دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

# اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور و GIS، حوزه آبخیز لهندر، استان گلستان

**محمد آمانی[۱] و علی نجفی نژاد[۲]**

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، (نویسنده مسئول: fariad.sincere@gmail.com)
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۸

**چکیده**

**اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها یکی از مهمترین راهکارهای مدیریت جامع منابع طبیعی و پایداری توسعه می‌باشد. در این پژوهش ۱۱ زیرحوزه آبخیز لهندر واقع در شرق استان گلستان با مساحت ۲۷۲/۶۳ کیلومترمربع، با محاسبه و آنالیز مورفومتری و استفاده از فنون RS و GIS اولویت‌بندی گردیده‌اند. وضعیت فرسایشی در هر زیرحوزه نیز با تخمین شاخص رسوب سالانه مشخص شده است. در آنالیز مورفومتری پارامترهای طول آبراهه، نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، ضریب شکل زیرحوزه‌ها، ضریب گردی، ضریب کشیدگی و ضریب فشردگی محاسبه شده‌اند که این پارامترها به دو دسته ضرایب خطی و شکلی تقسیم می‌شوند. به‌منظور محاسبه شاخص رسوب سالانه از نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب، نوع خاک و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شده است. در نهایت اولویت هریک از زیرحوزه‌ها با توجه به مقادیر شاخص رسوب سالانه (SYI) و میانگین کل پارامترهای مورفومتری تعیین گردید که از نظر پارامترهای مورفومتری زیر حوزه B5 و از نظر پارامتر SYI زیرحوزه A5 دارای وضعیت بحرانی‌تر بود و حاصل تلفیق هر دو عامل نشان داد که زیرحوزه B2 دارای بدترین شرایط می‌باشد.**

**واژه‌های کلیدی: اولویت‌بندی، مورفومتری، SYI، فرسایش پذیری، آبخیز لهندر**

مقدمه

حوزه آبخیز یک واحد ایده‌آل برای مدیریت منابع طبیعی و همچنین تعدیل تاثیر فجایع طبیعی برای دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد (۶). شرط اول کنترل عوامل فرسایشی و بهبود وضعیت بحرانی یک حوزه آبخیز، شناسایی مناطق و زیرحوزه‌های با وضعیت بحرانی‌تر و اولویت‌بندی[۱] آنها می‌باشد تا در صورت اجرای عملیات کنترلی، مناطق دارای اولویت‌های بالاتر را بیشتر مد نظر قرار داده و برنامه‌های حفاظتی در این قبیل مناطق متمرکز شوند. اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز شامل رده‌بندی زیرحوزه‌ها بر اساس وضعیت و شرایط منابع موجود و شدت فرسایش است که در نهایت منجر به عملیات حفاظتی و آبخیزداری در زیرحوزه‌های حساس و دارای

1- Prioritization

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

اولویت‌های بالا می‌شود (۱۳). تقسیم حوزه‌های بزرگ به زیرحوزه‌های متعدد و مطالعه و اولویت‌بندی این زیرحوزه‌ها باعث کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و همچنین کارآیی بیشتر این طرح‌ها می‌شود. اولویت‌بندی بر اساس فاکتورهای مهم طراحی و توسعه یک حوزه آبخیز از جمله ویژگی‌های فیزیوگرافی، شبکه زهکشی، ژئومورفولوژی، خاک، کاربری اراضی، پوشش زمین و منابع آب موجود در منطقه انجام می‌گیرد.

