

## اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز هراز به منظور عملیات حفاظت آب و خاک بر مبنای پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی

مقدسه فلاح سورکی<sup>۱</sup>، عطاله کاویان<sup>۱\*</sup> و ابراهیم امیدوار<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱)

### چکیده

اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز به منظور اجرای عملیات حفاظت آب و خاک بسیار مهم و ضروری می‌باشد. پژوهش حاضر به اولویت‌بندی ۱۳ زیرحوزه آبخیز هراز با آنالیز پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی به منظور شناسایی زیرحوزه‌های حساس به فرسایش خاک با استفاده از نرم‌افزار GIS و RS می‌پردازد. در آنالیز مورفومتری پارامترهای نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، فاکتور شکل، ضریب گردی، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، طول جریان زمینی، شاخص شکل و اختلاف ارتفاع در نظر گرفته شدند. نقشه کاربری اراضی به هفت کلاس جنگل، زراعت آبی، مخازن آبی، اراضی فاقد پوشش گیاهی، مرتع، باغات و اراضی مسکونی طبقه‌بندی شد. در نهایت زیرحوزه‌ها به منظور حفاظت خاک به چهار طبقه خیلی زیاد، زیاد، متوسط و کم طبقه‌بندی شدند. در اولویت‌بندی بر مبنای آنالیز مورفومتری زیرحوزه SW-4، بر مبنای کاربری اراضی زیرحوزه‌های SW-8، SW-6، SW-12 در گروه اولویت خیلی زیاد قرار گرفتند. در حالی که در اولویت‌بندی نهایی با تلفیق هردو آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی زیرحوزه SW-4 به عنوان منطقه با اولویت خیلی زیاد قرار گرفت. این منطقه به عنوان منطقه بحرانی شناسایی شده بنابراین باید در اولویت اول برای اجرای عملیات حفاظت آب و خاک مدنظر قرار بگیرد.

کلید واژه: GIS، RS، حساسیت به فرسایش خاک، عملیات حفاظت

۱. گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲. گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: a.kavian@sanru.ac.ir

## مقدمه

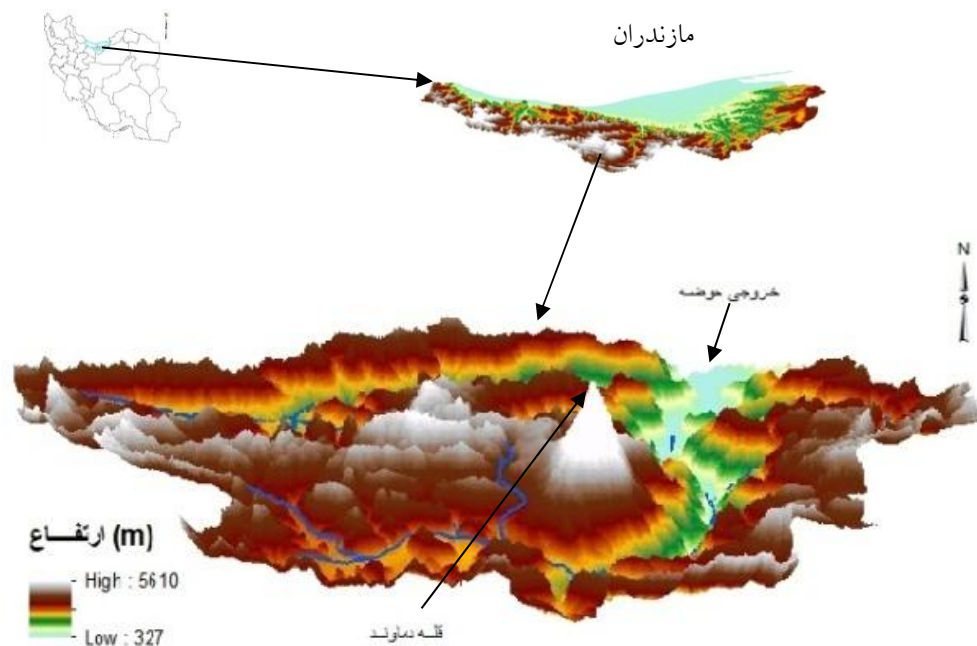
امروزه پدیده فرسایش با کاهش حاصلخیزی خاک، باعث تخریب اکوسیستم‌های طبیعی نظیر مراتع، جنگل‌ها و اکوسیستم‌های کشاورزی می‌گردد (۷). به منظور شناخت و مدیریت فرسایش خاک، مشخصات اراضی که بر روی فرسایش خاک تأثیر می‌گذارند باید مورد مطالعه قرار بگیرند (۱۸، ۲۷). شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های با وضعیت بحرانی تر و اولویت‌بندی آنها می‌باشد (۳۳)، که موجب کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری می‌شود (۱). آنالیز مورفومتریک، توصیفی کمی از ویژگی‌های هندسی حوزه آبخیز جهت درک بهتر شرایط مورفولوژی را فراهم می‌کند. این ویژگی‌ها در حوضه‌های فاقد آمار مهم‌ترین نقش را در برآورد هیدرولوژی دارند (۳۱). در مطالعات مورفومتریک، اندازه‌گیری انواع شاخص‌های شبکه زهکشی برای ارزیابی تأثیر مشخصات آبراهه بر روی فرایندهای که بر روی سطح زمین اتفاق می‌افتد، به کار برده می‌شوند. پارامترهای مورفومتریک از آنالیز انواع مشخصات زهکشی همچون رده‌بندی آبراهه، مساحت، محیط حوضه و طول آبراهه محاسبه می‌شوند (۱۹). در سال‌های اخیر، سنجش از دور و GIS در ارزیابی فرایندهای سطح زمین برای کاهش خطرات محیطی زمین به کار گرفته می‌شوند (۸). ترکیب تصویر ماهواره‌ای سنجش از دور و هیدرولوژی و آنالیز مکانی در محیط GIS به منظور تعیین حوضه زهکشی به آسانی امکان‌پذیر است (۲۳).

مطالعات زیادی بر روی اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز صورت گرفته است، داکار و همکاران (۳۴) مشخصات مورفومتریک و اولویت‌بندی، هشت زیرحوضه آبخیز موهر، منطقه‌ای در ایالت گاجارات را با استفاده از سنجش از دور و GIS مورد مطالعه قرار دادند و دریافته‌اند که پارامترهای شکل رابطه منفی و پارامترهای خطی رابطه مثبت با رواناب و فرسایش خاک دارند. گاجبهی و همکاران (۱۰) مطالعه‌ای با هدف شناسایی زیرحوضه‌های مستعد فرسایش خاک با آنالیز

کمی مورفومتریک در ۱۴ زیرحوضه مانوت با استفاده از نرم‌افزار GIS انجام دادند، که اولویت‌بندی بر مبنای پارامترهای مورفولوژیک مطابقت خوبی با جستجو میدانی زمین‌شناسی داشته‌است. التاف و همکاران (۵) از پوشش گیاهی و مورفومتری حوزه آبخیز کشمیر هیمالیا به‌عنوان چارچوب MCA به منظور اولویت‌بندی حساسیت زیرحوضه‌های آبخیز این حوزه به فرسایش خاک استفاده کردند. در نهایت نیز نقشه اولویت‌بندی را بر مبنای حساسیت به فرسایش کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی کردند. آمانی و همکاران (۱) زیرحوضه‌های آبخیز لهندر واقع در شرق استان گلستان را با استفاده از آنالیز مورفومتری و نرم‌افزار GIS و RS و با توجه به مقادیر شاخص رسوب سالانه (SYI) هریک از زیرحوضه‌ها اولویت‌بندی کردند. در پژوهش‌های ذکر شده، اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز با توجه به پارامترهای مورفومتری به منظور شناسایی مناطق مستعد فرسایش در نظر گرفته شده است. هدف از انجام این مطالعه شناسایی مناطق مستعد فرسایش خاک با آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی در حوزه آبخیز هراز با استفاده از نرم‌افزار GIS و RS به منظور کنترل فرسایش‌های موجود و انجام عملیات حفاظت آب و خاک می‌باشد. حوزه آبخیز هراز به دلیل موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی یکی از مناطق مستعد فرسایش در استان مازندران می‌باشد. در این مطالعه آنالیز مورفومتریک، که بیشتر برای مطالعات هیدرولوژی در کشور به کار رفته در این مطالعه به منظور تعیین حساسیت به فرسایش، مورد استفاده قرار گرفته است. پارامتر کاربری اراضی نیز به‌عنوان یکی از فاکتورهای بسیار مهم و تأثیرگذار در فرسایش نیز مورد بررسی قرار گرفته‌است.

## منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان آمل، استان مازندران واقع شده است، شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز هراز را نشان می‌دهد. حوزه آبخیز هراز بین  $51^{\circ} 41'$  تا  $52^{\circ} 36'$  طول



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز هراز

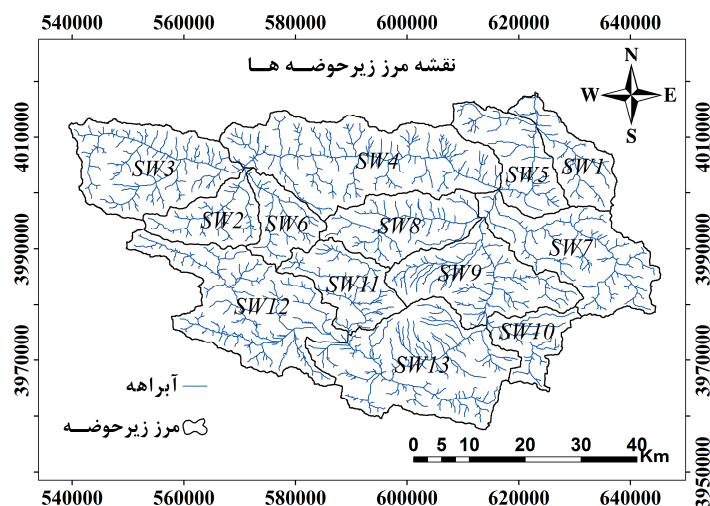
و حوزه آبخیز هراز به ۱۳ زیرحوزه آبخیز به‌منظور آنالیز مورفومتری و کاربری اراضی تقسیم گردید. شبکه زهکشی حوضه نیز با استفاده از نرم افزار Arc Hydro<sup>۱۰</sup> استخراج گردید. آنالیز مورفومتری تمام زیرحوضه‌های این سیستم زهکشی از WS<sub>۱</sub> تا WS<sub>۱۳</sub> نامگذاری شدند (شکل ۲). سپس ویژگی‌های مورفومتری به دو دسته پارامترهای خطی (تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، طول جریان روی سطح زمین، فراوانی آبراهه و بافت زهکشی) و شکلی (نسبت کشیدگی، ضریب فشردگی، ضریب گردی، شاخص شکل و فاکتور شکل) تقسیم شدند (۱۵). و به‌واسطه روابط استاندارد محاسبه شدند. روش‌های مورد استفاده در این مطالعه در جدول (۱) ارائه گردیده است.

نقشه کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که مقادیر رواناب، تبخیر و تعرق و فرسایش سطحی حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پس از تهیه تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۳ از سایت USGS پیش‌پردازش و پردازش و در نهایت پس پردازش‌هایی بر روی این تصاویر به‌منظور استخراج نقشه کاربری اراضی انجام شد. پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

شرقی و ۴۵° ۳۵' تا ۳۶° ۲۲' عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوزه آبخیز ۴۰۱۴/۰۷۵ کیلومتر مربع و حداقل ارتفاع حوضه ۳۲۷ متر و حداکثر ارتفاع آن ۵۶۱۰ متر با متوسط بارندگی ۶۲۳ میلی‌متر می‌باشد. بیشترین سطح پوشش حوزه آبخیز هراز را مراتع و بیشه‌زارهای متراکم و قسمت شمال شرقی حوضه را جنگل‌های متراکم و نیمه متراکم تشکیل می‌دهد که به‌علت وجود رودخانه‌های متعددی مثل رودخانه هراز در سراسر حوضه اطراف این رودخانه‌ها را کاربری زراعت آبی و باغات تشکیل می‌دهد و به‌علت وجود سلسله جبال البرز در منطقه مورد مطالعه، ستیغ‌ها و صخره‌ها اراضی فاقد پوشش گیاهی را تشکیل می‌دهند.

## مواد و روش‌ها

مرز حوضه منطقه مورد مطالعه با نرم‌افزار SWAT از روی DEM با اندازه سلول ۳۰ متر تعیین شد، به‌منظور مدیریت دقیق‌تر و اجرای راحت‌تر برنامه‌های حفاظتی در حوزه آبخیز هراز باید این حوضه به زیرحوضه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شد، بنابراین به نرم‌افزار SWAT حداکثر مساحت مورد نظر داده شد



شکل ۲. نقشه زیرحوضه‌های حوزه آبخیز هراز

رتبه‌های تمام پارامترها برحسب مقدار CP مشخص می‌شود (۵).

$$Cp = 1/n \sum_{i=1}^n R_i \quad [1]$$

Cp = مقدار،  $R_i$  = رده حوزه آبخیز خاص برای یک پارامتر،  $n$  = تعداد پارامترها

### نتایج و بحث

در این مطالعه ابتدا رده‌بندی آبراهه‌ها با روش استراهلر که از متداولترین روش‌های رده‌بندی آبراهه است تهیه گردید (شکل ۳). مشخصات شبکه زهکشی زیرحوضه‌های آبخیز هراز شامل: مساحت، محیط، طول حوضه، حداقل و حداکثر ارتفاع، طول کل آبراهه، تعداد کل آبراهه، شیب محاسبه شد. کمترین مساحت زیرحوضه حوزه آبخیز هراز ۱۳۲/۷۹ کیلومتر مربع در زیرحوضه SW۱۰ و بیشترین مساحت زیرحوضه آبخیز ۵۹۶/۰۶ کیلومتر مربع مربوط به زیرحوضه SW۴ می‌باشد.

### اولویت‌بندی برمبنای پارامتر مورفومتری

مشخصات سیستم زهکشی حوزه آبخیز تأثیر زیادی روی ظرفیت نفوذپذیری و رواناب دارد (۳۰). پارامترهای خطی: پارامترهای خطی شامل بافت زهکشی عمدتاً روی ظرفیت نفوذ تأثیر می‌گذارد (۱۳). تراکم زهکشی کمتر نیز

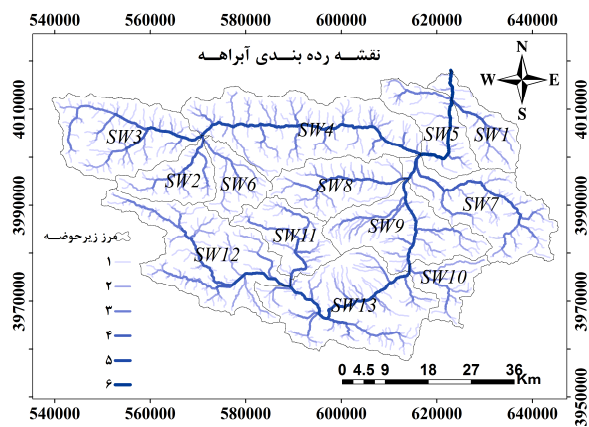
به هفت کلاس جنگل، زراعت آبی، مخازن آبی، اراضی فاقد پوشش گیاهی (اراضی بایر، اراضی صخره‌ای و ...)، مرتع، باغات و اراضی مسکونی با توجه به ترکیب باندی مناسب انتخاب شده با استفاده الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه کاربری به‌دست آمد و با نقشه واقعیت زمینی و عملیات میدانی و نقشه‌های توپوگرافی و پرس و جو محلی ارزیابی شده و پس از تشکیل ماتریس خطا، ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی براساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر صورت گرفت.

