{A}$ | فراوانی آبراهه (F _s) Stream Frequency | 7 |
| [۲۶] | - | طول جریان (L _u) Stream Length | 8 |
| [۳۰] | $R_t = \frac{N_u}{P}$ | نرخ بافت زه‌کشی (R _t) Drainage texture | 9 |
| [۳۸] | $R_h = \frac{\Delta H}{L_b}$ | نسبت ناهمواری (R _h) Relief ratio | 10 |
| [۲۷] | $R_n = \frac{\Delta H}{D_d}$ | عدد ناهمواری (R _n) Ruggedness number | 11 |
| [۲] | $C = \frac{A}{\sum_{i=1}^n L_i}$ | ثابت نگهداشت آبراهه (C) Constant channel maintenance | 12 |
| [۲۸] | $sm = \frac{\Delta H}{A} \times 100$ | شیب (sm) slope | 13 |

* A: مساحت به کیلومتر مربع، L_b: طول حوزه آبخیز به کیلومتر، P: محیط حوضه به کیلومتر، Nu: تعداد آبره‌های یک رده، N: تعداد آبراهه‌های کل، ΔH: اختلاف ارتفاع به کیلومتر، D_d: تراکم زه‌کشی، ΣL_i: مجموع طول آبراهه‌های حوزه آبخیز به کیلومتر.

* A: area to km², L_b: length of watershed to km, P: perimeter to km, Nu: number of stream one order, N: total of streams, ΔH: difference of elevation to km, D_d: drainage density, ΣL_i: total length of drainage basins to km.

تصمیم‌گیری از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی است [۱۹]. راه حل ایده‌آل مثبت^۱ (PIS) راه‌حل یا گزینه‌ای است که از لحاظ معیارهای سود بیشینه و هزینه وضعیت کمینه را دارد و راه‌حل ایده‌آل منفی^۲ (NIS) راه‌حلی است که از نظر معیارهای هزینه بیشینه و از لحاظ سود کمینه است [۱۹]. در TOPSIS مقادیر قطعی^۳ برای بیان ارجحیت نسبی گزینه‌ها در برآورده کردن معیارهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد [۴۵] و گزینه برتر گزینه‌ای است که

ارتفاعی، ۳۰ متر در ۳۰ متر تعیین شدند. نحوه محاسبه پارامترهای مورفومتریک در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از محاسبه و تهیه نقشه‌های پارامتر اقدام به الویت‌بندی ۱۱ زیرحوضه از نظر سیل‌خیزی با استفاده از روش ترکیبی نوین تاپسیس- رگرسیون خطی چندمتغیره گردید. به منظور اعتبارسنجی مدل، مقادیر رسوب ویژه و نسبت تولید رسوب (SD) R برای هر زیرحوضه با روش PSIAC محاسبه گردید.

روش تاپسیس

تکنیک TOPSIS که نخستین بار در سال ۱۹۸۱ توسط وان و یون (۱۹۸۱) معرفی شد، نقاط اشتراکی زیادی با AHP دارد [۴۵، ۲۱]. بیان و ریشه اصلی TOPSIS، محاسبه فاصله اقلیدسی گزینه‌های

1. Positive Ideal Solution (PIS)
Negative Ideal Solution (NIS)
Crisp Values
2. Negative Ideal Solution (NIS)
3. Crisp Values

Table 2. The values of the morphometric parameters for each sub-watershed

| زیرحوضه Sub-watershed | *A | B | C | D | E | F | G | H | V | W | X | Y | Z |
|--------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| 1 | 1.25 | 0.63 | 0.98 | 1.12 | 5.97 | 33.13 | 11.13 | 0.13 | 0.17 | 5.86 | 0.61 | 5.46 | 26.21 |
| 2 | 1.42 | 0.49 | 0.45 | 0.76 | 4.10 | 29.61 | 16.78 | 0.33 | 0.24 | 5.91 | 0.19 | 3.38 | 23.65 |
| 3 | 1.29 | 0.59 | 0.36 | 0.68 | 5.12 | 41.10 | 11.27 | 0.08 | 0.20 | 3.70 | 0.23 | 2.44 | 19.65 |
| 4 | 1.35 | 0.54 | 0.35 | 0.66 | 3.98 | 24.48 | 8.64 | 0.10 | 0.25 | 6.53 | 0.07 | 0.84 | 22.76 |
| 5 | 1.55 | 0.41 | 0.44 | 0.75 | 4.82 | 33.05 | 22.36 | 0.67 | 0.21 | 11.01 | 0.09 | 2.31 | 24.13 |
| 6 | 1.18 | 0.71 | 1.32 | 1.30 | 3.39 | 27.84 | 7.74 | 0.05 | 0.30 | 9.00 | 0.18 | 0.63 | 23.76 |
| 7 | 1.31 | 0.58 | 0.49 | 0.79 | 4.47 | 32.38 | 31.37 | 0.91 | 0.22 | 6.05 | 0.10 | 2.95 | 14.21 |
| 8 | 1.19 | 0.69 | 0.49 | 0.79 | 4.17 | 22.19 | 7.59 | 0.08 | 0.24 | 4.60 | 0.36 | 3.07 | 32.21 |
| 9 | 1.62 | 0.38 | 0.19 | 0.50 | 4.94 | 34.04 | 8.34 | 0.09 | 0.20 | 4.01 | 0.10 | 1.66 | 21.34 |
| 10 | 1.35 | 0.54 | 0.36 | 0.68 | 5.16 | 32.09 | 22.07 | 0.56 | 0.19 | 5.56 | 0.11 | 3.25 | 26.13 |
| 11 | 1.41 | 0.49 | 0.34 | 0.66 | 4.59 | 25.45 | 10.99 | 0.22 | 0.22 | 4.21 | 0.12 | 2.12 | 36.12 |

