

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری و GIS به منظور اقدامات آبخیزداری (مطالعه موردی: حوضه آبخیز مراوه‌تپه، استان گلستان)

امید اسدی نلیوان^{۱*}، نرگس سقازاده^۲، مریم سلحشور دستگردی^۳، محبوبه بای^۴

۱. عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، دانشجوی دکتری آبخیزداری،

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه اردکان، یزد

۳. کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

۴. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۱۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۳/۱۵)

چکیده

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت جامع حوضه آبخیز و پایداری توسعه است. حفاظت از منابع طبیعی موجود از طریق علامت‌گذاری زون‌های پتانسیل تخریب در سطوح کوچک برای توسعه پایدار، نیازی بنیادین محسوب می‌شود. طرح زون‌های پتانسیل تخریب برای اجرای اقدامات حفاظتی آبخیز، بدون برنامه‌ریزی، اقتصادی نیست؛ در نتیجه این پیش‌نیازی برای پذیرش اولویت‌بندی زیرحوضه‌هاست. آنالیز مورفومتری به‌عنوان روشی کم‌هزینه و سریع در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است. هدف این تحقیق، اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوضه آبخیز مراوه‌تپه در استان گلستان با آنالیز مورفومتری و استفاده از GIS است. در آنالیز مورفومتری پارامترهای ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب شکل، ضریب کشیدگی، فراوانی آبراهه، تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، بافت زهکشی، شکل حوضه، طول جریان و طول جریان روی زمینی از طریق Arc Hydro و ARCGIS محاسبه شده‌اند که این پارامترها به دو دسته پارامترهای خطی (رابطه مستقیم با فرسایش) و پارامترهای شکلی (رابطه عکس با فرسایش) تقسیم شدند. در نهایت اولویت هر یک از زیرحوضه‌ها با توجه به میانگین کل پارامترهای مورفومتری تعیین شد که از این نظر زیرحوضه C₃ دچار وضعیت بحرانی، و زیرحوضه C_{int1} دارای وضعیت مناسب نسبت به دیگر زیرحوضه‌ها بود. مطالعات میدانی نتایج کار را به‌خوبی نشان می‌دهد، چراکه زیرحوضه C₃ دارای بیشترین حد فرسایش و خاک ضعیف (گروه هیدرولوژیکی C) است. از این رو می‌توان از این نوع تحقیقات که هم کم‌هزینه و هم سریع‌اند بهره‌گرفت و آبخیزها را به‌منظور اقدامات آبخیزداری اولویت‌بندی کرد.

واژه‌های کلیدی: آبخیز مراوه‌تپه، آنالیز مورفومتری، اولویت‌بندی، زون پتانسیل، مدیریت جامع.

مقدمه

حوضه آبخیز یک واحد ایده آل برای مدیریت منابع طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار است [۱۶]. شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوضه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوضه‌های دچار وضعیت بحرانی تر و اولویت بندی آنهاست تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، مناطق اولویت دار، بیشتر مدنظر قرار گیرند و برنامه‌های حفاظتی بر این قبیل مناطق متمرکز شوند [۸]. اولویت بندی حوضه‌های آبخیز شامل رده بندی زیرحوضه‌ها براساس وضعیت و شرایط موجود و شدت فرسایش است که در نهایت به عملیات حفاظتی و آبخیزداری در زیرحوضه‌های حساس و مهم تر منجر می شود [۳۵]. تقسیم حوضه‌های بزرگ به زیرحوضه‌های متعدد و مطالعه و اولویت بندی این زیرحوضه‌ها سبب کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و همچنین کارایی بیشتر این طرح‌ها می شود [۳۷].

آنالیز مورفومتری یکی از روش‌های مؤثر برای اولویت بندی زیرحوضه‌هاست که می تواند بیانگر وضعیت شبکه زهکشی حوضه باشد [۱۴]. این عامل یکی از ابزارهای مهم اولویت بندی زیرحوضه‌ها بدون نیاز به بررسی نقشه خاک در منطقه نیز به شمار می رود [۲۵]. شکل حوضه بیان کننده سیل خیزی، و زمان تمرکز و الگوی زهکشی نشان دهنده وضعیت زمین شناسی و نوع خاک منطقه است [۱۴]. بنابراین مطالعه پارامترهای مورفومتری بیان کننده وضعیت حوضه و میزان مساعد بودن شرایط برای فرسایش پذیری و تعیین شدت فرسایش در منطقه است [۱۴]. این خصوصیات شامل تعداد زیادی پارامتر است که در تحقیق حاضر پارامترهایی که تأثیر بیشتری در اولویت بندی و وضعیت فرسایشی دارند انتخاب شدند. رفتار حوضه آبخیز با توجه به شاخص‌های مورفومتری برای فاکتورهای ارزیابی حفاظتی متفاوت است و بنابراین زون دارای اولویت برای اجرای اقدامات حفاظتی حیاتی مشخص می شود [۲]. شکل آبخیز و دیگر پارامترها به ترتیب با فاکتورهای ارزیابی خطر مانند رواناب، فرسایش خاک و غیره همبستگی منفی و مثبت دارند [۳۶]. تجزیه و تحلیل خصوصیات شبکه زهکشی مانند خصوصیات مورفومتریک، هیدروژئولوژی، زمین و ... اهمیت زیادی در تخصیص، طراحی و اجرای اقدامات حفاظتی در واحدهای

هیدرولوژیکی کوچک مقیاس دارند. شناخت خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز از اولین گام‌های ضروری برای بررسی هیدرولوژیکی مانند فرسایش و رسوب، مطالعه سیلاب و توسعه منابع آب و دیگر مسائل حوضه است. آگاهی از خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه همراه با داشتن اطلاعاتی از شرایط آب و هوایی منطقه، تصویر به نسبت دقیقی از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژیکی آن حوضه به دست می دهد [۳].

تحقیقات زیادی در مورد اولویت بندی حوضه‌های آبخیز انجام گرفته است که به طور مختصر می توان به موارد زیر اشاره کرد: آهر و همکاران [۲] از طریق نه پارامتر مورفومتریکی حوضه آبخیز پیم‌پالاگون در هند را از طریق فرایند FAHP اولویت بندی کردند. نتایج نشان داد که ۶۰/۸۵ درصد حوضه در طبقه متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد و نیازمند اقدامات حفاظتی است. تاکار و دیمن [۳۶] با استفاده از آنالیزهای مورفومتری و فنون سنجش از دور و GIS اولویت بندی را در هشت زیرحوضه آبخیز مر هندوستان انجام دادند. جاود و همکاران [۱۴] زیرحوضه‌های آبخیز کانارا در هندوستان را براساس خصوصیات مورفومتری و کاربری اراضی منطقه اولویت بندی کردند. کومار جان و داس [۱۷] با محاسبه مقدار SYI و شدت فرسایش و رسوب با استفاده از RS و GIS، زیرحوضه‌های آبخیز هانارو در هندوستان را اولویت بندی کردند. آدیناریانا و همکاران [۱] واحدهای منابع یکپارچه (IRUs) را به روش نیمه کمی از مدل SYI به منظور تعیین کلاس‌های اولویت زیرحوضه‌ها در فلات غربی و مناطق اگروکلیماتیک تپه‌ای پانیسولای هند تشکیل دادند. تحقیقات مشابه دیگر بر فرسایش خاک و جنبه‌های مدلسازی SYI برای کلاس بندی مناطق تحت تأثیر فرسایش متمرکزند [۳۵]، ۲۹، ۲۶، ۲۴، ۲۳، ۱۵]. خان و همکاران [۱۶] حوضه گوہیا در هند را براساس شدت فرسایش پذیری و SYI و همچنین با استفاده از فنون مرسوم RS و GIS اولویت بندی کردند. مارتین و ساها [۲۰] با تلفیق سنجش از دور و GIS اولویت بندی زیرحوضه‌ها را انجام دادند و شدت فرسایش خاک را با استفاده از مدل USLE برآورد کردند. جمالی و همکاران [۱۳] به منظور احداث سد‌های توری سنگی، زیرحوضه‌ها را براساس تحلیل سلسله مراتبی اولویت بندی