برای آنالیز چند معیاره از روش مقدار CP برای اولویت‌بندی حساسیت زیرحوضه‌ها به فرسایش استفاده گردید. این روش برمبنای اصول مدل‌سازی کارشناسان است (۳۵). اولویت‌بندی در این روش برمبنای درجه خطر فرسایش زیرحوضه‌ها با استفاده از اطلاعات مورفومتری و پوشش گیاهی می‌باشد (۱۵).

در این روش تمام شماره رتبه‌ها برمبنای تعداد حوزه‌های آبخیز تعیین شده است. ۱۳ زیرحوضه آبخیز در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، بنابراین رتبه‌ها از ۱ تا ۱۳ داده شدند. برای مورفومتری و پوشش گیاهی، رتبه ۱ نشان‌دهنده حداکثر تأثیر و رتبه ۱۳ نشان‌دهنده حداقل تأثیر در فرسایش هستند. اثر کلی تمام پارامترها روی قابلیت فرسایش هر زیرحوضه با میانگین

جدول ۱. فرمول‌های به‌کار گرفته شده برای محاسبه پارامترهای مورفومتری

شماره	پارامترهای مورفومتری	فرمول	منبع
۱	رده‌بندی آبراهه	رده‌بندی مرتبه‌ای	Strahler, (۳۲)
۲	طول آبراهه (Lu)	طول آبراهه	Horton, (۱۳)
۳	نسبت انشعاب (Br)	$Br = \text{Antilog}[(\log n_1 - \log n_0) / (n - 1)]$ $N_1 = \text{تعداد آبراهه رده یک}$ , $N_i = \text{تعداد آبراهه آخرین رده}$	علیزاده, (۳)
۴	تراکم زهکشی (D)	$D = \text{تراکم زهکشی}$ , $D = Lu/A$ $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$	Horton, (۱۲)
۵	فراوانی آبراهه (Fs)	$F_s = \text{فراوانی آبراهه}$ , $F_s = Nu/A$ $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$	Horton, (۱۲)
۶	بافت زهکشی (Rt)	$R_t = \text{بافت زهکشی}$ , $R_t = Nu/P$ $P = \text{محیط (km)}$	Horton, (۱۳)
۷	فاکتور شکل (Rf)	$R_f = \text{فاکتور شکل}$ , $R_f = A/Lb$ $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$ , $Lb = \text{طول حوضه}$	Horton, (۱۲)
۸	ضریب گردی (Rc)	$R_c = 12,57 * A / P^2$ $R_c = \text{ضریب گردی}$ , $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$ , $P = \text{محیط (km)}$	علیزاده, (۳)
۹	ضریب کشیدگی (Re)	$R_e = 2 / Lb \sqrt{A / \pi}$ $R_e = \text{ضریب کشیدگی}$ , $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$ , $Lb = \text{طول حوضه}$	Schumms (۳۲)
۱۰	طول جریان زمینی (Lg)	$L_g = \text{طول جریان در روی زمین}$ , $L_g = 1/D * 2$	Horton, (۱۳)
۱۱	شاخص شکل (Sw)	$S_w = Lb^2 / A$ $Lb = \text{طول حوضه}$ , $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$	Horton, (۱۳)
۱۲	ضریب فشردگی حوضه (Cc)	$C_c = 0,282P / \sqrt{A}$ $P = \text{محیط (km)}$ , $A = \text{مساحت حوضه (km}^2\text{)}$	مهدوی, (۴)
۱۳	اختلاف ارتفاع حوضه (H)	حداقل ارتفاع - حداکثر ارتفاع = H	



شکل ۳. رده‌بندی آبراهه حوضه آبخیز هراز

در هر زیرحوزه آبخیز نشان‌دهنده مواد زیرسطحی نفوذپذیر، پوشش گیاهی خوب و پستی و بلندی کم می‌باشد (۱۱، ۲۰). همچنین زیرحوضه‌های با مقدار فراوانی آبراهه کمتر، دارا پستی و بلندی کمتر و سطوح نفوذپذیرتر هستند، درحالی‌که مناطق با مقدار فراوانی آبراهه بیشتر، دارا شرایط عکس می‌باشند (۱۶). نسبت انشعاب نیز نشانگر پیچیدگی ساختمان و قابلیت نفوذپذیری سطح زمین می‌باشد، بنابراین رابطه معکوس با نفوذپذیری حوزه آبخیز دارد (۱۴، ۲۵).

پارامترهای خطی رابطه مستقیم با افزایش مقدار فرسایش پذیری دارند (۲۲ و ۲). با افزایش مقدار هرکدام از پارامترهای خطی ظرفیت نفوذ کاهش یافته در نتیجه حساسیت به فرسایش افزایش می‌یابد. بنابراین برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز، بیشترین مقدار پارامترهای خطی که حساسیت به فرسایش بیشتری دارند با رتبه ۱، و کمترین مقدار با کمترین حساسیت به فرسایش رتبه ۱۳ رتبه‌بندی شده‌اند. رتبه‌بندی درمورد پارامتر پستی و بلندی حوضه نیز مشابه رتبه‌بندی پارامترهای خطی می‌باشد. رتبه‌بندی تمام پارامترهای خطی در جدول (۲) آورده شده است.

**پارامترهای شکل:** در حوضه‌های با مقدار فاکتور شکل کمتر فرصت نفوذپذیری کمتر بوده در نتیجه فرسایش بیشتر می‌باشد. در مورد پارامتر مربوط به شکل دبی حداکثر سیلاب در حوزه‌های گرد، بیشتر از کشیده است زیرا زمان تمرکز در حوضه گرد کوتاه‌تر می‌باشد (۴). در شرایط واکنش به فرسایش شاخص شکل حوضه نیز مشابه با فاکتور شکل رفتار می‌کند. از این‌رو، رتبه‌بندی در نظر گرفته شده مشابه مورد فاکتور شکل می‌باشد. ضریب گردی بیشتر نیز به شکل دایره حوزه آبخیز و پستی بلندی متوسط تا زیاد و نفوذپذیری سطحی اشاره می‌کند (۵). مقادیر نزدیک به ۱ ضریب کشیدگی مربوط به مناطق با پستی بلندی خیلی کم درحالی‌که از ۰/۸ تا ۰/۶ مربوط به مناطق با پستی و بلندی زیاد و شیب زمین تندتر هستند (۹). مقدار ضریب فشردگی حوضه نیز مستقیماً به ظرفیت نفوذ حوزه آبخیز مربوط می‌شود بنابراین رتبه‌بندی در نظر گرفته شده مشابه

فاکتور شکل و شاخص شکل می‌باشد.