A: ضریب فشردگی، B: ضریب گردی، C: ضریب شکل، D: ضریب کشیدگی، E: تراکم زهکشی، F: فراوانی آبراهه، G: بافت زهکشی، H: طول جریان، V: ثابت نگهداشت آبراهه، W: نسبت انشعاب، X: نسبت ناهمواری، Y: عدد ناهمواری، Z: درجه شیب.

A: Compactness ratio, B: Circulatory ratio, C: Form factor, D: Elongation ratio, E: drainage density, F: Stream frequency, G: Texture ratio, H: Length of the overland flow, V: Constant channel Maintenance, W: mean bifurcation ratio X: Relief ratio, Y: Ruggedness number, Z: slope.

جغرافیایی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در مدل رگرسیون چندمتغیره خطی با در دست داشتن مقادیر X_i معین (متغیر مستقل)، مقادیر Y_i یا متغیر وابسته را می‌توان به صورت خطی برآورد کرد. مدل کلی تابع رگرسیون به صورت رابطه زیر است [۴۴].

$$Y_i = B_0 + B_1 X_{i1} + \dots + B_j X_{ij} \quad (2)$$

که در آن، Y_i : تخمین متغیر وابسته، B_0 : ضریب ثابت یا عرض از مبدا، B_j : ضریب متغیر X_{ij} و X_{i1} : متغیر مستقل می‌باشد.

۴- ایجاد ماتریس بی‌بعد وزین (V) با اعمال بردار W به‌عنوان ورودی به الگوریتم با استفاده از رابطه (۳):

$$V_{ij} = R_{ij} \cdot W_{n \times n} \quad (3)$$

۵- مشخص نمودن ایده‌آل مثبت (A^+) و ایده‌آل منفی (A^-)
 ۶- محاسبه اندازه جدایی گزینه A_i با ایده‌آل‌ها، با استفاده از روش اقلیدسی، از طریق روابط (۴) و (۵):

$$d_{i+} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}; i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$d_{i-} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}; i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

۷- محاسبه نزدیکی نسبی گزینه A_i به راه‌حل ایده‌آل با استفاده از رابطه (۶):

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}}; 0 \leq cl_{i+} \leq 1; i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

ملاحظه می‌شود چنانچه $A_i = A^+$ گردد، آنگاه $d_{i+} = 1$ بوده و cl_{i+}

کم‌ترین فاصله را از PIS و بیش‌ترین فاصله را از NIS داشته باشد. برآیند این دو فاصله در قالب ضریب نزدیکی^۱ بیان می‌شود که بر این اساس گزینه‌ای که مقدار عددی ضریب نزدیکی بزرگ‌تری داشته باشد به‌عنوان گزینه ارجح شناخته می‌شود [۱۰]. مدل TOPSIS شامل ۸ مرحله است و جهت بهره‌گیری از این مدل، مراحل زیر باید طی گردد [۲۹].

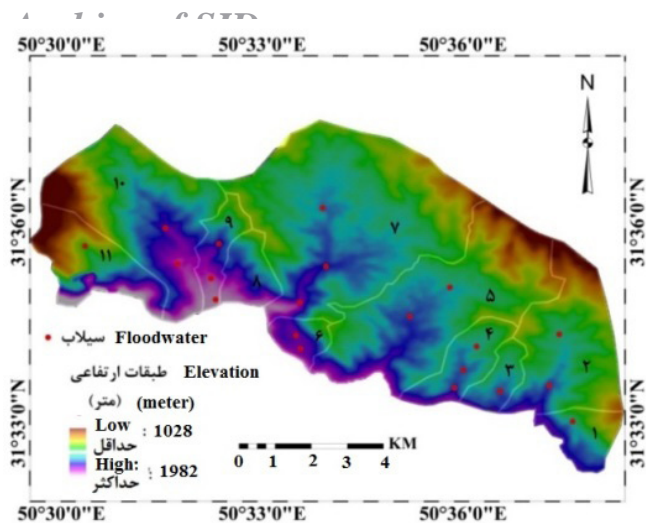
۱- تشکیل ماتریس داده‌ها بر اساس n آلترناتیو و k شاخص: به‌طور کلی در مدل TOPSIS، ماتریس $n \times m$ که دارای m گزینه و n معیار می‌باشد، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲- استاندارد کردن داده‌ها و تهیه ماتریس نرمالیزه (ماتریس R) از طریق رابطه (۱)