حوضه آبخیز مراوه‌تپه با جهت کلی جنوب به شمال بارش‌های جوی را جمع‌آوری می‌کنند. پس از رقومی کردن مرز حوضه و زیرحوضه‌ها در نرم‌افزار ARCGIS، مساحت و محیط کل حوضه به ترتیب ۱۹۴۴۴/۱۵۶ هکتار و ۴۲۵/۹ کیلومتر به دست آمد. اختلاف ارتفاع بین پایین‌ترین و بالاترین نقطه حوضه ۱۱۴۰ متر است. حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۱۳۴۰ متر و حداقل ارتفاع آن در خروجی حوضه ۲۰۰ متر است. موقعیت حوضه آبخیز مراوه‌تپه به همراه واحدهای هیدرولوژیکی این حوضه در شکل ۱ آورده شده است. این حوضه دارای ۲۵ زیرحوضه و ۶ بین حوضه‌ای (وابسته به چند زیرحوزه) است. کاربری اصلی مناطق جنوبی حوضه، جنگل‌های متراکم است و به تدریج به سمت شمال منطقه به زمین‌های کشاورزی و خاک نامرغوب با تنوع زیاد می‌رسد.

در این تحقیق برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از آنالیز مورفومتری [۳۷، ۱۹، ۶، ۷، ۱۴، ۱۶، ۵] حوضه آبخیز استفاده شده است. ابتدا شاخص‌های مورفومتری در هر یک از زیرحوضه‌های آبخیز مراوه‌تپه محاسبه شد و سپس زیرحوضه‌ها از نظر عملیات آبخیزداری و شدت فرسایش اولویت‌بندی شدند. پارامترهای به کاررفته برای اجرای این تحقیق ۱۱ مورد به شرح زیر است:

بررسی شکل آبخیز^۱: برای مقایسه حوضه‌ها از ضرایب مربوط به شکل استفاده می‌شود [۱۸]. به منظور تعیین شکل حوضه آبخیز ابتدا مشخصات لازم شامل مساحت، محیط و طول واحدهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز توسط نرم‌افزار ARCGIS تعیین و سپس ضریب شکل به روش‌های گراولیوس، میلر، هورتون و شیوم محاسبه شد.

ضریب فشردگی^۲ (روش گراولیوس): این ضریب عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط یک دایره فرضی که مساحتی برابر مساحت حوضه داشته باشد [۳۴، ۱۸] که از طریق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

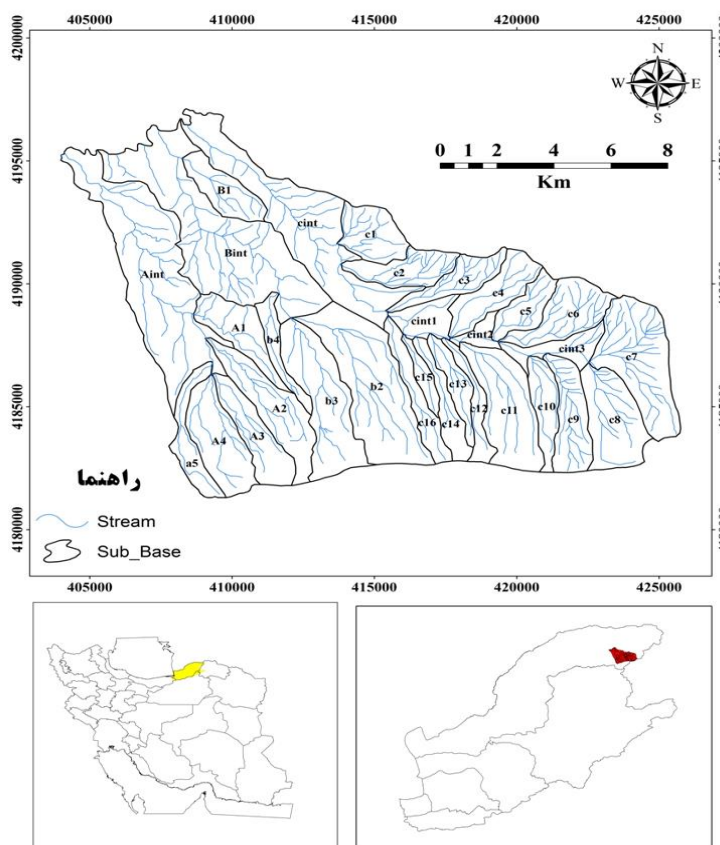
$$C_c = 0.28 \times \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

کردند. برپایه نتایج پژوهش آنان، فرسایش‌پذیری و سطوح نفوذناپذیر مؤثرترین عوامل در بحرانی بودن زیرحوضه‌هاست. در پژوهش‌های ذکر شده، اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز بیشتر یک‌بعدی است و به منظور تأمین آب در منطقه انجام گرفته و تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی جزء پارامترهای اصلی در تعیین وضعیت منطقه در نظر گرفته شده و اولویت‌بندی براساس گرایش و تخریب این پارامترها انجام پذیرفته است. هدف این پژوهش تعیین زیرحوضه‌های دچار شرایط بحرانی از طریق آنالیز مورفومتری و GIS به منظور کنترل انواع فرسایش موجود در منطقه و همچنین تسریع اجرای پروژه‌ها و کاهش هزینه پروژه‌های آبخیزداری و کنترلی است. روش‌های GIS و سنجش از دور (RS) ابزار مفیدی برای شاخص‌بندی مورفومتریک زیرحوضه‌ها هستند [۳۱، ۳۱، ۲۸، ۹، ۳]. میشر و سینگ [۲۲] زیرحوضه‌ها را از طریق شاخص‌های مورفومتریک به کمک مدل ابزار ارزیابی آب و خاک (SWAT) در آبخیزهای چندپوششی کوچک در یک منطقه گرمسیری نیمه مرطوب هند اولویت‌بندی کردند. در بعضی تحقیقات اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها براساس روش پارامترهای مرکب انجام گرفته است [۳۶، ۲۷، ۱۰]. در این روش‌ها، رتبه‌بندی اولویت‌ها براساس مقادیر مرکب یا میانگین متغیرهای مورفولوژیکی است و تمرکز این روش‌ها بر وزن مرتبط با متغیرهایی است که کنار گذاشته شده بودند و ممکن است همین امر موجب خطا در رتبه‌بندی شود.