باتوجه به مطالب گفته شده درمورد پارامترهای شکل، پارامترهای شکل رابطه معکوس با فرسایش‌پذیری خاک دارند (۲۲)، بنابراین با افزایش مقدار هر پارامتر به‌علت افزایش نفوذپذیری و کاهش حساسیت به فرسایش رتبه ۱۳ و پارامترهای با مقدار کمتر به‌علت کاهش نفوذپذیری حوضه و افزایش حساسیت به فرسایش رتبه ۱ داده شدند. رتبه‌بندی تمام پارامترهای شکل در جدول (۲) آورده شده است. بنابراین، رتبه‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز با تعیین بیشترین رتبه بر مبنای بیشترین مقدار در مورد پارامتر خطی و کمترین مقدار در مورد پارامترهای شکل تعیین شدند.

هیچ‌کدام از پارامترها به‌تنهایی نمی‌توانند حساسیت به فرسایش زیرحوضه‌ها را توجیه کنند، به‌این‌منظور مقدار CP برای هر یک از زیرحوضه‌ها، باتوجه به میانگین رتبه‌های داده شده به هر پارامتر محاسبه شد. زیرحوضه‌ای که کمترین مقدار CP را دارد، نسبت به فرسایش خاک حساس‌تر است بنابراین نیاز به عملیات حفاظتی بیشتری داشته، بنابراین در اولویت خیلی‌زیاد قرار داده شد. بنابراین بر مبنای مقدار CP زیرحوضه‌های آبخیز به چهار طبقه، خیلی زیاد (۶-۵/۳)، زیاد (۶/۷-۶/۱)، متوسط (۶/۸-۷/۴)، کم (۷/۵-۸/۱) طبقه‌بندی شدند. زیرحوضه‌های SW<sup>۴</sup> در اولویت خیلی زیاد؛ SW<sup>۷</sup>، SW<sup>۹</sup>، SW<sup>۱۳</sup> در اولویت زیاد؛ SW<sup>۱</sup>، SW<sup>۸</sup>، SW<sup>۱۱</sup>، SW<sup>۱۲</sup> در اولویت متوسط؛ SW<sup>۲</sup>، SW<sup>۵</sup>، SW<sup>۶</sup>، SW<sup>۱۰</sup> در اولویت کم قرار داده شدند (جدول ۲) در جدول (۶) مساحت و درصد مساحت هر طبقه از اولویت‌بندی آورده شده است. در شکل (۴) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز هراز بر مبنای پارامترهای مورفومتری نشان داده شده است.

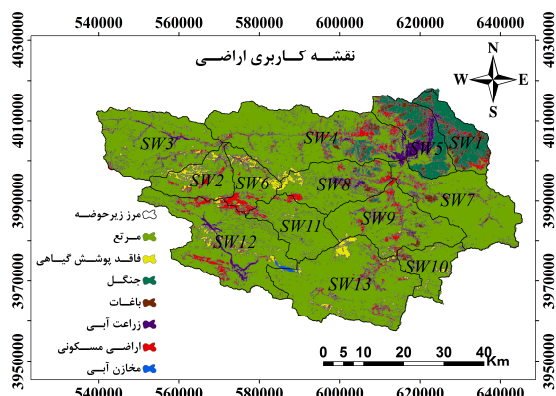
#### اولویت‌بندی بر مبنای کاربری اراضی

آنالیز تغییرات کاربری اراضی یکی از فاکتورهای مهمی است که در سال‌های اخیر بسیار تأکید شده‌اند (۶، ۱۷، ۲۱ و ۲۹). پوشش گیاهی تأثیر مهمی روی الگو شبکه زهکشی حوزه آبخیز

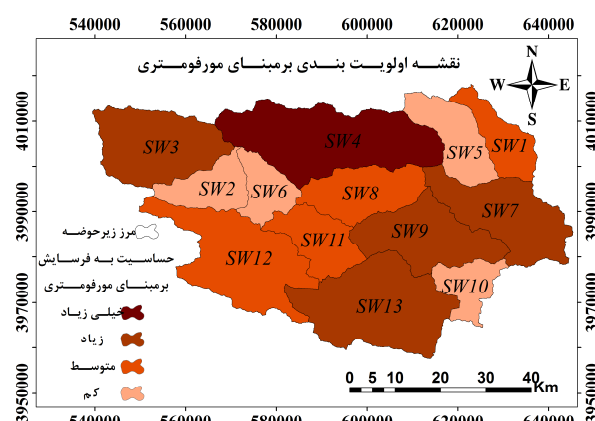
جدول ۲. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها بر مبنای پارامترهای مورفومتری

حساسیت به فرسایش	مقدار CP	پارامترهای مورفومتری											زیرحوزه‌ها
		اختلاف ارتفاع (m)H	پارامترهای شکل					پارامترهای خطی					
			Cc	Rc	Rf	Ws	Re	D	Lg	Fs	Rt	Rb	
متوسط		۲۹۳۷	۱/۹۷	۰/۲۵	۰/۲۵	۳/۵۸	۰/۵۷	۰/۲۷	۷/۴	۰/۳۶	۰/۶۶	۲/۴۴	SW۱
	۶/۹۰	۷	۷	۷	۲	۱۲	۲	۸	۶	۲	۱۰	۱۳	رتبه
کم		۲۱۲۹	۱/۸۲	۰/۳	۰/۳۵	۲/۷۸	۰/۶۷	۰/۲۶	۷/۵۷	۰/۳۵	۰/۷	۳/۵	SW۲
	۷/۵۴	۱۲	۳	۱۱	۶	۸	۶	۱۰	۴	۶	۸	۹	رتبه
زیاد		۲۲۶۸	۱/۶۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۲/۶۸	۰/۶۸	۰/۳	۶/۶	۰/۳۷	۱/۲۴	۳/۱۵	SW۳
	۶/۷۲	۱۰	۱	۱۳	۷	۷	۷	۶	۸	۱	۲	۱۲	رتبه
خیلی زیاد		۳۳۶۸	۱/۹۸	۰/۲۵	۰/۲۲	۴/۳۸	۰/۵۳	۰/۲۷	۷/۳۴	۰/۳۱	۱/۰۹	۵/۳۷	SW۴
	۵/۳۶	۳	۹	۵	۱	۱۳	۱	۷	۷	۷	۳	۳	رتبه
کم		۲۶۱۱	۱/۷۸	۰/۳۱	۰/۷۹	۱/۲۶	۱	۰/۱۹	۱۰/۵۷	۰/۳	۰/۶۹	۳/۶	SW۵
	۸/۱۸	۸	۲	۱۲	۱۳	۱	۱۳	۱۱	۳	۱۰	۹	۸	رتبه
کم		۲۱۷۲	۱/۹	۰/۲۷	۰/۴	۲/۴۵	۰/۷۲	۰/۳۱	۶/۳۶	۰/۲۶	۰/۴۵	۵/۴	SW۶
	۸	۱۱	۶	۸	۸	۶	۸	۵	۹	۱۳	۱۲	۲	رتبه
زیاد		۳۲۶۴	۲/۰۱	۰/۲۴	۰/۳	۳/۳	۰/۶۲	۰/۳۵	۵/۶۵	۰/۳	۰/۸۲	۴/۴۸	SW۷
	۶/۶۳	۵	۱۰	۴	۵	۹	۵	۲	۱۲	۹	۶	۶	رتبه
متوسط		۳۳۴۴	۱/۸۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۳/۳۴	۰/۶۱	۰/۱۷	۱۱/۴۸	۰/۲۷	۰/۶۶	۳/۶۸	SW۸
	۷/۲۷	۴	۴	۱۰	۴	۱۰	۴	۱۳	۱	۱۲	۱۱	۷	رتبه
زیاد		۴۷۲۹	۱/۹۸	۰/۲۵	۰/۷	۱/۴	۰/۹۵	۰/۲۶	۷/۵۱	۰/۳۱	۰/۸۳	۴/۳۹	SW۹
	۶/۶۳	۱	۸	۶	۱۲	۲	۱۲	۹	۵	۸	۵	۵	رتبه
کم		۲۵۴۶	۲/۱۱	۰/۲۲	۰/۴۴	۲/۲۴	۰/۷۵	۰/۳۴	۵/۸	۰/۲۹	۰/۴۵	۵/۶۵	SW۱۰
	۷/۷۲	۹	۱۲	۲	۹	۵	۹	۳	۱۱	۱۱	۱۳	۱	رتبه
متوسط		۳۱۸۶	۲/۰۲	۰/۲۴	۰/۵۹	۱/۶۹	۰/۸۶	۰/۳۷	۵/۳۵	۰/۳۶	۰/۷۱	۳/۷۵	SW۱۱
	۶/۸۱	۶	۱۱	۳	۱۱	۳	۱۱	۱	۱۳	۳	۷	۶	رتبه
متوسط		۱۸۶۵	۲/۳۳	۰/۱۸	۰/۲۷	۳/۵۹	۰/۵۹	۰/۳۲	۶/۲۲	۰/۳۵	۰/۹۵	۳/۳۴	SW۱۲
	۷	۱۳	۱۳	۱	۳	۱۱	۳	۴	۱۰	۴	۴	۱۱	رتبه
زیاد		۴۲۵۷	۱/۸۳	۰/۲۹	۰/۵	۱/۹۹	۰/۷۹	۰/۱۸	۱۱/۱۱	۰/۳۵	۱/۲۷	۳/۴۱	SW۱۳
	۶/۳۶	۲	۵	۹	۱۰	۴	۱۰	۱۲	۲	۵	۱	۱۰	رتبه