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

۳- تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها (w_j): در این پژوهش جهت تعیین وزن معیارها از روش رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده گردیده است. تاکنون روش‌های آماری چندمتغیره مختلفی با استفاده از محققین مورد استفاده قرار گرفته است [۴۴]. در تمامی این روش‌ها در واقع تحلیل هم‌زمان تعدادی متغیر با یکدیگر فراهم می‌گردد و از آن‌جا که پدیده‌های طبیعی نظیر سیل ناشی از عملکرد هم‌زمان چند متغیر بوده، لذا استفاده از این روش‌ها مناسب می‌باشد. از طرف دیگر به‌دلیل تلفیق نقشه‌های پارامتر جهت ایجاد واحدهای زمینی یا همگن و حجم زیادی اطلاعات، استفاده از سیستم اطلاعات

1. Closeness Coefficient



شکل ۲- نقشه پراکنش سیلاب در منطقه مورد مطالعه
Fig 2. Flood Distribution Map in study area

نتایج حاصل از وزن‌دهی معیارها با روش رگرسیون خطی چندمتغیره نشان داد که معیارهای نسبت انشعاب، ضریب شکل و عدد ناهمواری، به ترتیب با کسب ۰/۲۲۱، ۰/۶۱۲، ۰/۲۱۲ امتیاز بیش‌ترین تاثیر را در رخداد سیلاب در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند که با نتایج [۲۰، ۳۵] مطابقت دارد و در مقابل معیارهای طول جریان، نسبت ناهمواری و فراوانی آبراهه به ترتیب با کسب ۰/۹۴۵، ۰/۳۴۲، ۰/۰۳۶- امتیاز کم‌ترین تاثیر را در رخداد سیلاب داشته‌اند که با نتایج [۳۵] مطابقت دارد. پارامترهای ضریب گردی، تراکم زهکشی، ضریب کشیدگی، شیب، بافت زهکشی، ضریب فشردگی و ثابت نگهداشت آبراهه در رتبه‌های چهارم تا دهم قرار گرفته‌اند. پس از تعیین وزن معیارها، ماتریس بی‌بعد وزین از طریق رابطه ۳ و ضرب این اوزان در ماتریس بی‌بعد محاسبه گردید، و از طرق ماتریس بی‌بعد وزن اقدام به تعیین ایده‌آل مثبت و منفی گردید. به منظور به‌دست آوردن میزان فاصله هر یک از گزینه‌ها (زیرحوضه‌ها) از ایده‌آل مثبت از فرمول (۴) و ایده‌آل منفی از فرمول (۵) استفاده شده است. در نهایت با استفاده از رابطه شماره (۶) به رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها پرداخته شد (جدول ۷). به منظور اعتبارسنجی مدل، مقادیر رسوب ویژه و نسبت تولید رسوب (جدول ۷) برای هر زیرحوضه با روش PSIAC با استفاده از ۹ پارامتر زمین‌شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، توپوگرافی، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه ای محاسبه گردید. [۳۲، ۳۳].

نتایج حاصل از رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها نشان داد که زیرحوضه‌های ۴، ۶ و ۹ به ترتیب با کم‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت (۰/۰۴۸۰، ۰/۰۱۷۴۶، ۰/۱۸۰۹) و با کسب بیش‌ترین امتیاز (۰/۷۷۷۷، ۰/۷۸۴۱، ۰/۷۳۶۵) در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفته‌اند و شدت سیلاب خیزی و رسوب‌دهی در آن‌ها نسبت به سایر زیرحوضه‌ها بیش‌تر می‌باشد و

$d_{i+}=1$ و در صورتی که $A_i=A^-$ شود، آنگاه $d_{i+}=1$ بوده و $cl_{i+}=0$ خواهد شد. بنابراین هر اندازه گزینه A_i به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، ارزش cl_{i+} به واحد نزدیک‌تر خواهد بود.

۸- رتبه‌بندی گزینه‌ها. مقادیر cl_{i+} بین صفر و یک در نوسان است. در این راستا $cl_{i+}=1$ نشان‌دهنده بالاترین رتبه و $cl_{i+}=0$ نیز نشان‌دهنده کمترین رتبه است.