اولویت‌بندی براساس عوامل مهم طراحی و توسعه یک حوضه آبخیز از جمله ویژگی‌های فیزیوگرافی، شبکه زهکشی، ژئومورفولوژی، خاک، کاربری اراضی، پوشش زمین و منابع آب منطقه انجام می‌گیرد. از این رو در این تحقیق حوضه آبخیز مراوه‌تپه استان گلستان به عنوان یکی از حوضه‌های دارای تعداد زیاد زیرحوضه (۳۱ زیرحوضه) برای اولویت‌بندی انتخاب شد. با وجود انواع فرسایش در حوضه آبخیز مراوه‌تپه، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به منظور اجرای عملیات آبخیزداری امری مهم و اجتناب‌ناپذیر است.

مواد و روش‌ها

منطقه تحقیق در محدوده جغرافیایی ۵۵ درجه، ۵۴ دقیقه و ۳۱/۲۷ ثانیه تا ۵۶ درجه، ۹ دقیقه و ۶۰ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه، ۴۶ دقیقه و ۱۸/۷ ثانیه تا ۳۷ درجه، ۵۵ دقیقه و ۱۲/۱ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. آبراهه‌های اصلی



شکل ۱. موقعیت و شبکه آبراهه حوضه آبخیز مراوه تپه در استان و ایران

R_C به عدد یک نزدیک باشد شکل آبخیز به دایره نزدیکتر خواهد بود.

ضریب شکل^۳ (روش هورتون^۴ [۱۱]): در این روش ضریب شکل به شرح زیر محاسبه می شود:

$$R_C = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

که در آن R_C ضریب شکل حوضه، L طول حوضه (کیلومتر)، A مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع) است. معادله بالا نشان می دهد که هر چه طول محور آبخیز کمتر باشد، وسعت پهنای آبخیز بیشتر است؛ یعنی اگر عامل فرم از واحد تجاوز کند، احتمال سیلابی و طغیانی بودن زیادتر است. برعکس هر چه از واحد کمتر باشد طغیان و سیلاب کمتر خواهد بود. هر چه حاصل کسر به عدد یک نزدیک شود شکل آبخیز مورد نظر به مربع نزدیک خواهد بود.

که در آن P محیط حوضه (کیلومتر)، A مساحت حوضه به (کیلومتر مربع) و C_C ضریب فشردگی است. این ضریب برای حوضه های گرد نزدیک به ۱ و برای حوضه های کشیده بیش از ۱ (حدود ۱/۵ تا ۲/۵) است. این ضریب نشان دهنده انحراف شکل آبخیز از حوضه دایره ای است که مقدار آن هر چه از عدد یک دورتر باشد (بزرگتر شود) حوضه حالت کشیده تری خواهد یافت و هر چه این ضریب به واحد نزدیک شود شکل آبخیز به دایره نزدیکتر خواهد شد.

ضریب گردی^۱ (روش میلر^۲ [۲۱]): در این روش ضریب شکل حوضه آبخیز توسط فرمول زیر محاسبه می شود:

$$R_C = 12/56 \times \left(\frac{A}{P^2} \right) \quad (2)$$

که در آن P محیط حوضه (کیلومتر)، A مساحت حوضه (کیلومتر مربع) و R_C نسبت گردی میلر است. هر چقدر

3. Form factor
4. Horton

1. Circularity coefficient
2. Miller

فراوانی آبراهه^۶ (تعداد/کیلومتر مربع): از نسبت تعداد آبراهه‌ها به مساحت حوضه بیان می‌شود [۱۱].

$$F_s = \frac{\sum N_w}{A} \quad (۸)$$

که در آن N_w تعداد آبراهه‌های زیرحوضه و A مساحت حوضه (کیلومتر مربع) است.

بافت زهکشی^۷: از نسبت تعداد آبراهه به محیط حوضه به دست می‌آید [۳۲، ۱۲].

$$R_{tc} = \frac{N_B}{P_b} \quad (۹)$$

که در آن N_B تعداد آبراهه و P_b محیط حوضه به (کیلومتر) است.

طول جریان^۸: از مجموع طول آبراهه‌ها در زیرحوضه (کیلومتر) به دست می‌آید [۱۲].

شکل حوضه: رابطه‌ای توسط بیرکوسکی^۹ [۴] بیان شده است:

$$L_1 = (L \times L_{ca})^{1/3} \quad (۱۰)$$

که در آن L طول حوضه و L_{ca} مرکزوار حوضه است. در تمامی مراحل کار از نرم‌افزارهای ArcGIS, Arc Hydro, XTools و Excel برای محاسبات پارامترها و تلفیق نهایی استفاده شده است.

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها

بعد از محاسبه پارامترهای مورفومتری باید آنها به دو صورت رابطه مستقیم با فرسایش و رابطه عکس با فرسایش تقسیم شوند و به هر یک از آنها رتبه‌ای داده خواهد شد. پارامترهای مورفومتری به دو دسته خطی و شکلی تقسیم شدند [۱۴، ۶]:

پارامترهای خطی: این پارامترها با فرسایش نسبت مستقیم دارند و به بیشترین مقدار این دسته کمترین رتبه تعلق می‌گیرد و بیشترین رتبه مربوط به کمترین مقدار است. این دسته شامل تراکم زهکشی، نسبت انشعاب،

ضریب کشیدگی^۱ (روش شیوم^۲ [۳۰]): روش محاسبه آن به شرح فرمول ۴ است:

$$Re = \frac{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L} \quad (۴)$$

که در آن A مساحت حوضه آبخیز (کیلومتر مربع) و L طول حوضه بر حسب (کیلومتر) است.

تراکم زهکشی^۳: نسبت طول همه آبراهه‌ها در یک حوضه آبخیز به مساحت آن را تراکم آبراهه می‌نامند [۱۱]. بر این اساس تراکم زهکشی آبراهه با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$D_d = \sum L / A \quad (۵)$$

که در آن D_d تراکم زهکشی آبراهه بر حسب (کیلومتر بر کیلومتر مربع)، L طول هر یک از آبراهه‌های موجود در حوضه بر حسب (کیلومتر)، N تعداد کل آبراهه در حوضه، A مساحت حوضه آبخیز بر حسب (کیلومتر مربع) است.

نسبت انشعاب^۴: برای مشخص کردن تأثیر انشعاب آبراهه بر هیدروگراف سیل در یک حوضه آبخیز از نسبت انشعاب استفاده می‌شود. این ضریب عبارت است از نسبت تعداد آبراهه در یک درجه مشخص به تعداد درجه بزرگ‌تر بعدی [۳۰]. برای رتبه‌بندی آبراهه‌ها از روش استراهلر استفاده شده است. برای تعیین ضریب انشعاب در حوضه از فرمول زیر استفاده شده که عبارت است از:

$$B_R = (n_1 / n_2 + \dots + n_{i-1} / n_i) * 1/i - 1 \quad (۶)$$

که در آن B_R نسبت انشعاب‌پذیری، n_1 تعداد شاخه‌های رتبه ۱، n_2 تعداد شاخه‌های رتبه ۲، n_i تعداد شاخه‌های رتبه i ، و i تعداد شاخه‌های رتبه نهایی حوضه است.