شکل ۵. نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز هراز



شکل ۴. نقشه اولویت بندی زیرحوزه های آبخیز هراز بر مبنای پارامترهای مورفومتری

جدول ۳. ارزیابی نتایج طبقه بندی نوع کاربری اراضی

نوع کاربری	دقت کاربر	دقت تولید کننده	خطای گماشته شده	خطای حذف شده	ضریب کاپا
باغات	۸۶/۶۸	۸۶/۴۱	۱۳/۳۲	۱۳/۵۹	
مخازن آبی	۱۰۰	۹۹/۲۲	۰	۰/۷۸	
زراعت آبی	۵۳/۵۰	۶۷/۷۴	۴۶/۵۰	۳۲/۲۶	
اراضی جنگلی	۱۰۰	۸۴/۲۵	۰	۱۵/۷۵	۰/۷۷
اراضی مرتعی	۴۱/۵۲	۹۰/۸۳	۵۸/۴۸	۹/۱۷	
اراضی مسکونی	۹۲/۹۸	۹۶/۳۶	۷/۰۲	۳/۶۴	
اراضی فاقد پوشش گیاهی	۹۸/۸۹	۶۳/۱۷	۱/۱۱	۳۶/۸۳	

درد (۲۸). به علاوه تفاوت پوشش گیاهی تأثیر زیادی روی رطوبت خاک، نفوذپذیری، تبخیر و تعرق و فرسایش پذیری می گذارد (۲۶، ۲۷ و ۲۴). برای ارزیابی صحت نقشه کاربری اراضی، علاوه بر محاسبه ضریب کاپا، به منظور برآورد دقت کلاس ها از پارامترهای دیگری نظیر دقت کاربری، دقت تولید کننده، خطای گماشته شده و خطای حذف شده استفاده شد. که این پارامترها در جدول (۳) ارائه شده اند. نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در شکل (۵) آورده شده است.

مرتفع اولین فاکتور غالب در منطقه مورد مطالعه است و ۷۵/۸۵ درصد و جنگل ۶/۰۸ درصد از مساحت کل حوزه آبخیز را می پوشاند. مراتع به علت ساختار ریشه ای مترکم شدیداً در نگاه داشت ذرات خاک به یکدیگر تأثیر می گذارد. جنگل ها نیز خاک در کشور می باشد (۲). گسترش اراضی مسکونی باعث

به علت داشتن تاج پوشش مانع برخورد مستقیم قطرات باران با سطح خاک و متلاشی شدن خاکدانه ها و موجب تشدید نفوذپذیری می گردند (۴). تأثیر جنگل و مرتع در فرسایش مشابه است بنابراین رتبه بندی مشابه ای دارند. زیرحوزه های آبخیز با بیشترین درصد مساحت مرتع و جنگل به علت کمترین حساسیت به فرسایش رتبه ۱۳ و زیرحوزه های با کمترین درصد مساحت مرتع و جنگل رتبه ۱ داده شدند.

مساحت اراضی فاقد پوشش گیاهی ۸/۹۵ درصد، زراعت آبی ۳/۶۲ درصد، اراضی باغات ۳/۲۲ درصد و اراضی مسکونی ۲/۱۶ درصد از مساحت کل حوضه می باشد. گسترش اراضی کشاورزی در اراضی شیب دار و کم عمق علت معلول فرسایش خاک در کشور می باشد (۲). گسترش اراضی مسکونی باعث

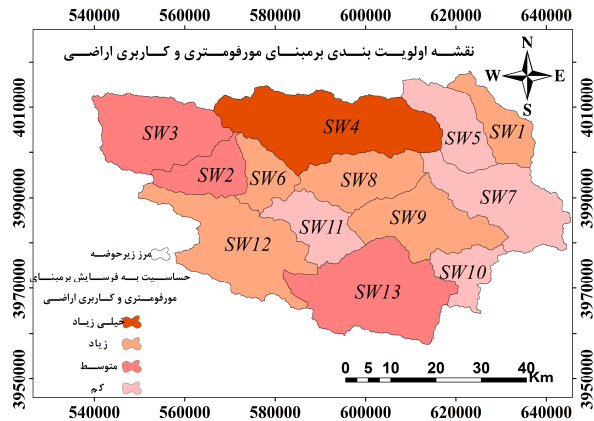


جدول ۴. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر مبنای پارامتر کاربری اراضی