حوزه آبخیز لهندر در منطقه کوهستانی شرق استان گلستان و در رشته کوه شلمی قرار گرفته که یکی از زیر حوزه‌های شرقی گرگانرود محسوب می‌شود. حوزه آبخیز مورد مطالعه شاهد انواع مختلف فرسایش بوده که نمایانگر تأثیر فاکتورهای متفاوت با شدت و ضعف‌های گوناگون در کنار تأثیر عوامل انسانی می‌باشد (۸). به دلیل وجود خاک‌های لسی در منطقه نقش عامل خاک در تولید و شدت فرسایش بیش از عامل زمین‌شناسی می‌باشد (۸). خاک حوزه مورد مطالعه از لحاظ بافت در کلاس‌های سیلت کلی لوم، کلی لوم، سیلت لوم و لوم قرار دارد که در مجموع درصد سیلت در آن بیشتر از ذرات رس و شن بوده و نسبت به فرسایش حساسیت بالایی دارند (۸). با وجود انواع فرسایش‌ها در این منطقه، اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها به منظور انجام عملیات آبخیزداری امری مهم و اجتناب ناپذیر است. مطالعات زیادی درمورد اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز انجام گرفته است که به طور مختصر می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: خان و همکاران (۵) حوزه Guhiya در کشور هند را بر اساس میزان فرسایش‌پذیری و SYI[1] و همچنین با استفاده از فنون مرسوم RS و GIS اولویت‌بندی نمودند. مارتین و ساها (۸)، با تلفیقی از سنجش از دور و GIS اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها را انجام داده که میزان فرسایش خاک را با استفاده از مدل USLE برآورد کرده‌اند. تاکار و دیمان (۱۴)، با استفاده از آنالیزهای مورفومتری و فنون سنجش از دور و GIS اولویت‌بندی را در هشت زیر حوزه آبخیز Mohr هندوستان انجام دادند. جاود و خاندای (۴)، زیرحوزه‌های آبخیز Kanera در کشور هندوستان را بر اساس خصوصیات مورفومتری و کاربری اراضی منطقه اولویت‌بندی نمودند. کومارجان و داس (۹)، با محاسبه مقدار SYI و میزان فرسایش و رسوب با استفاده از RS و GIS، زیرحوزه‌های آبخیز Haharo در کشور هندوستان را اولویت‌بندی نمودند. جمالی و همکاران (۳)، به‌منظور احداث سدهای توری سنگی اقدام به اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها بر اساس تحلیل سلسله مراتبی نمودند و بر اساس نتایج این پژوهش فرسایش‌پذیری و سطوح غیرقابل نفوذ مؤثرترین عوامل در بحرانی بودن زیرحوزه‌ها می‌باشد. پیکاک و همکاران (۱۲) به‌منظور مدیریت منابع آلاینده غیرنقطه‌ای و از چهار دیدگاه اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فرهنگی اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها را انجام دادند. در پژوهش‌های ذکر شده، اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز بیشتر یک بعدی و بیشتر به‌منظور تامین آب در منطقه انجام گرفته است و تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی جز پارامترهای اصلی در تعیین

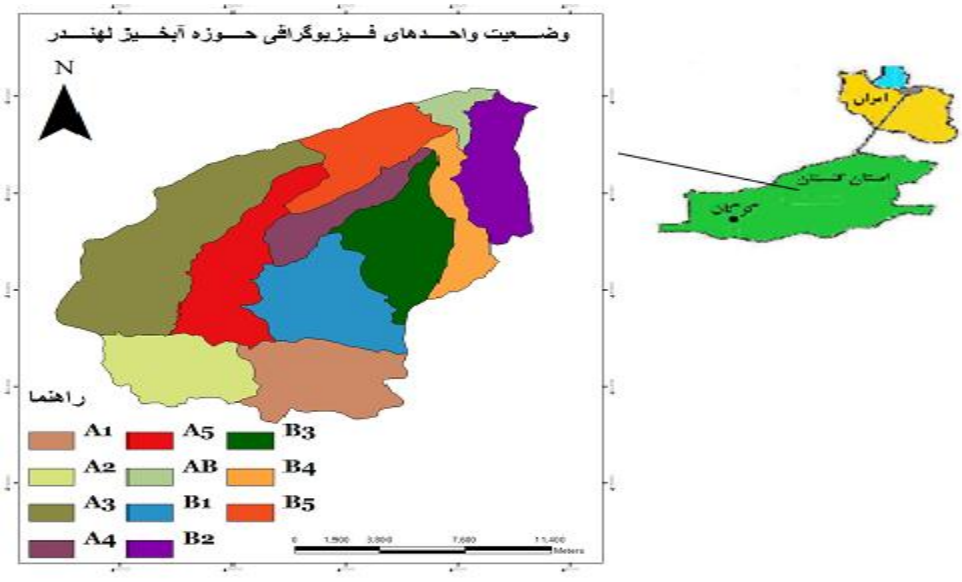
1- Sediment Yield Index

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

وضعیت منطقه در نظر گرفته شده و اولویت‌بندی بر اساس گرایش و تخریب این پارامترها انجام پذیرفته است. هدف از انجام این پژوهش تعیین زیرحوزه‌های دارای شرایط بحرانی، به منظور کنترل انواع فرسایش‌های موجود در منطقه و همچنین تسریع و کاهش هزینه‌ها در انجام پروژه‌های آبخیزداری و کنترلی می‌باشد.