طول جریان روی زمینی^۵: نصف تراکم زهکشی به‌عنوان طول جریان روی زمین بیان می‌شود [۱۲].

$$\bar{L}_o = \frac{1}{2D_d} \quad (۷)$$

که در آن D_d تراکم زهکشی حوضه است.

6. Stream Frequency
7. Drainage texture
8. Stream Length
9. Birkowski

1. Elongation coefficient
2. Schumm
3. Drainage Density
4. Bifurcation Ratio
5. Length of overland flow

شکل ۲ مراحل کار را نشان می‌دهد.

نتایج

جدول ۲ اعداد محاسبه‌شده پارامترها را نشان می‌دهد که از طریق فرمول‌ها و نرم‌افزارهای مذکور در بخش مواد و روش‌ها به دست آمده است. هر عدد نشان‌دهنده شدت پارامتر مورد نظر در زیرحوضه مورد نظر است.

جدول ۱. تعیین کلاس پارامترهای مورفومتری با توجه به میانگین آنها

اولویت	مقادیر میانگین
بحرانی	$10 >$
بسیار زیاد تا بحرانی	۱۲-۱۰/۱
زیاد تا بسیار زیاد	۱۴-۱۲/۱
متوسط تا زیاد	۱۶-۱۴/۱
کم تا متوسط	۱۸-۱۶/۱
خیلی کم تا کم	۲۰-۱۸/۱
خیلی کم	$20 <$

فراوانی آبراهه، طول جریان روی زمینی، بافت زهکشی و طول جریان است [۶، ۱۹].

پارامترهای شکلی: این پارامترها با فرسایش نسبت عکس دارند و بر عکس پارامترهای خطی به بیشترین مقدار، بیشترین رتبه و به کمترین مقدار کمترین رتبه تعلق می‌گیرد. این دسته نیز شامل ضریب کشیدگی، ضریب شکل، ضریب گردی، ضریب فشردگی و شکل حوضه است. بعد از محاسبه پارامترها و تعیین وزن هر یک از زیرحوضه‌ها، میانگین کل وزن‌ها در هر زیرحوضه مطابق رابطه ۱۱ محاسبه شد [۶، ۷، ۱۹].

(۱۱) تعداد کل پارامترها / (جمع وزن پارامترهای شکلی) +
(جمع وزن پارامترهای خطی) = میانگین کل

با محاسبه میانگین رتبه‌های داده‌شده به هر دسته از خصوصیات مورفومتری در هر زیرحوضه می‌توان زیرحوضه‌ها را با توجه به جدول ۱ در هفت دسته قرار داد [۶]. در نهایت کمترین میانگین دارای اولویت اول، و بیشترین میانگین دارای کمترین اولویت خواهد بود [۶، ۱۹].



شکل ۲. نمودار روند تهیه نقشه نهایی اولویت زیرحوضه‌ها

جدول ۲. مقادیر پارامترهای مورفومتری یک حوضه آبخیز مراوه تپه

طول جریان روی زمین	طول جریان	شکل حوضه	بافت زهکشی	نسبت انشعاب	تراکم زهکشی	فراوانی آبراهه	ضریب کشیدگی	ضریب شکل	ضریب گردی	ضریب فشردگی	واحد هیدرولوژیکی
۱/۱۷	۱۰/۹۳۵	۱/۹۱	۰/۵۸	۶	۲/۳۴	۱/۵۰	۰/۴۸	۰/۱۸	۰/۴۱	۱/۵۶	A ₁
۱/۲۱۵	۱۶/۸۴۸	۲/۲۳	۰/۷۰	۳/۳	۲/۴۳	۱/۵۸	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۳۵	۱/۶۷	A ₂
۱/۱۵۵	۱۱/۵۹۸	۱/۹۴	۰/۵۰	۲/۵	۲/۳۱	۱/۱۹	۰/۴۹	۰/۲۰	۰/۴۴	۱/۴۹	A ₃
۱/۰۸۵	۱۴/۵۲۶	۲/۰۰	۰/۸۲	۲/۷۵	۲/۱۷	۱/۴۹	۰/۶۰	۰/۳۱	۰/۵۷	۱/۳۱	A ₄
۱/۱۹۵	۸/۱۲۲	۱/۸۵	۰/۲۲	۲	۲/۳۹	۰/۸۸	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۲۳	۲/۰۷	A ₅
۰/۷۷۵	۳۱/۱۷	۳/۱۳	۰/۳۷	۰/۹	۱/۵۵	۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۰۹	۰/۲۴	۲/۰۴	A _{int}
۱/۲۱	۹/۵۰۲	۱/۷۰	۰/۸۶	۳/۵	۲/۴۲	۲/۰۴	۰/۵۸	۰/۳۲	۰/۵۸	۱/۳۱	B ₁
۰/۹۸	۲۷/۴۷۶	۲/۵۸	۰/۶۷	۳/۵	۱/۹۶	۰/۹۳	۰/۵۷	۰/۲۳	۰/۴۷	۱/۴۵	B ₂
۰/۸۹۵	۱۷/۶۴۱	۲/۳۲	۰/۵۷	۴/۵	۱/۷۹	۱/۰۲	۰/۵۵	۰/۱۸	۰/۴۱	۱/۵۵	B ₃
۱/۳۱۵	۶/۰۹۲	۱/۶۹	۰/۳۴	۳	۲/۶۳	۱/۷۳	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۲۲	۲/۱۳	B ₄
۱/۰۲۵	۴۴/۹۸۱	۳/۰۰	۱/۱۲	۴/۱	۲/۰۵	۱/۵۹	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۲۸	۱/۸۶	B _{int}
۱/۵	۱۳/۰۰۷	۱/۶۴	۱/۶۳	۳/۷۵	۳	۳/۲۳	۰/۷۳	۰/۶۱	۰/۷۴	۱/۱۶	C ₁
۱/۹۷	۱۶/۱۵۸	۱/۷۶	۲/۱۲	۲/۶	۳/۹۴	۵/۳۶	۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۴۸	۱/۴۳	C ₂
۱/۹۷۵	۱۳/۹۷۵	۱/۸۰	۱/۳۵	۴	۳/۹۵	۴/۲۴	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۳۶	۱/۶۶	C ₃
۱/۲۳۵	۱۱/۷۶۵	۱/۸۱	۰/۶۳	۳	۲/۴۷	۱/۴۷	۰/۵۸	۰/۲۴	۰/۴۸	۱/۴۳	C ₄
۱/۴۳۵	۸/۷۹۷	۱/۷۱	۰/۹۲	۳/۵	۲/۸۷	۲/۶۱	۰/۴۴	۰/۲۶	۰/۵۱	۱/۳۹	C ₅
۱/۷۸۵	۱۹/۱۵۴	۱/۸۹	۱/۴۸	۴/۵	۳/۵۷	۳/۱۷	۰/۵۷	۰/۲۵	۰/۵۱	۱/۳۹	C ₆
۱/۵۴۵	۳۱/۷۴۴	۲/۲۸	۲/۲۶	۳/۶	۳/۰۹	۳/۳۱	۰/۶۱	۰/۳۱	۰/۵۷	۱/۳۱	C ₇
۱/۱۱	۱۵/۸۶۳	۱/۹۷	۱/۱۵	۳/۷۵	۲/۲۲	۱/۹۶	۰/۶۸	۰/۳۵	۱/۲۸	۱/۲۸	C ₈
۱/۷۴۵	۱۷/۸۳۸	۱/۹۲	۱/۵۹	۴/۵	۳/۴۹	۳/۷۲	۰/۵۱	۰/۲۱	۰/۴۵	۱/۴۸	C ₉
۱/۳۴۵	۸/۸۷۳	۱/۷۶	۰/۴۶	۴	۲/۶۹	۱/۵۲	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۳۶	۱/۶۶	C ₁₀
۱/۰۲۵	۱۷/۶۷۵	۲/۲۱	۰/۴۲	۵	۲/۰۵	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۲۷	۰/۵۲	۱/۳۷	C ₁₁
۱/۱	۵/۰۷	۱/۶۹	۰/۰۸	۰/۵	۲/۲	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۰۷	۰/۱۹	۲/۲۷	C ₁₂
۱/۴۹	۷/۷۳۶	۱/۷۰	۰/۴۸	۴	۲/۹۸	۱/۹۳	۰/۳۷	۰/۱۲	۰/۳۰	۱/۸۳	C ₁₃
۰/۹۱	۵/۳۱۸	۱/۷۹	۰/۲۵	۲	۱/۸۲	۱/۰۳	۰/۳۶	۰/۱۰	۰/۲۶	۱/۹۶	C ₁₄
۱/۲۱	۳/۴۰۵	۱/۳۸	۰/۱۳	۰/۲	۲/۴۲	۰/۷۱	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۳۰	۱/۸۱	C ₁₅
۱/۱۱	۷/۷۲	۱/۹۳	۰/۲۲	۲	۲/۲۲	۰/۸۶	۰/۳۳	۰/۰۹	۰/۲۳	۲/۰۷	C ₁₆
۰/۹۸	۳۱/۸۹	۲/۹۹	۰/۶۸	۲/۳۸	۱/۹۶	۱/۲۹	۰/۴۰	۰/۰۸	۰/۲۲	۲/۱۴	C _{int}
۱/۰۰۵	۵/۵۴۲	۱/۳۹	۰/۱۲	۰/۱	۲/۰۱	۰/۳۶	۰/۷۷	۰/۲۸	۰/۵۴	۱/۳۵	C _{int1}
۰/۷۹۵	۱/۹۴	۱/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۱	۱/۵۹	۰/۸۲	۰/۶۰	۰/۱۶	۰/۳۷	۱/۶۴	C _{int2}
۱/۲۳	۷/۰۵۴	۱/۶۰	۰/۴۳	۱	۲/۴۶	۱/۷۵	۰/۵۱	۰/۱۰	۰/۲۶	۱/۹۴	C _{int3}