نتایج

در این پژوهش مقادیر پارامترهای مورفومتریک محاسبه شده در هر یک از زیرحوضه در جدول ۲ نشان داده شده است

در این پژوهش به منظور مرتفع کردن معایب روش کارشناسی و با توجه به در دسترس بودن داده‌های مربوط به سیلاب در منطقه از روش رگرسیون خطی چندمتغیره جهت تعیین وزن معیارها استفاده گردیده است. بدین صورت که پس از تهیه انواع نقشه‌های عوامل موثر در سیلاب، این نقشه‌ها نسبت به هم مقایسه و نقشه‌های مربوط به این متغیرها هم‌پوشانی گردیده و واحدهای همگن به‌دست آمد. این کار در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.4 صورت پذیرفته است. کمی کردن عوامل با توجه به تعداد رخداد سیلاب در واحدهای همگن صورت گرفته است. بدین منظور نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش سیلاب (شکل ۲) را هم مقایسه گردید. پس از برآورد تعداد رخداد سیلاب در کلاس‌های مختلف هر یک از عوامل، به کلاسی که بیش‌ترین تعداد رخداد سیلاب را داراست بر طبق روش رگرسیون چندمتغیره امتیاز ۱۰ داده و بقیه کلاس‌ها به صورت نسبی از این کلاس امتیاز داده می‌شوند. پس از دستیابی به نرخ‌های مربوط به طبقات هر یک از عوامل، این اطلاعات برای 534231 واحد همگن به صورت 534231 تکرار و ۱۳ پارامتر شامل ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب شکل، ضریب کشیدگی، ثابت نگهداشت آبراهه، تراکم زهکشی، عدد ناهمواری، فراوانی آبراهه، درجه شیب، بافت زهکشی، نسبت ناهمواری، نسبت انشعاب و طول جریان به محیط نرم‌افزار SPSS22 منتقل گردید. از بین روش‌های رگرسیون خطی چندمتغیره، روش Enter با سطح اطمینان بیش از ۹۳ درصد برای هر یک از عوامل انتخاب گردید. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل رگرسیون چندمتغیره، برای تمامی عوامل ضریب معنی‌داری بالاتر از ۹۸ درصد به‌دست آمد که نشان‌دهنده آن است که از نظر آماری رابطه قوی با تعداد رخداد سیلاب در واحدهای همگن داشته‌اند رابطه ۷ نتیجه نهایی حاصل از تجزیه و تحلیل آماری به‌دست آمده با ضریب R معادل $0/97$ را نشان می‌دهد.

$$Y = 0/083 - 0/023 C_C + 0/154 R_C + 0/221 R_G + 0/098 R_E - 0/015 X_C + 0/118 X_{Dd} + 0/212 X_{Rn} - 0/036 X_{Fg} + 0/072 X_{Slope} + 0/048 X_{Rt} - 0/342 X_{Rh} + 0/612 X_{Rb} - 0/945 X_{L}$$

Table 5. Distance values from positive and negative ideals with final weights and sub-watersheds rankings

| نسبت تولید رسوب Sediment production ratio SDR(%) | رسوب ویژه Special sediment (TON/Ha .Y) | رتبه Rank | cl_{i+} | D_i^- | D_i^+ | زیرحوضه Sub-watershed |
|--|--|-----------------|-----------|---------|---------|--------------------------|
| 43 | 11.04 | هفتم Seventh | 0.6607 | 0.1563 | 0.0802 | 1 |
| 47 | 28.8 | هشتم eighth | 0.6376 | 0.1278 | 0.0726 | 2 |
| 52 | 52.4 | چهارم fourth | 0.7248 | 0.1711 | 0.0649 | 3 |
| 57 | 97.1 | اول first | 0.7841 | 0.1746 | 0.0480 | 4 |
| 36 | 22.1 | دهم tenth | 0.4471 | 0.1005 | 0.1242 | 5 |
| 55 | 80.2 | دوم second | 0.7777 | 0.1809 | 0.0516 | 6 |
| 46 | 2.02 | یازدهم eleventh | 0.2805 | 0.0681 | 0.1746 | 7 |
| 45 | 41.9 | پنجم fifth | 0.7212 | 0.1669 | 0.0645 | 8 |
| 59 | 70.1 | سوم third | 0.7365 | 0.1734 | 0.0620 | 9 |
| 43 | 38.16 | نهم ninth | 0.4656 | 0.0965 | 0.1107 | 10 |
| 40 | 17.21 | ششم sixth | 0.6861 | 0.1492 | 0.0682 | 11 |