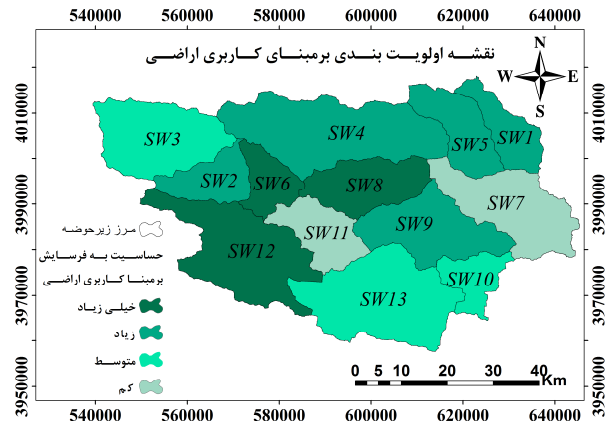
زیرحوضه‌ها	مرتع	جنگل	زراعت آبی	باغات	اراضی مسکونی	فاقد پوشش گیاهی	Cp	حساسیت به فرسایش
Sw۱	۷/۰۳	۶۳/۱۶	۳/۷۳	۲۰/۲۳	۵/۸۳	۰/۰۲		
رتبه	۱	۱۳	۴	۱	۷	۱۲	۶/۳	زیاد
Sw۲	۷۷/۸۱	۰/۰۱	۰/۵۴	۰/۶۴	۸/۱۸	۱۲/۸۲	۵/۸	زیاد
رتبه	۴	۵	۱۲	۱۰	۲	۲		
Sw۳	۹۱/۲۶	۰	۲/۵۷	۰/۹۴	۲/۹۷	۲/۲۶	۷/۳	متوسط
رتبه	۱۱	۰	۶	۸	۱۲	۷		
Sw۴	۸۲/۰۵	۲/۹	۴/۲۲	۲/۸۳	۷/۰۴	۰/۹۶	۶/۶	زیاد
رتبه	۶	۱۱	۲	۵	۶	۱۰		
Sw۵	۲۲/۹۷	۴۱/۸۲	۱۶/۳۸	۱۴/۰۲	۴/۸	۰/۰۱	۶/۳	زیاد
رتبه	۲	۱۲	۱	۲	۸	۱۳		
Sw۶	۶۸/۵۹	۰	۱/۱۷	۰/۶۲	۱۶/۵۸	۱۳/۰۴	۴/۳	خیلی زیاد
رتبه	۳	۰	۱۰	۱۱	۱	۱		
Sw۷	۹۱/۵۹	۰/۷۶	۱/۲۷	۲/۴۵	۳/۶	۰/۳۳	۹/۶	کم
رتبه	۱۲	۹	۹	۶	۱۱	۱۱		
Sw۸	۷۸/۹۶	۱/۴۴	۳/۵۴	۴/۴۱	۷/۴۴	۴/۲۱	۵/۵	خیلی زیاد
رتبه	۵	۱۰	۵	۳	۵	۵		
Sw۹	۸۶/۳	۰/۳۶	۱/۶۵	۳/۱	۷/۴۷	۱/۱۲	۶/۶	زیاد
رتبه	۸	۸	۷	۴	۴	۹		
Sw۱۰	۸۸/۸۶	۰/۰۳	۱/۲۹	۲/۲۵	۱/۸۶	۵/۷۱	۷/۸	متوسط
رتبه	۹	۷	۸	۷	۱۳	۳		
Sw۱۱	۹۳/۵۳	۰	۰/۴۱	۰/۰۱	۴/۱۳	۱/۹۲	۹/۳	کم
رتبه	۱۳	۰	۱۳	۱۳	۹	۸		
Sw۱۲	۸۳/۸	۰	۳/۸۵	۰/۰۲	۸/۱۷	۴/۱۶	۵/۱	خیلی زیاد
رتبه	۷	۰	۳	۱۲	۳	۳		
Sw۱۳	۸۹/۷۴	۰/۰۲	۰/۷	۰/۸۶	۴/۰۸	۴/۶	۸/۳	متوسط
رتبه	۱۰	۶	۱۱	۹	۱۰	۴		

است. با افزایش مساحت اراضی فاقد پوشش گیاهی، زراعت آبی، باغات و اراضی مسکونی فرسایش به‌علت کاهش نفوذپذیری افزایش پیدا می‌کند، به‌همین دلیل رتبه‌بندی برای این چهار عامل مشابه می‌باشد، یعنی زیرحوضه‌های که بیشترین

افزایش سطوح نفوذناپذیر خاک و افزایش میزان رواناب در نتیجه ایجاد سیل و فرسایش می‌گردد. اراضی فاقد پوشش تأثیر زیادی در فرسایش خاک خواهند داشت چون سطح زمین فاقد هرگونه پوشش گیاهی در برابر عوامل فرسایش آبی و بادی



شکل ۷. نقشه اولویت بندی بر مبنای پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی



شکل ۶. نقشه اولویت بندی زیر حوضه‌های آبخیز هراز بر مبنای کاربری اراضی

حوضه تأثیر فراوان دارند. نحوه استفاده از اراضی هم در این روابط مؤثر بوده و مناطق دارای پوشش دائمی مانند جنگل و یا مرتع، دارای رواناب کمتری می‌باشند و تأثیر بیشتری روی تغذیه آب‌های زیرزمینی دارند. این ویژگی‌ها حتی روی وضعیت رسوب‌دهی و فرسایش و همچنین کیفیت آب تأثیر می‌گذارند (۴). به همین منظور رتبه‌های هر دو پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی با هم در هر یک از زیر حوضه برای محاسبه مقدار CP در نهایت اولویت‌بندی در نظر گرفته شدند. بر مبنای مقدار CP نهایی زیرحوضه‌های آبخیز به چهار طبقه با اولویت خیلی زیاد (۵/۸-۶/۲)؛ زیاد (۶/۳-۶/۷)؛ متوسط (۶/۸-۷/۲)؛ کم (۷/۳-۷/۷) طبقه‌بندی شدند. زیرحوضه‌های آبخیز SW۴ در اولویت خیلی زیاد؛ SW۱، SW۲، SW۳، SW۶، SW۸، SW۹، SW۱۲ در اولویت زیاد؛ SW۱۳ در اولویت متوسط؛ SW۵، SW۷، SW۱۰، SW۱۱ در اولویت کم طبقه‌بندی شدند (جدول ۵). مساحت و درصد هر یک از طبقه‌ها در جدول (۶) آمده است. همان‌طور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود در اولویت‌بندی بر مبنای کاربری اراضی ۲۲/۱۸ درصد از مساحت حوزه دارا فرسایش خیلی زیاد هستند، بنابراین تأثیر کاربری اراضی در فرسایش بیشتر از پارامترهای مورفومتری است. نقشه نهایی اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بر مبنای تأثیر هر دو پارامتر مورفومتری و کاربری اراضی را در شکل (۷) ارائه گردید.

مساحت را دارند به علت فرسایش زیاد رتبه ۱ و زیرحوضه‌های با مساحت کمتر رتبه ۱۳ داده شدند. رتبه‌بندی تمام پارامترهای مربوط به کاربری اراضی در جدول (۴) آورده شده است. پارامتر مورفومتری به تنهایی نمی‌تواند حساسیت به فرسایش را توجیه کند بنابراین پارامتر کاربری اراضی نیز در نظر گرفته شد، به این منظور مقدار  $C_p$  با میانگین‌گیری رتبه‌های هر یک از انواع کاربری اراضی برای هر زیرحوضه آبخیز محاسبه شد. با استفاده از مقدار CP زیرحوضه‌های آبخیز به چهار طبقه، خیلی زیاد (۵/۸-۶/۲)؛ زیاد (۶/۳-۶/۷)؛ متوسط (۶/۸-۷/۲)؛ کم (۷/۳-۷/۷) به منظور اولویت‌بندی آنها برای اعمال عملیات مدیریتی نسبت به حساسیت فرسایش خاک، طبقه‌بندی شدند. زیرحوضه‌های SW۱۲، SW۸، SW۶ در اولویت خیلی زیاد؛ SW۹، SW۵، SW۴، SW۲، SW۱ در اولویت زیاد؛ SW۱۳، SW۱۰، SW۳ در اولویت متوسط؛ SW۷، SW۱ در اولویت کم قرار گرفتند (جدول ۴) مساحت و درصد مساحت هر طبقه در جدول (۶) آورده شده است. شکل (۶) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز را بر مبنای آنالیز کاربری اراضی نشان می‌دهد.