است. عدد ۱ اولویت اول و عدد ۳۱ اولویت نهایی را برای اقدامات آبخیزداری نشان می‌دهد. این اولویت‌بندی براساس اعداد جدول ۲ به‌دست آمده است.

جدول ۳ نیز وزن یا رتبه پارامترهای مورفومتری را در زیرحوضه‌ها نشان می‌دهد. این اعداد نشان‌دهنده اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها نسبت به همدیگر در هر پارامتر

جدول ۳. رتبه زیرحوضه‌ها براساس پارامترهای مورفومتری

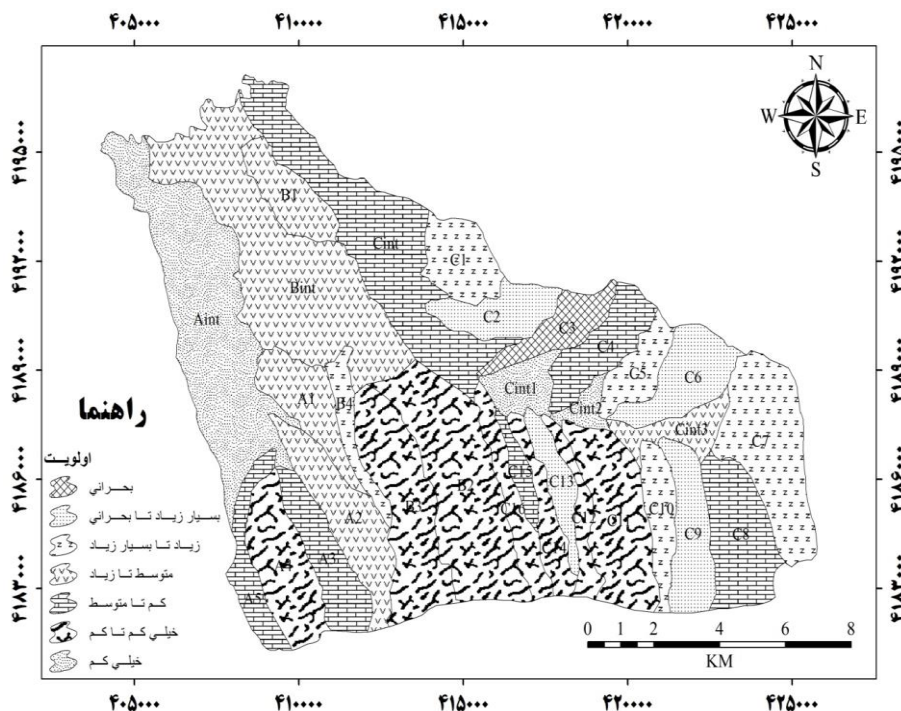
واحد هیدرولوژیکی	ضریب فشردگی	ضریب گردی	ضریب شکل	ضریب کشیدگی	فراوانی آبراهه	تراکم زهکشی	نسبت انشعاب	بافت زهکشی	شکل حوضه	طول جریان	طول جریان روی زمینی
A ₁	۱۶	۱۷	۱۷	۱۴	۱۶	۱۷	۱	۱۶	۱۸	۱۸	۱۷
A ₂	۲۰	۱۲	۱۲	۹	۱۴	۱۳	۱۶	۱۲	۲۵	۱۰	۱۳
A ₃	۱۴	۱۸	۱۸	۱۵	۲۰	۱۸	۲۱	۱۸	۲۱	۱۷	۱۸
A ₄	۳	۲۷	۲۷	۲۷	۱۷	۲۲	۱۹	۱۱	۲۳	۱۳	۲۲
A ₅	۲۷	۴	۴	۶	۲۴	۱۶	۲۳	۲۶	۱۶	۲۲	۱۶
A _{int}	۲۶	۶	۶	۱۲	۲۹	۳۱	۲۷	۲۳	۳۱	۴	۳۱
B ₁	۴	۲۹	۲۹	۲۵	۸	۱۴	۱۴	۱۰	۹	۱۹	۱۴
B ₂	۱۲	۲۰	۲۰	۲۲	۲۳	۲۷	۱۵	۱۴	۲۸	۵	۲۷
B ₃	۱۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۲	۲۹	۵	۱۷	۲۷	۹	۲۹
B ₄	۲۹	۲	۲	۲	۱۲	۱۰	۱۷	۲۴	۷	۲۶	۱۰
B _{int}	۲۳	۹	۹	۱۹	۱۳	۲۳	۶	۸	۳۰	۱	۲۳
C ₁	۱	۳۰	۳۱	۳۰	۵	۶	۱۰	۳	۵	۱۵	۶
C ₂	۱۰	۲۱	۲۱	۱۸	۱	۲	۲۰	۲	۱۲	۱۱	۲
C ₃	۱۸	۱۳	۱۳	۱۰	۲	۱	۷	۶	۱۴	۱۴	۱
C ₄	۱۱	۲۲	۲۲	۲۴	۱۸	۱۱	۱۸	۱۵	۱۵	۱۶	۱۱
C ₅	۸	۲۳	۲۳	۲۴	۷	۸	۱۳	۹	۱۰	۲۱	۸
C ₆	۹	۲۴	۲۳	۲۳	۶	۳	۳	۵	۱۷	۶	۳
C ₇	۵	۲۸	۲۸	۲۸	۴	۵	۱۲	۱	۲۶	۳	۵
C ₈	۲	۳۱	۳۱	۳۰	۹	۱۹	۱۱	۷	۲۲	۱۲	۱۹
C ₉	۱۳	۱۹	۱۹	۱۷	۳	۴	۴	۴	۱۹	۷	۴
C ₁₀	۱۹	۱۴	۱۴	۱۱	۱۵	۹	۹	۲۰	۱۱	۲۰	۹
C ₁₁	۷	۲۵	۲۵	۲۱	۲۸	۲۴	۲	۲۲	۲۴	۸	۲۴
C ₁₂	۳۱	۱	۱	۱	۳۰	۲۱	۲۸	۳۱	۶	۲۹	۲۱
C ₁₃	۲۲	۱۱	۱۱	۵	۱۰	۷	۸	۱۹	۸	۱۳	۷
C ₁₄	۲۵	۸	۸	۴	۲۱	۲۸	۲۵	۲۵	۱۳	۲۸	۲۸
C ₁₅	۲۱	۱۰	۱۰	۷	۲۷	۱۵	۲۹	۲۹	۲	۳۰	۱۵
C ₁₆	۲۸	۵	۵	۳	۲۵	۲۰	۲۴	۲۴	۲۰	۲۴	۲۰
C _{int}	۳۰	۳	۳	۸	۱۹	۲۶	۲۲	۱۳	۲۹	۲	۲۶
C _{int1}	۶	۲۶	۲۶	۳۱	۳۱	۲۵	۳۱	۳۰	۳	۲۷	۲۵
C _{int2}	۱۷	۱۵	۱۵	۲۶	۲۶	۳۰	۳۰	۲۸	۱	۳۱	۳۰
C _{int3}	۲۴	۷	۷	۱۶	۱۱	۱۲	۲۶	۲۰	۴	۲۵	۱۲