بافت زه‌کشی بالا در زیرحوضه ۴ بیانگر نفوذپذیری پایین، تراکم پوشش گیاهی کم و هم‌چنین توپوگرافی تپه ماهوری و کوهستانی می‌باشد که فرسایش‌پذیری را در این زیرحوضه افزایش داده است. این نتایج با نتایج تحقیقات [۲، ۴۰] مطابقت دارد. مقادیر بالای فراوانی آبراهه و عدد ناهمواری نیز در این زیرحوضه منعکس‌کننده خصوصیات توپوگرافی تپه ماهوری و هیدرولوژیکی آن می‌باشد که باعث افزایش فرسایش‌پذیری در آن شده است که با تحقیقات [۲، ۱۴] مطابقت دارد. مقادیر بالای نسبت ناهمواری، نسبت انشعاب و ثابت نگهداشت آبراهه در زیرحوضه ۴ که به ترتیب بیانگر شیب زیاد زمین و نفوذپذیری کم سطح می‌باشد، باعث افزایش فرسایش در این زیرحوضه شده‌اند که با نتایج تحقیقات [۴۲] مطابقت دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل‌های مبتنی بر پارامترهای مورفومتریکی زیرحوضه‌های آبخیز به دلیل ثابت بودن شرایط فیزیوگرافی و مورفومتریکی حوزه آبخیز قابل دسترس و قابل اعتماد می‌باشد که می‌توان بر اساس آن به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک حوزه آبخیز پرداخت [۲]. با توجه به تاثیر زیاد پارامترهای مورفومتری بر روی رفتار هیدرولوژیکی و فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها در این پژوهش با استفاده از این پارامترها به اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز آسمان‌گر پرداخته شد. در کنار پارامترهای مورفومتریکی در این پژوهش از یک روش ترکیبی نوین جهت اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها استفاده گردید. بدین ترتیب که به منظور تعیین وزن پارامترهای مورفومتریکی از روش رگرسیون چندمتغیره خطی و به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از روش TOPSIS استفاده گردید. نتایج حاصل از اولویت‌بندی پارامترها با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره نشان داد

در طرح‌های آبخیزداری باید بیش‌تر مورد توجه قرار گیرند. در مقابل زیرحوضه‌های ۷، ۵ و ۱۰ با بیش‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت (۰/۱۷۴۶، ۰/۱۲۴۲، ۰/۰۶۸۱)، کم‌ترین فاصله از ایده‌آل منفی (۰/۱۱۰۷، ۰/۰۶۸۱، ۰/۱۰۰۵، ۰/۰۹۶۵) و با کسب کم‌ترین امتیاز (۰/۲۸۰۵، ۰/۴۴۷۱، ۰/۴۶۵۶) در رتبه‌های آخر قرار گرفته‌اند. زیرحوضه ۴ به دلیل داشتن مقادیر پایین پارامترهای مورفومتریکی شکلی شامل ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ضریب فشردگی و ضریب شکل که رابطه معکوس با فرسایش‌پذیری دارند و مقادیر بالای پارامترهای مورفومتریکی خطی مانند بافت زه‌کشی، تراکم زه‌کشی، فراوانی آبراهه، ثابت نگهداشت آبراهه، نسبت انشعاب، طول جریان و پارامترهای توپوگرافی مانند درجه شیب، عدد ناهمواری و نسبت ناهمواری که رابطه مستقیمی با سیل‌خیزی و فرسایش دارند، به عنوان حساس‌ترین و بحرانی‌ترین زیرحوضه نسبت به فرسایش‌پذیری شناخته شده است که با نتایج [۵، ۶، ۱۶] مطابقت دارد. زیرحوضه ۴ با داشتن مقادیر پایین ضریب شکل دارای کشیدگی بیشتری نسبت به بقیه زیرحوضه‌ها می‌باشد که این موضوع باعث کاهش زمان تمرکز و افزایش سرعت انتقال جریان به خروجی حوزه آبخیز شده و در نتیجه باعث فرسایش‌پذیری بیشتر این حوزه شده است که با نتایج [۵] مطابقت دارد. ضریب گردی کم‌تر زیرحوضه ۴ نیز به شکل کشیده زیرحوضه و پستی و بلندی زیاد و نفوذپذیری کم آن اشاره دارد که باعث افزایش فرسایش در این زیرحوضه شده است که با نتایج [۶] مطابقت دارد. ضریب کشیدگی پایین زیرحوضه ۴ نیز بیانگر سازندهای زمین‌شناسی حساس به فرسایش در این زیرحوضه می‌باشد که با نتایج تحقیقات [۱۱] مطابقت دارد. در نتیجه زیرحوضه‌ها ۴ با مقادیر ضریب شکل، ضریب گردی و ضریب فشردگی کم‌تر، حساسیت به فرسایش خاک بیش‌تری دارد، که با نتایج تحقیقات [۱۶، ۳۹] مطابقت دارد.

3. Arabameri, AR, Pourghasemi, HR. and Cerda, A. 2018. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models. *Science of the Total Environment*, 613-614: 1385-1400.