#### اولویت‌بندی بر مبنای تأثیر هر دو پارامتر مورفومتری و کاربری اراضی

ویژگی‌های فیزیکی حوضه، روی ضریب رواناب و بیلان آبی یک

جدول ۵. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر مبنای پارامترهای موفومتری و کاربری اراضی

حساسیت سازه	مقدار CP	H	Cc	Re	Rf	Ws	Re	D	Lg	Fs	Rt	Rb	مناطق پوششی گیاهی	راضی مسکونی	بافت	تراکم آبی	شکل	رتبه	و مشخصه پهن
زیاد	۶/۷	۷	۷	۷	۲	۱۲	۲	۷	۶	۲	۱۰	۱۳	۱۲	۷	۱	۴	۱۳	۱	Sw۱
متوسط	۶/۹	۱۲	۳	۱۱	۶	۸	۶	۱۰	۴	۶	۸	۹	۲	۲	۱۰	۱۲	۵	۴	Sw۲
متوسط	۶/۹	۱۰	۱	۱۳	۷	۷	۷	۶	۸	۱	۲	۱۲	۷	۱۲	۸	۶	۰	۱۱	Sw۳
خیلی زیاد	۵/۸	۳	۹	۵	۱	۱۳	۱	۷	۷	۷	۳	۳	۱۰	۶	۵	۲	۱۱	۶	Sw۴
کم	۷/۵	۸	۲	۱۲	۱۳	۱	۱۳	۱۱	۳	۱۰	۹	۸	۱۳	۸	۲	۱	۱۲	۲	Sw۵
زیاد	۶/۷	۱۱	۶	۸	۸	۶	۸	۵	۹	۱۳	۱۲	۲	۱	۱	۱۱	۱۰	۰	۳	Sw۶
کم	۷/۷	۵	۱۰	۴	۵	۹	۵	۲	۱۲	۹	۶	۶	۱۱	۱۱	۶	۹	۹	۱۲	Sw۷
زیاد	۶/۶	۴	۴	۱۰	۴	۱۰	۴	۱۳	۱	۱۲	۱۱	۷	۵	۵	۳	۵	۱۰	۵	Sw۸
زیاد	۶/۶	۱	۸	۶	۱۲	۲	۱۲	۹	۵	۸	۵	۵	۹	۴	۴	۷	۸	۸	Sw۹
کم	۷/۷	۹	۱۲	۲	۹	۵	۹	۳	۱۱	۱۱	۱۳	۱	۳	۱۴	۷	۸	۷	۹	Sw۱۰
کم	۷/۷	۶	۱۱	۳	۱۱	۳	۱۱	۱	۱۳	۳	۷	۶	۸	۹	۱۳	۱۳	۰	۱۳	Sw۱۱
زیاد	۶/۳	۱۳	۱۳	۱	۳	۱۱	۳	۴	۱۰	۴	۴	۱۱	۶	۳	۱۲	۳	۰	۷	Sw۱۲
متوسط	۷	۲	۵	۹	۱۰	۴	۱۰	۱۲	۲	۵	۱	۱۰	۴	۱۰	۹	۱۱	۶	۱۰	Sw۱۳

جدول ۶. مساحت و درصد طبقه‌بندی حساسیت به فرسایش

درصد	مساحت (km <sup>۲</sup> )	تعداد زیرحوضه	حساسیت به فرسایش	مبنای اولویت‌بندی
۱۴/۸	۵۹۶/۹	۱	خیلی زیاد	
۴۱/۱۳	۱۶۵۶/۷	۴	زیاد	مورفومتری
۲۷/۷۷	۱۱۱۸/۹	۴	متوسط	
۱۶/۳	۶۵۶/۵۸	۴	کم	
۲۲/۱۸	۸۹۳/۴۵	۳	خیلی زیاد	
۳۷/۰۶	۱۴۹۲/۴۵	۵	زیاد	کاربری اراضی
۲۶/۴۲	۱۰۶۴/۷۱	۳	متوسط	
۱۴/۳۴	۵۷۷/۹۷	۲	کم	
۱۴/۱۸	۵۹۶/۰۹	۱	خیلی زیاد	
۳۴/۸۶	۱۴۰۴/۳	۵	زیاد	مورفومتری و
۲۷/۳	۱۰۹۹/۶	۳	متوسط	کاربری اراضی
۲۳/۰۴	۹۲۸/۱۵	۴	کم	

## نتیجه‌گیری

برای آنالیز مورفومتری حوزه آبخیز هراز، ارزیابی پارامترهای مورفومتری و کاربری اراضی و تأثیر آن روی حساسیت خاک به فرسایش با استفاده از نرم‌افزار GIS و RS انجام شد. شناسایی مناطق بحرانی از نظر حساسیت به فرسایش خاک به‌منظور اجرای عملیات حفاظت آب و خاک ضروری می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که با تلفیق GIS و عوامل هیدرولوژیک می‌توان اثر متقابل عوامل مورفومتری را بر پتانسیل فرسایش‌پذیری حوزه‌های آبخیز مورد بررسی قرار داد. سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS یکی از ابزارهای قدرتمند تحلیل و نمایش داده‌های مکانی در زمینه آبخیزداری می‌باشد که پارامترهای مورفومتری زیرحوضه‌های آبخیز هراز از قبیل پارامترهای نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، فراوانی آبراهه، بافت زهکشی، فاکتور شکل، ضریب گردی، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، طول جریان روی سطح زمین، شاخص شکل و اختلاف ارتفاع حوضه برای هرکدام از ۱۳ زیرحوضه در محیط GIS و با تکیه بر نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه استخراج شدند و به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها استفاده شدند. بررسی

مجموعه عوامل زیست محیطی در زمینه فرسایش‌پذیری و کاربری اراضی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعت از طریق تخریب پوشش گیاهی در عرصه آبخیزداری، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ آن احتمال فرسایش‌پذیری و همچنین سیل‌خیزی را در مناطق گوناگون افزایش داده‌است. به‌همین منظور پارامتر کاربری اراضی و مورفومتری با هم در در اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر حساسیت به فرسایش مدنظر قرار گرفتند. نتایج اولویت‌بندی ۱۳ زیرحوضه آبخیز هراز نشان داد که در اولویت‌بندی بر مبنای مورفومتری زیرحوضه SW4، و در اولویت بندی بر مبنای کاربری اراضی زیرحوضه‌های SW6، SW8، SW12 در گروه اولویت خیلی زیاد از نظر حساسیت به فرسایش قرار گرفته‌اند. در حالی‌که در اولویت‌بندی نهایی بر مبنای هردو پارامتر مورفومتری و کاربری اراضی زیرحوضه SW4 به عنوان منطقه با اولویت خیلی زیاد مشاهده شد. این منطقه به‌عنوان منطقه بسیار بحرانی از لحاظ حساسیت بسیار زیاد به فرسایش خاک شناسایی شد، بنابراین باید در اولویت اول برای اجرای عملیات حفاظت آب و خاک مدنظر قرار داده شود. مطالعه موجود

استفاده از نرم‌افزار GIS را در اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز حفاظت منابع آب و خاک را اثبات می‌کند.  
به‌عنوان یک ابزار کمکی مؤثر برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی

#### منابع مورد استفاده

۱. آمانی، م.، و ع. نجفی نژاد. ۱۳۹۳. اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS، حوزه آبخیز لهندر، استان گلستان. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال پنجم ۹: ۱-۱۵.
۲. سلاجقه، ع.، م. ح. سیدعلیپور و م. حسینعلی زاده. ۱۳۹۲. اصول مدیریت و حفاظت خاک. انتشارات دانشگاه تهران چاپ اول: ۶۴۱.
۳. علیزاده، ا. ۱۳۹۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سی و دوم، دانشگاه امام رضا.
۴. مهدوی، م. ۱۳۸۸. هیدرولوژی کاربردی (جلد دوم). چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران.
5. Altaf, S., G. Meraj and S. A. Romshoo. 2014. Morphometry and land cover based multi-criteria analysis for assessing the soil erosion susceptibility of the western Himalayan watershed. Environ. Monit Assess. 186(12): 8391-8412.
6. Amba S., L. Nandagiri, S. Thokchom and M.V. S. Rajesh. 2005. Land use-land cover mapping using satellite data for a forested watershed, Udipi district, Karnataka state, India. J. of the Indian Soci. of Remote Sensing 33(2): 233-238.
7. Bayramin, I., O. Dengiz, O. Baskan and M. Parlak. 2003. Soil erosion assessment with ICONA model: Case study: Bepazari area. Turkish J. of Agr. and Forestry 1 (27): 105-116.
8. Chen, J., A. A. Hill and L. D. Urbano. 2009. A GIS-based model for urban flood inundation. J. Hydrol. 373: 184-192.
9. Dar, R.A, R. Chandra, and S.A. Romshoo. 2013. Morphotectonic and Lithostratigraphic analysis of Intermontane Karewa basin of Kashmir Himalayas, India. J. of Mountain Sci. 10(1): 1-15.
10. Gajbhiye, S., S. K. Mishra and A. Pandey. 2014. Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective. Applied Water Sci. 4(1): 51-61.
11. Harlin, J. M and C. Wijeyawickrema. 1985. Irrigation and groundwater depletion in Caddo county, Oklahoma. J. Am. Water Resour. As. 21(1): 15-22.
12. Horton, R. E. 1932. Drainage basin characteristics. Transactions of the American Geophysical Union. 13(1): 350-361.
13. Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. Geol Soc. Am. Bull 56: 275-370.
14. Howard, A. D. 1990. Role of hypsometry and planform in basin hydrologic response. Hydrological Processes 4(4): 373-385.
15. Javed, A, M. Y Khanday and R. Ahmed. 2009. Prioritization of watersheds based on morphometric and landuse analysis using RS and GIS techniques. J. of the Indian soci. of Remote Sensing 37: 261-274.
16. Jee Omar, P. 2015. Geomatics Techniques based significance of morphometric analysis in prioritization of watershed. Int. J. of Enhanced Res. in Sci. Technol. & Eng. 4(1): 24-13.
17. Joshi, PK., G. S. Rawat, H. Padaliya and P. S. Roy. 2005. Land use/land cover identification in an Alpine and arid region (Nubra valley, Ladakh) using satellite remote sensing. J. of the Indian soci. of Remote Sensing 33(4): 371-380.
18. Kavian, A., A. Azmoodeh and K. Solaimani. 2013. Deforestation effects on soil properties, runoff and erosion in northern Iran. Arabian J. of Geosciences. doi:10.1007/s12517-013-0853-1.
19. Kumar, R., S. Kumar, A. K. Lohani, R. K. Nema and R. D. Singh. 2000. Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. GIS India 9(3): 13-17.
20. Luo, W. 1900. Quantifying groundwater-sapping landforms with a hypsometric technique. J. Geophys Res. 105: 1685-1694.
21. Mahajan, S. and P. Panwar. 2005. Land use changes in Ashwani Khad watershed using GIS techniques. J. of the Indian soci. of Remote Sensing 33(2): 227-232.
22. Nooka R., K, YK. Srivastava Rao, V. Venkateshwara, E. Amminedu and K. S. R. Murthy. 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis- Remote Sensing and GIS perspective. J. of the Indian soci. of Remote Sensing 33(1): 25-38.

23. Pirasteh, S., H. O. Safari, B. Pradhan and I. Attarzadeh. 2010. Litho morphotectonics analysis using Landsat ETM data and GIS techniques: Zagros Fold Belt (ZFB), SW Iran. *Int. Geoinformatics Res. and Development J.* 1(2): 9-1.
24. Pradhan, B. 2010. Flood susceptible mapping and risk area estimation using logistic regression, GIS and remote sensing. *J. Spatial Hydrology* 9(2): 1-18.
25. Rakesh, K., A. K. Lohani, C. Sanjay and R. K. Nema. 2000. GIS based morphometric analysis of Ajay river basin upto Srarath gauging site of South Bihar. *J. of Applied Hydrology* 14(4): 45-54.
26. Rashid, I and S. A. Romshoo. 2012. Impact of anthropogenic activities on water quality of Lidder River in Kashmir Himalayas. *Environ Monit Assess* 185: 4705-4719.
27. Romshoo, S. A, S. A. Bhat and I. Rashid. 2012. Geoinformatics for assessing the morphometric control on hydrological response at watershed scale in the Upper Indus Basin. *J. of Earth System Sci.* 121(3): 659-686.
28. Rosenqvist, A. and C. M. Birkett. 2002. Evaluation of JERS -1 SAR mosaics for hydrological applications in the Congo river basin." *Int. J. Remote Sensing* 23(7): 1283-1302.
29. Shamsudheen, M., G. S. Dasog and N. B. Tejaswini. 2005. Land use/land cover mapping in the coastal area of North Karnataka using remote sensing data. *J. of the Indian society of Remote Sensing* 33(2): 253-257.
30. Sharma, R., B. Sahai and R. L. Karale. 1985. Identification of erosion-prone areas in a part of the Ukai catchment. PP. 121-126. *In: Proceedings, sixth Asian conference on remote sensing*. Hyderabad, India.
31. Srinivasa, R. K. and K. D. Nagesh. 2011. Classification of microwatersheds based on morphological. *Hydro-environ. Res.* 5: 101-109.
32. Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. PP. 4-11. *In: V. T. Chow (Ed.), Handbook of applied hydrology*.
33. Suresh, M., S. Sudhakar, K. N. Tiwari and V. M. Chawdary. 2004. Prioritization of watershed using morphometric parameters and assessment of surface water potential using RS. *J. of the Indian society of Remote Sensing* 32: 249-259.
34. Thakkar, A. K. and S. D. Dhiman. 2007. Morphometric analysis and prioritization of miniwatersheds in a Mohr watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *J. of the Indian society of Remote Sensing* 35 (4): 313-321.
35. Todorovski, L. and S. Džeroski. 2006. Integrating knowledgedriven and data-driven approaches to modeling. *Ecol. Model.* 194(1): 3-13.

## Prioritization of Haraz sub-watersheds in order to Soil and Water Conservation Practices Based on Morphometric and Land Use Characteristics

M. Fallah Sourki<sup>1</sup>, A. Kavian<sup>1\*</sup> and E. Omidvar<sup>2</sup>

(Received: July 1-2015 ; Accepted : April 20-2016)

### Abstract

Prioritization of sub-watersheds is very important and necessary in order to implement soil and water conservation practices. This study has prioritized 13 sub-watersheds based on morphometric and land use characteristics using RS and GIS techniques in Haraz watershed to identify erosion-prone sub-watersheds. Morphometric characteristics including bifurcation ratio, drainage density, stream frequency, drainage texture, form factor, basin circularity, compactness coefficient, elongation ratio, length of overland flow, shape index, and basin relief were considered in morphometric analysis. Land use map was classified into seven classes of forest, water-body, irrigated farming, bare land, rangeland, orchard and residential area. Finally, sub-watersheds were classified into four categories as very high, high, medium and low in terms of priority for soil conservation. On the basis of morphometric analysis sub-watershed WS-4 was considered as high priority, whereas according to land use analysis, sub-watersheds WS-6, WS-8, WS-12 were in class of high priority. Sub-watershed WS-4 was categorized as a very high priority class based on the integration of morphometric and land use analysis. This region was identified as critical region therefore should be considered as priority class for implementation of soil and water conservation practices.

**Keywords:** conservation practices, erosion-prone, GIS, RS.

---

1. Dept. of Watershed Management Eng., Faculty of Natural Resource, Sari Agr. Sci. and Natural Resource Univ., Sari, Iran.

2. Dept. of Watershed Manage. Eng., Kashan Univ., Kashan, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: a.kavian@sanru.ac.ir