زیرحوضه‌ها نسبت به دیگری با توجه به شدت فرسایش تعیین شد. زیرا مقادیر بیشتر فرسایش نشان‌دهنده حساس بودن شرایط منطقه است. بنابراین B₂ نسبت به C₁₄ و B_{int} نسبت به C_{int3} دارای اولویت بیشتر و شرایط بدتری است.

جدول ۴ میانگین پارامترهای خطی و شکلی را براساس فرمول ۱۱ نشان می‌دهد. همچنین با استفاده از میانگین به دست آمده زیرحوضه‌ها اولویت بندی شده‌اند. با توجه به جدول میانگین کل زیرحوضه‌های B₂ و C₁₄ و همچنین B_{int} و C_{int3} برابر است که اولویت هر کدام از این

جدول ۴. میانگین پارامترهای مورفومتری و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها

اولویت نهایی	میانگین رتبه‌ها	زیرحوضه	اولویت نهایی	میانگین رتبه‌ها	زیرحوضه	اولویت نهایی	میانگین رتبه‌ها	زیرحوضه
۱۰	۱۳/۷۲	C ₁₀	۱۲	۱۴/۹	B _{int}	۱۴	۱۵/۱۸	A ₁
۲۵	۱۹/۰۹	C ₁₁	۷	۱۲/۹	C ₁	۱۱	۱۴/۱۸	A ₂
۲۲	۱۸/۱۸	C ₁₂	۳	۱۰/۹	C ₂	۲۱	۱۸	A ₃
۴	۱۱	C ₁₃	۱	۹	C ₃	۲۶	۱۹/۱۸	A ₄
۲۸	۱۹/۳۶	C ₁₄	۱۷	۱۶/۶۳	C ₄	۱۸	۱۶/۷۲	A ₅
۲۰	۱۷/۷۲	C ₁₅	۸	۱۳/۰۹	C ₅	۲۹	۲۰/۵۴	A _{int}
۲۳	۱۸/۲۷	C ₁₆	۵	۱۱/۰۹	C ₆	۱۵	۱۵/۹	B ₁
۱۶	۱۶/۴۵	C _{int}	۹	۱۳/۱۸	C ₇	۲۷	۱۹/۳۶	B ₂
۳۱	۲۳/۷۲	C _{int1}	۱۹	۱۷/۳۶	C ₈	۲۴	۱۸/۶۳	B ₃
۳۰	۲۲/۶۳	C _{int2}	۲	۱۰/۲۷	C ₉	۶	۱۲/۸۱	B ₄
۱۳	۱۴/۹	C _{int3}						



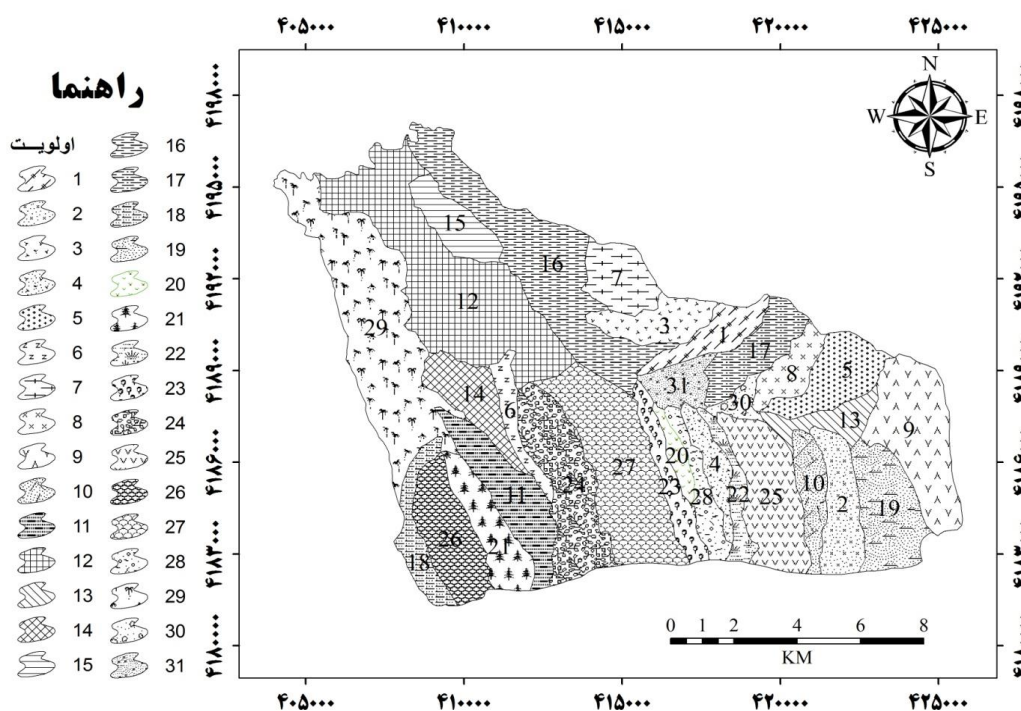
شکل ۳. اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها براساس آنالیز مورفومتری (شرایط منطقه)