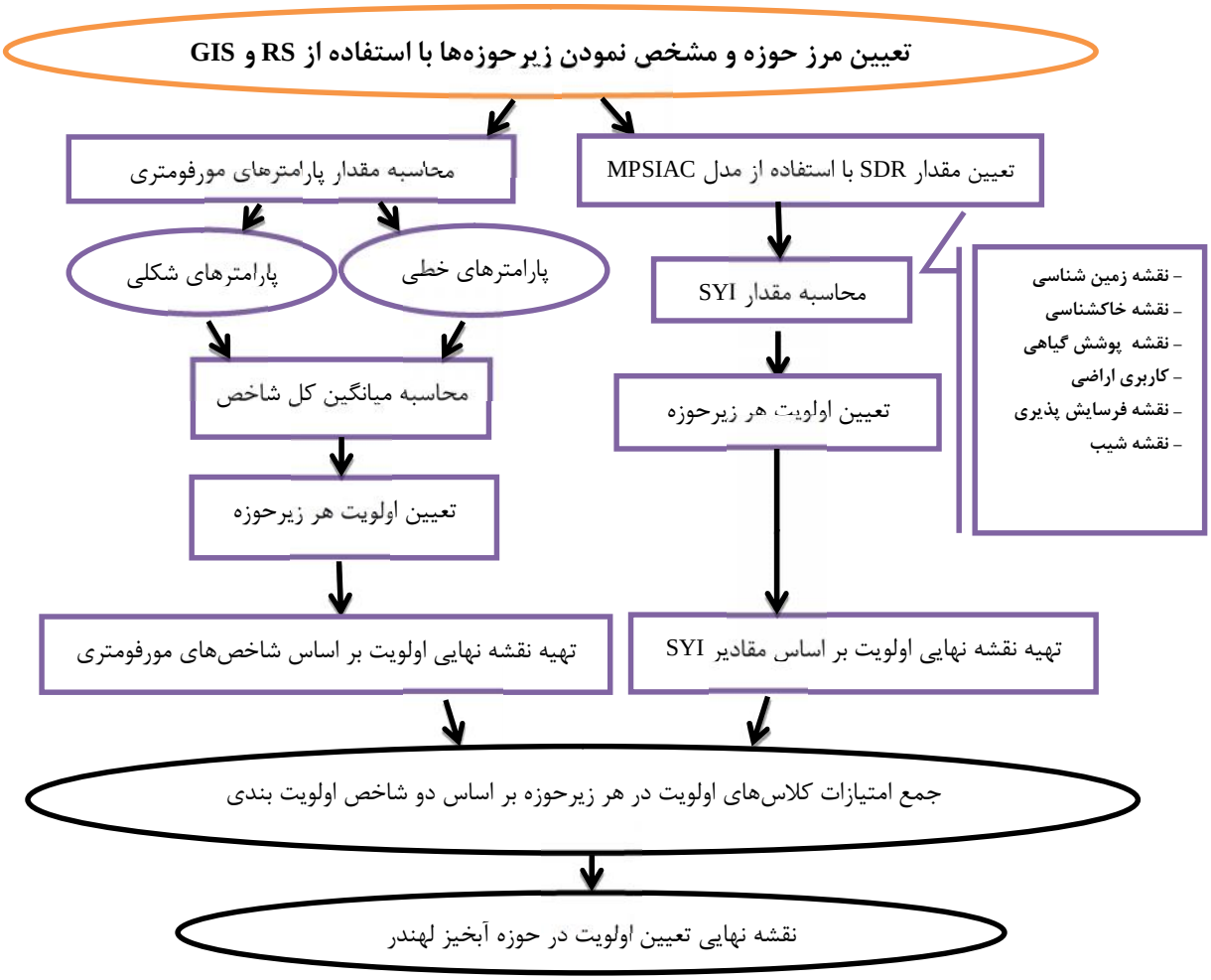
## مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز لهندر در شرق استان گلستان و حدود ۵۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان کلاله قرار دارد. این حوزه یکی از زیرحوزه‌های شرقی حوزه بزرگ گرگانرود محسوب می‌شود، که واقع در طول E "۰۰ ’۵۰ °۵۵ و E "۰۰ ’۰۶ °۵۶ و عرض جغرافیایی N "۰۰ ’۲۵ °۳۷ و N "۰۰ ’۳۷ °۳۷ بوده و روستای مهم آن لهندر است. شکل این حوزه متمایل به گرد بوده و شیب متوسط آن ۱۶/۳ درصد است و ارتفاع آن از سطح دریا به‌طور متوسط برابر با ۱۳۴۳ متر می‌باشد. این حوزه دارای ۱۱ زیرحوزه بوده که موقعیت زیرحوزه و شکل کلی آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود (۸). در این تحقیق ابتدا شاخص‌های مورفومتری و مقدار SYI در هر کدام از زیرحوزه‌های آبخیز لهندر محاسبه شده و سپس با مقایسه نتایج حاصل از این دو شاخص، زیرحوزه‌ها از نظر عملیات آبخیزداری و میزان فرسایش اولویت‌بندی گردیدند. شاخص SYI، یک پارامتر بسیار مهم به‌منظور محاسبه و تعیین مقدار و شدت فرسایش در یک منطقه می‌باشد که رابطه مستقیمی با عوامل مؤثر در فرسایش مانند (مساحت منطقه، فرآیندهای فعال فرسایش‌دهنده، رسوبات ته‌نشین شده و همچنین مقدار SDR) دارد (۳). مراحل محاسبه شاخص‌ها و رسیدن به نقشه نهایی اولویت در هر زیرحوزه در شکل ۲ نشان داده شده است:




شکل ۱- نقشه پایه و موقعیت واحدهای فیزیوگرافی حوزه لهندر

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]




شکل ۲- نمودار روند تهیه نقشه نهایی اولویت زیر حوزه‌ها

**خصوصیات مورفومتری**

آنالیز مورفومتری یکی از روش‌های مؤثر برای اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها می‌باشد که می‌تواند بیانگر وضعیت شبکه زهکشی حوزه باشد (۴). همچنین این فاکتور یکی از ابزارهای مهم در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها بدون نیاز به بررسی نقشه خاک در منطقه می‌باشد (۱۰). شکل حوزه بیان‌کننده سیل‌خیزی و زمان تمرکز و الگوی زهکشی نشان‌دهنده وضعیت زمین‌شناسی و نوع خاک منطقه می‌باشد (۴). بنابراین مطالعه پارامترهای مورفومتری بیان‌کننده وضعیت حوزه و میزان مساعد بودن شرایط برای فرسایش‌پذیری و تعیین شدت فرسایش در منطقه است (۴). این خصوصیات شامل تعداد زیادی پارامتر است که در پژوهش حاضر پارامترهایی که تاثیر بیشتری در اولویت‌بندی و وضعیت فرسایشی دارند انتخاب شده و سپس مقادیر آنها محاسبه گردید. ویژگی‌های مورفومتری به دو دسته پارامترهای خطی و شکلی تقسیم می‌شوند (۴).

**پارامترهای خطی:** که نسبت مستقیم با فرسایش داشته و به بیشترین مقدار این دسته پارامترها کمترین رتبه تعلق می‌گیرد و بیشترین رتبه مربوط به کمترین مقدار

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

می‌باشد. این دسته شامل: تراکم زهکشی[۱]، نسبت انشعاب[۲] و طول جریان[۳] می‌باشند.

**پارامترهای شکلی:** با فرسایش نسبت عکس داشته و برعکس پارامترهای خطی به بیشترین مقدار بیشترین رتبه و به کمترین مقدار کمترین رتبه تعلق می‌گیرد. این دسته نیز شامل: نسبت کشیدگی[۴]، ضریب فشردگی[۵]، نسبت گردی[۶] و ضریب شکل حوزه[۷] می‌باشد.

با محاسبه میانگین رتبه‌های داده شده به هر دسته از خصوصیات مورفومتری در هر زیرحوزه می‌توان زیرحوزه‌ها را با توجه به جدول یک در هفت دسته قرار داد:

جدول ۱- تعیین کلاس‌پارامترهای مورفومتری با توجه به میانگین آنها

| مقادیر میانگین | علائم | اولویت |
|---|---|---|
| <۲/۴ | A | بحرانی |
| ۲/۵ - ۳/۵ | B | بسیار زیاد تا بحرانی |
| ۳/۶ - ۴/۶ | C | زیاد تا بسیار زیاد |
| ۴/۷ - ۵/۷ | D | متوسط تا زیاد |
| ۵/۸ - ۶/۸ | E | کم تا متوسط |
| ۶/۹ -۷/۹ | F | خیلی کم تا کم |
| >۸ | G | خیلی کم |