4. Amani, M. and Najafinejad, A. 2014. Prioritization of Sub-Watersheds based on Morphometric Analysis, GIS and RS Techniques: Lohandar Watershed, Golestan Province. *Journal of Watershed Management Research*, 5: 1-15. (In Persian)

5. Ahmed, F. and Srinivasa Rao, K. 2015. prioritization of Sub-watersheds based on Morphometric analysis using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 4(2): 51-65.

6. Altaf, S. Meraj, G. and Romshoo, S. 2014. Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. *Environmental Monitoring and Assessment*, 86(12): 8391-8412.

7. Badar, B. Romshoo, SA. and Khan, MA. 2013. Integrating biophysical and socioeconomic information for prioritizing watersheds in a Kashmir Himalayan lake: a remote sensing and GIS approach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185: 6419-6445.

8. Biswas, S. Sudhakar, S. and Desai, VR. 1999. Prioritization of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin – A remote sensing and GIS approach. *J. Indian Soc. Remote Sensing*, 27: 155–156.

9. Chen, L. Qian, X. and Shi, Y. 2011. Critical area identification of potential soil loss in a typical watershed of the three Gorges reservoir region. *Water Resour. Manage*, 25: 3445–3463.

10. Chu, TC. and Lin, YC. 2009. An interval arithmetic based fuzzy TOPSIS model. *Expert Systems with Applications*, 8(36): 10870-10876.

11. Dar, R. Chandra, R. and Romshoo, S. 2013. Morphotectonic and Lithostratigraphic analysis of Intermontane Karewa basin of Kashmir Himalayas, India. *Journal of Mountain Science*, 10(1): 1–15.

12. Fallah, M. Mohammadi, M. and Kavian, K. 2015.

که پارامترهای نسبت انشعاب، ضریب شکل و عدد ناهمواری بیشترین تاثیر را در فرسایش‌پذیری منطقه مطالعاتی داشته‌اند. طبق نتایج حاصل از اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، از میان ۱۱ زیرحوضه مورد مطالعه، زیرحوضه‌های ۴، ۶ و ۹ بیشترین امتیازات را کسب نمودند و برای اجرای طرح‌های مدیریتی در اولویت اول تا سوم قرار گرفتند. نتایج حاصل از صحت‌سنجی مدل نشان داد که مدل ترکیبی دارای دقت بالایی در شناسایی زیرحوضه‌های با حساسیت فرسایش‌پذیری بالا می‌باشد. به‌طوری که زیرحوضه‌های ۴، ۶ و ۹ به‌ترتیب دارای بیشترین مقادیر رسوب ویژه (۹۷/۱، ۸۰/۲، ۷۰/۱) و نسبت تولید رسوب (۵۷، ۵۵، ۵۹) می‌باشند و این بیان‌گر تاثیر بالای پارامترهای مورفومتریکی در تعیین مناطق حساس به فرسایش و سیل‌خیز می‌باشد. از مهم‌ترین مزایای روش ترکیبی مورد استفاده می‌توان به استفاده از واقعیات زمینی و آمار سیلاب‌های رخ داده در منطقه به‌جای استفاده از نظرات کارشناسی در تعیین وزن پارامترها اشاره نمود که از این طریق خطاهای ناشی از دخالت مستقیم کارشناسان در تعیین وزن پارامترها مرتفع گردیده است و از طرف دیگر استفاده از روش کمی TOPSIS در اولویت‌بندی پارامترها می‌باشد که دارای قابلیت و کارایی بالایی می‌باشد. با توجه به توپوگرافی و مورفولوژی حوزه آبخیز آسمانگر و هم‌چنین عوامل فرسایشی طبیعی و انسانی فعال در منطقه مطالعاتی پیشنهاد می‌گردد به زیرحوضه‌های دارای شرایط بحرانی‌تر توجه ویژه‌ای گردد تا از هدررفت منابع آب و خاک و پیامدهای ناشی از آن جلوگیری گردد. بدین منظور استفاده از اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی تحت نظر افراد متخصص و تجارب افراد بومی در زیرحوضه‌های بحرانی توصیه می‌گردد. با توجه به تاثیر زیاد پارامترهای مورفومتریکی در سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری و هم‌چنین با توجه به دقت و کارایی بالای روش ترکیبی در شناسایی مناطق سیل‌خیز پیشنهاد می‌گردد از پارامترهای مورفومتریکی و روش ترکیبی فوق در زیرحوضه‌هایی که اطلاعات کافی و دقیق وجود ندارد به‌منظور اولویت‌بندی سیل‌خیزی و فرسایش‌پذیری زیرحوضه‌ها استفاده گردد. در صورت استفاده از پارامترهای مورفومتریک می‌توان بدون صرف هزینه و وقت زیاد زیرحوضه‌های یک حوزه آبخیز را به منظور اقدامات حفاظتی آبخیزداری اولویت‌بندی نمود.