طور کلی ۱۶ زیرحوضه وضعیت مناسبی دارند و ۱۵ زیرحوضه در اولویت اول اقدامات آبخیزداری قرار می‌گیرند. شکل ۴ نیز اولویت نهایی زیرحوضه‌ها را برای اقدامات آبخیزداری با استفاده از آنالیز مورفومتری نشان می‌دهد.

شکل ۳ اولویت زیرحوضه‌ها را در هفت طبقه (جدول ۱) نشان می‌دهد. جدول ۵ نیز درصد و تعداد طبقه‌ها را نشان می‌دهد. با توجه به جدول بیشترین تعداد زیرحوضه در طبقه خیلی کم تا کم، ۸ زیرحوضه (۲۵/۸۱ درصد) قرار دارند. به

جدول ۵. تعداد و درصد طبقات زیرحوضه‌ها

اولویت	تعداد زیرحوضه‌ها	درصد زیرحوضه‌ها
بحرانی	۱	۳/۲۳
بسیار زیاد تا بحرانی	۴	۱۲/۹
زیاد تا بسیار زیاد	۵	۱۶/۱۳
متوسط تا زیاد	۵	۱۶/۱۳
کم تا متوسط	۵	۱۶/۱۳
خیلی کم تا کم	۸	۲۵/۸۱
خیلی کم	۳	۹/۶۸



شکل ۴. اولویت نهایی زیرحوضه‌ها براساس آنالیز مورفومتری

بحث و نتیجه‌گیری

هدف پژوهش حاضر تعیین اولویت هر یک از زیرحوضه‌های آبخیز مراوه‌تپه و شناسایی مناطق بحرانی به‌منظور اجرای عملیات کنترلی و حفاظتی در این مناطق بود. زمین‌شناسی مهم‌ترین عامل فرسایش و تخریب در یک منطقه است که در حوضه مورد مطالعه با وجود نهشته‌های رسوبی و سازندهای سرچشمه و چهل کمان که حساسیت زیادی به فرسایش دارند، کمترین حساسیت آن در زیرحوضه C_{int1} و بیشترین حساسیت آن در زیرحوضه C_3 است. تلفیق پارامترهای مورفومتری، روشی کارآمد برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها در راستای اجرای عملیات

حفاظت خاک است [۱، ۲، ۶، ۸، ۳۵] و همچنین می‌توان این نکته را بیان کرد که این مطالعات نشان‌دهنده قابلیت و کاربرد GIS در اولویت‌بندی حوضه‌های آبخیز براساس شاخص‌های مورفومتری است [۱۴، ۲۴، ۳۳، ۳۶، ۳۷] که نتایج این تحقیق این ادعا را ثابت کرده است. براساس تحقیقات در زیرحوضه‌های آبخیز مراوه‌تپه، با توجه به جدول ۴ زیرحوضه‌های C_3 و C_0 از لحاظ خصوصیات مورفومتری به وضعیت بحرانی تری دچارند که در این میان زیرحوضه C_3 به دلیل دارا بودن حداکثر پارامترهای تراکم زهکشی (۳/۹۵) و طول جریان روی زمینی (۱/۹۷۵) و کمترین میانگین کل

- [2].Aher, P.D, Adinarayana, J, and Gorantivar, S.D. 2013. Prioritization of Watersheds using multi-criteria evaluation through fuzzy analytical hierarchy process. *Agricultural Engineering Int: CIGR Journal*, 15(1): 11- 18.
- [3].Aher, P.D, Singh, K.K, and Sharma, H.C. 2010. Morphometric characterization of Gagar Watershed for management planning. In *Twenty Third National Convention of Agricultural Engineers and National Seminar*. Rahuri, India: Mahatma Phule Agril. University 6-7 February.
- [4].Birkowski, T. 2007. https://www.utdallas.edu/~brikowi/Teaching/Applied_Modeling_SurfaceWater/LectureNotes/Watershed_Dynamics/Basin_Shape_Factor.html.
- [5].Biswas, S, Sudhakar, S, and Desai, V.R. 1999. Prioritisation of Subwatersheds Based on Morphometric Analysis of Drainage Basin: A Remote Sensing and GIS Approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 27, No. 3, pp. 155-166.
- [6].Chandniha, S.K and Kansal, M.L. 2014. Prioritization of sub-watersheds based on morphometric analysis using geospatial technique in Piperiya watershed, India. *Applied Water Science* (Springer), this article is published with open access at Springerlink.com.
- [7].Chopra, R, Dhiman, R.D, and Sharma, P.K. 2005. Morphometric Analysis of Sub-Watershed in Gurdaspur District, Punjab using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 33, No. 4, pp. 531-539.
- [8].Gajbhiye, S, Sharma, S.K, and Meshram, C. 2014. Prioritization of Watershed through Sediment Yield Index Using RS and GIS Approach. *International Journal of u- and e-Service, Science and Technology*, Vol. 7, No. 6, pp. 47-60. <http://dx.doi.org/10.14257/ijunesst.2014.7.6.05>.
- [9].Grohmann, C.H. 2004. Morphometric analysis in Geographic Information Systems: applications of free software GRASS and R star. *Computers and Geosciences*. 30(10): 1055-1067.
- [10]. Hlaing, K., Haruyama, S. and Maung, A. 2008. Using GIS-based distributed soil loss modeling and morphometric analysis to prioritize Watershed for soil conservation in Bago river basin of Lower Myanmar. *Frontiers of Earth Science in China*. 2(4): 465-478.
- [11]. Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics. *Trans. Am. Geophysc. Union* 13: 350-361.