منابع

1. Asgharpoor, M. 2010. Multi Criteria Decision Making, First edition, Tehran University publication, Tehran, 400p. (In Persian)
2. Aher, P. Adinarayana, J. and Gorantiwar, SD. 2014. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*, 511: 850-860.

23. Meteorological Organization. National Center for drought monitoring and warning. 2016. <http://irimo.ir/far/wd/3456>. (in Persian)

24. Mosbahi, M. Benabdallah, S. and Boussema, MR. 2012. Assessment of soil erosion risk using SWAT model. Arab. J. Geosci. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-012-0658-7>.

25. McCloskey, JT. Lilieholm, RJ. and Cronan, C. 2011. Using Bayesian belief networks to identify potential compatibilities and conflicts between development and landscape conservation. Landsc. Urban Plan, 101: 190–203.

26. Melton, MA. 1958. Correlations structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents. Journal of Geology, 66: 442-460.

27. Moore, ID. Grayson, RB. and Ladson, AR. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. Hydrol Process, 5(1): 3–30.

28. Nautiyal, MD. 1994. Morphometric analysis of drainage basin, district Dehradun, Uttar Pradesh. J. Indian Soc. Remote Sensing, 22(4): 252–262.

29. Olson, DL. 2004. Comparison of Weights in TOPSIS Models. Mathematical and Computer Modeling, 40 (7-8):721-727.

30. Ozdemir, H. and Bird, D. 2009. Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. Environ Geol, 56:1405–1415.

31. Pike, RJ. 2000. Geomorphology - Diversity in quantitative surface analysis, Progress in Physical Geography, 24: 1-20.

32. Pacific Southwest Inter-Agency Committee. 1968. Factors Affecting Sediment Yield in the Pacific Southwest Area and Selection and Evaluation of Measures for Reduction of Erosion and Sediment Yield. Water Management Subcommittee on American Society of Civil Engineers (ASCE), Report No. HY 12.

33. PSAC Report. 2000. Sediment assessment and evaluation study for Lake Louise and Cottonwood Lake Hand, Hyde, Faulk, and Spink Counties South Dakota, United States Department of Agriculture

Prioritization of Sub-watersheds using Morphometric and Land use change Analysis. Ecohydrology, 2: 261-274. (In Persian)

13. García-Llorente, M. Martín-López, B. Nunes, P.A. and Castro Montes, CA. 2012. Choice experiment study for land-use scenarios in semi-arid watershed environments. J. Arid Environ, 87: 219–230.

14. Horton, RE. 1932. Drainage basin characteristics. Trans. Am. Geophys. Union, 13: 350–361.

15. Horton, RE. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrological approach to quantitative morphology. Geol. Soc. Am. Bull, 56: 275–370.

16. Javed, A. Khanday, MY. and Ahmed, R. 2009. Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques. Journal of the Indian society of Remote Sensing, 37: 261-274.

17. Jang, T. Vellidis, G. JHyman, B. Brook, E. and Kurkalova, L.A. 2011. Impact of socioeconomic factors on synoptic assessment for prioritizing BMP implementation to reduce sediment load. In: ASABE Annual International Meeting Louisville. Kentucky, 4: 7-10.

18. Jang, T. Vellidis, G. Hyman, J.B. Brooks, E. Kurkalova, LA. Boll, J. and Cho, J. 2013. Model for Prioritizing best management practice implementation: sediment load reduction. Environ. Manage, 51: 209–224.

19. Kannan, G. 2009. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. Resources. Conservation and Recycling, 1(54): 28-36.

20. Khayri Zadeh, M. Maleki, J. and Hamid, A. 2012. Flood hazard zonation using ANP model in mardagh chay basin. Quantitative Geomorphology, 1 (3): 39-56. (in Persian)

21. Liou, TS. and Wang, MJJ. 1992. Fuzzy weighted average: An improved algorithm. Fuzzy Sets and Systems, 3(49): 307-315.

22. Londhe, S. and Nathawat Subudhi, AP. 2010. Erosion susceptibility zoning and prioritization of mini watersheds using Geomatics approach. Int. J. Geomat.

41. Sharma, S., Tignath, S. and Mishra, S. 2008. Morphometric analysis of drainage basin using GIS approach. *JNKVV Res J*, 42(1): 88–92.
42. Thakkar, A. and Dhiman, S. 2007. Morphometric analysis and prioritization of miniwatersheds in a Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 35 (4): 313–321.
43. Trabucchi, M., Comín, FA. and O'Farrell, PJ. 2013. Hierarchical priority setting for restoration in a watershed in NE Spain, based on assessments of soil erosion and ecosystem services. *Regional Environ. Change*, 13 (4): 911-926.
44. USGS (United States Geological Survey) and Japan ASTER Program. 2003. ASTER scene ASTGTM2_N31E078_dem, 1B. USGS, Sioux Falls, 6/26/2001
45. Van Westen, CJ., Rengers, N., Terline, MTJ. and Soeters, R. 1997. Predication of the Occurrence of Slope Instability Phenomena through GIS-Based Hazard Zonation. *Geologisches Rundschau*, 86: 404-414.
46. Wang, CL. and Yoon, K. 1981. Multiple attribute decision making-methods and applications. First edition, Springer publication, Berlin, 225p.
47. Yang, YCE., Ray, PA., Brown, CM., Khalil, AF. and Yu, WH. 2015. Estimation of flood damage functions for river basin planning: a case study in Bangladesh. *Nat Hazards*, 75: 2773-2791.
48. Zavoianca, I. 1985. Morphometry of drainage basins (Developments in water science), first edition, Elsevier Science publication, New York, 237p.
- Natural Recourses Conservation Service South Dakota in Cooperation with South Dakota. Department of Environment and Natural Resources and Hand County Conservation District.
34. Ratnam, NK., Srivastava, YK., Rao, VV., Amminedu, E. and Murthy, KSR. 2005. Check dam positioning by prioritization micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis – remote sensing and GIS perspective. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33 (1): 25-38.
35. Rahmati, O., Tahmasebipour, N. and Pourghasemi, HR. 2015. Sub-watershed flooding prioritization using morphometric and correlation analysis (Case study: Golestan Watershed). *Ecohydrology*, 2: 151-161. (In Persian)
36. Saghafian, B., Farazjoo, H., Bozorgy, B. and Yazdandoost, F. 2008. Flood intensification due to changes in land use. *Water Resources Management*, 22: 1051-1067.
37. Saghafian, B., Golian, S., Elmi, M. and Akhtari, R. 2013. Monte Carlo analysis of the effect of spatial distribution of storms on prioritization of flood source areas. *Nat. Hazards*, 66: 1059–1071.
38. Schumn, SA. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badland, at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bull*, 67: 597–646.
39. Srivastava, VK. 2003. Role of GIS in natural resources management. In: Thakur, B. (Ed.), *Perspectives in Resource Management in Developing Countries*. Concept Publishing Company. New Delhi, 3: 479–484.
40. Strahler, AN. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow, V.T. (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York. Section 4-11.

Abstract

Morphometric Prioritization of Watersheds for Optimal Water and Soil Resources Management

A. Arabameri¹, H.R. Pourghasemi², K. Rezaei³ and M. Sohrabi⁴

Received: 27-01-2018 Accepted: 10-03-2018

Watershed prioritization has an important role in natural resources and watershed management. This study deals with prioritization of 11 sub-watersheds of Asemangar watershed in Chaharmahal and Bakhtiari province using 13 morphometric parameters of linear, shape and topographic and a mixed multivariate linear model of new TOPSIS-Regression. A linear regression model was used to determine the morphometric parameter weights and prioritization was performed by TOPSIS decision Method. Results obtained from weighting analysis showed that mean bifurcation ratio, form ratio and ruggedness number have the most effect on erodibility and flooding with 0.612, 0.221, and 0.212 scores, respectively. According to the results of prioritization, 4, 6 and 9 Sub-watersheds with the least distance to the positive optimum (0.0062, 0.051, and 0.048, respectively) and maximum distance to negative optimum (0.1734, 0.1809, and 0.1746, respectively) have the highest flooding intensity with maximum scores of 0.7365, 0.7777, and 0.7841, respectively, that should be prioritized for action management and watershed management. In order to validate the results, special deposition and sediment delivery ratio (SDR) was calculated for each Sub-watershed by PSIAC method using nine parameters including geology, climate, soil, water, topography, land cover, land use, surface erosion and river erosion. Validation of results indicate that the morphometric parameters and used model has a high performance of prioritization of watersheds prone to flooding and high erodibility; so that 4, 6 and 9 Sub-watersheds have the highest amount of Special deposition 97.1, 80.2, 70.1 Ton/Hec/Year and sediment delivery ratio 57, 55, and 59 percentage, respectively. The results of this study can be used in watershed management.

Keywords: *Morphometry, Hybrid TOPSIS-multi criteria regression, Erodibility, Asemangar watershed, Management watershed*

1. Corresponding Author and Ph.D. of Geomorphology, Tarbiat Modarres University. E-mail: Alireza.ameri91@yahoo.com

2. Assistant Professor in Watershed Management Engineering and Sciences; Department of Natural Resources and Environment, College of Agriculture, Shiraz University

3. Assistant Professor of sedimentology, Geology Department, Kharazmi University, Tehran.

4. M.Sc. department of civil engineering, urmia branch, islamic azad university, urmia