پارامترهای مورفومتری (۹) نسبت به سایر زیرحوضه‌ها در اولویت بالاتری قرار می‌گیرد که با یافته‌های آهر و همکاران [۲]، گاجیه و همکاران [۸] و تاکار و همکاران [۳۶] در تأثیرگذاری این پارامترها در فرسایش‌پذیری حوضه‌ها همخوانی دارد. همچنین این زیرحوضه دارای فرسایش سطحی شدید، شیاری شدید و کنار رودخانه‌ای است که خود از عوامل مهم برای اجرای اقدامات آبخیزداری به‌شمار می‌روند. اما در زیرحوضه C_{int1} بیشترین رخنمون برونزد سنگی است که خود دلیلی بر داشتن آخرین اولویت برای اقدامات حفاظتی است. پس می‌توان گفت که در حوضه آبخیز مراوه‌تپه با توجه به شرایط توپوگرافی و مورفولوژیکی حوضه و همچنین عوامل فرسایشی طبیعی و انسانی، باید به زیرحوضه‌های دچار شرایط بحرانی‌تر (C₆ و C₃, C₉, C₂, C₁₃) توجه ویژه و بیشتری شود تا از هدررفت منابع خاکی و آبی و پیامدهای ناشی از فرسایش‌های شدید جلوگیری شود. در این مناطق با توجه به بحرانی بودن وضعیت و همچنین شرایط توپوگرافی و اقلیمی آنها بهتر است از اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی، همزمان استفاده شود. با توجه به شرایط توپوگرافی و تناسب اکولوژی و هیدرولوژی حوضه، بهتر است این مناطق به کاربری تفرجگاه اختصاص داده شوند. نکته مهم و شایان توجه این است که در مناطق بحرانی برای اجرای عملیات حفاظتی باید از نظرها و پیشنهادهای متخصصان و نیز تجارب افراد بومی استفاده کرد.

این تحقیق قابلیت آنالیز مورفومتری و ARCGIS را در اولویت‌بندی و به همان اندازه شاخص‌های مورفومتری برای برنامه‌ریزی و مدیریت زیرحوضه‌ها را نشان داده است. این روش در آبخیزهایی که با کمبود داده مواجهیم بسیار مؤثر و مناسب است. در نهایت می‌توان گفت بدون نیاز به هزینه‌های سنگین و اتلاف وقت می‌توان براساس شاخص‌های مورفومتری یک زیرحوضه‌های یک حوضه آبخیز را برای اقدامات حفاظتی آبخیز و به‌دنبال آن حفاظت از منابع طبیعی اولویت‌بندی کرد که این موضوع با نتایج آهر و همکاران [۲] و جاود و همکاران [۱۴] همخوانی دارد.

منابع

- [1].Adinarayana, J., N. Rama Krishna, and K. Gopal Rao. 1995. An Integrated Approach for Prioritization of Watersheds. *Journal of Environmental Management*. 44(4): 375-384.

- [12]. Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Am. Bull.* 56:275-370.
- [13]. Jamali, A., J. Ghodusi and M. Farah Bakhsh. 2011. Spatial multi criteria analysis techniques in order to watershed prioritizing for gabion check dams building. *Journal Research and development*, No 90. 10 pp.
- [14]. Javed, A, Khanday, M.Y, and Ahmed, R. 2009. Prioritization of Sub-watersheds based on morphometric and Land use analysis using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37, pp. 261-274.
- [15]. Kalin, L. and Hantush, M. 2009. An auxiliary method to reduce potential adverse impacts of projected land developments: Sub-Watershed prioritization. *Environmental Management*. 43(2): 311-325.
- [16]. Khan, M.A, Gupta, V.P, and Moharana, P.C. 2001. Watershed prioritization using RS and GIS: a case study from Guhiya, India. *Journal of Arid Environment*, 49, pp.465-475.
- [17]. Kumar jain, M. and D. Debjyoti. 2010. Estimation of SYI and areas of Soil erosion and deposition for watershed prioritization using GIS and RS. *Water Resource Manage* 24: 2091-2112.
- [18]. Mahdavi, M, 2007. *Applied Hydrology*, Vol. 2, University Tehran Press, 441p.
- [19]. Manjunath, H, and Suresh, T.S, 2014. Morphometric and Land use/ Land Cover Based Sub- Watershed Prioritization of Torehalla using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)*, Vol. 3, Issue 1, pp. 41-48.
- [20]. Martin, D. and S.K. Saha. 2007. Integrated approach of using RS and GIS to study watershed prioritization and productivity. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 35(1): 10 pp.
- [21]. Miller, V.C, 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the clinch mountain area, virginia and Tennessee, Proj. NR 389-402, Tech Rep 3, Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.
- [22]. Mishra, A., Kar,S. and Singh, V.P. 2007. Prioritizing structural management by quantifying the effect of land use and land cover on Watershed runoff and sediment yield. *Water Resources Management*. 21(11): 1899-1913.
- [23]. Niraula, R., Kalin, L., Wang,R. and Srivastava,P. 2011. Determining Nutrient and Sediment Critical Source Areas with SWAT: Effect of Lumped Calibration. *Transactions of the ASABE*. 55(1): 137-147.
- [24]. Pai, N., Saraswat,D. and Daniels,M. 2011. Identifying priority sub-Watersheds in the Illinois river drainage area in Arkansas Watershed using a distributed modeling approach. *Transactions of the ASABE*. 54(6): 2181-2196.
- [25]. Pandey, A, Chawdary, V.M. and Mal, B.C, 2007. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and RS. *Journal of Water Resource Management*, 21, pp. 729-746.
- [26]. Pandey, A., Chowdary,V.M., Mal,B.C. and Billib,M. 2009. Application of the WEPP model for prioritization and evaluation of best management practices in an Indian Watershed Hydrological Processes. 23(21): 2997-3005.
- [27]. Paul, J. M. and Inayathulla, M. 2012. Morphometric analysis and prioritization of Hebbal Valley in Bangalore. *Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 2(6): 31-37.
- [28]. Rao, L.A.K., Rehman,A.Z. and Alia, Y. 2011. Morphometric analysis of drainage basin using remote sensing and GIS techniques: a case study of Etmadpur Tehsil, Agra District, U.P. *International Journal of Research in Chemistry and Environment*. 1(2): 36-45.
- [29]. Ratnam, N.K., Srivastava,Y. K., Rao,V.V., Amminedu,E. and Murthy, K.S.R. 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.
- [30]. Schumm, S.A, 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badland, at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bull.* 67: 597-646.
- [31]. Singh, N. 1994. Remote sensing in the evaluation of morphohydrological characteristics of the drainage basin of Jofri catchment. *Annals of Arid Zone*. 33(4): 273-278.
- [32]. Smith, K.G, 1950. Standards for grading textures of erosional topography. *Am. Journal. Science*. 248: 655-668.
- [33]. Sreedevi, P. D., Owais,S., Khan,H.H. and

- Ahmed.S. 2009. Morphometric analysis of a Watershed of South India using SRTM data and GIS. *Journal Geological Society of India*. 73(4): 543-552.
- [34]. Strahler, A.N, 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, In: VT Chow (ed), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York, Section 4-11.
- [35]. Suresh, M, Sudhakar, S, Tiwari, K.N, and Chawdary, V.M, 2005. Prioritization of watershed using morphometric parameters and assessment of surface water potential using RS. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 32: 11 pp.
- [36]. Thakkar, A.K, and Dhiman, S.D, 2007. Morphometric analysis and prioritization of mini-Watersheds in a Mohr Watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 35(4): 313-321.
- [37]. Vittala, S.S, Govindaiah, S, and Gowda, H.H, 2004. Morphometric Analysis of Sub-Watershed in the Pavagada area of Tumkur District, South India Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 32, No. 4, pp. 351-362.