**شاخص رسوب سالانه (SYI)**

این شاخص اولین بار توسط آقایان کارل و بالی در سال ۱۹۷۷ مطرح گردید که می‌تواند منعکس کننده دو پارامتر مهم، فرسایش‌پذیری و نسبت تحویل رسوب[۸] (شاخصی برای تعیین مقدار رسوب انتقال یافته تا مخزن سد یا خروجی حوزه) در هر حوزه باشد (۵). استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مؤثرترین روش به‌منظور شناسایی و محاسبه منابع تولید رسوب و مناطق حساس به عوامل فرسایشی و همچنین تعیین مقدار رسوب سالانه (SYI) در حوزه‌های آبخیز می‌باشد (۶). تخمین مقدار هدررفت خاک و شناسایی مناطق بحرانی عامل مؤثری در اجرای بهتر عملیات مدیریتی برای حفظ منابع خاک و آب در حوزه‌های آبخیز می‌باشند (۱۲). فاکتورهای مؤثر در محاسبه این شاخص شامل: کاربری اراضی و پوشش منطقه، خاک (که سهم بالایی در مطالعات فرسایش دارد) و شیب (یک نقشه مهم در انجام مطالعات زمینی) می‌باشند. محاسبه شاخص رسوب سالانه یک فاکتور مؤثر در مطالعه و توسعه حوزه آبخیز است که برای انجام اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها حتی بدون نیاز به داده‌های بارندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. معادله SYI دارای دو پارامتر ورودی، فرسایندگی و نسبت تحویل است که فرمول آن بصورت رابطه یک می‌باشد (۵):

(۱)

$$E = \frac{\Sigma(Aei \times Wei)}{AW}$$

$$SYI = E \times SDR \times 100$$

1- Drainage density 2- Bifurcation ratio 3- Stream length
4- Elongation ratio 5- Compactness coefficient 6- Circularity ratio
7- Form factor 8- Delivery Ratio

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

E: فرسایش‌پذیری حوزه، Wei: وزن اختصاصی به میزان فرسایش در هر زیرحوزه، Aei: مساحت هر زیرحوزه، Aw: مساحت کل حوزه آبخیز، SDR: نسبت تحویل رسوب، SYI: شاخص رسوب سالانه. تفسیر مقادیر بدست آمده از SYI برای هر کدام از زیر حوزه‌ها می‌تواند اولویت هر کدام از زیرحوزه‌ها را مشخص نماید. مقادیر بالای SYI، نشان‌دهنده اولویت بالا و بحرانی بودن شرایط منطقه می‌باشد (۱۰)، که این شاخص را می‌توان در هفت دسته به صورت جدول ۲ طبقه‌بندی نمود:

جدول ۲- تعیین کلاس و اولویت مقادیر SYI

| علائم | اولویت | SYI |
|---|---|---|
| G | ناچیز | <۵ |
| F | کم | ۵ - ۱۰ |
| E | بسیار کم | ۱۰-۱۵ |
| D | متوسط | ۱۵ - ۲۰ |
| C | زیاد | ۲۰ - ۲۵ |
| B | بسیار زیاد | ۲۵ - ۳۰ |
| A | بحرانی | >۳۰ |

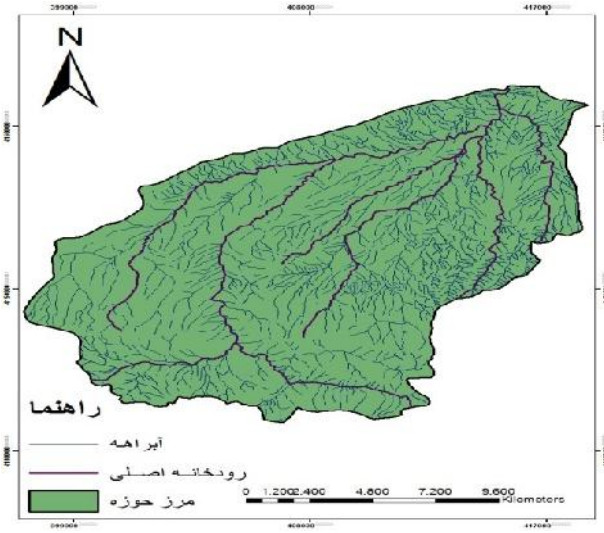
**محاسبه خصوصیات مورفومتری**

در اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها، آنالیزهای مورفومتری شامل پارامترهای خطی و شکلی است. نقشه‌های پایه منطقه با استفاده از منابع موجود در اداره کل منابع طبیعی استان گلستان ایجاد گردید. شبکه زهکشی منطقه با استفاده از نرم‌افزار ARC/INFO تهیه شده و رتبه هر آبراهه با استفاده از فرمول استراهلر استخراج گردید. نقشه شبکه زهکشی حوزه لهندر به‌منظور محاسبه طول جریان در هر زیرحوزه با توجه به نقشه DEM منطقه و استفاده از نرم‌افزار ARC Hydro در محیط GIS تهیه گردید (شکل ۳). طول جریان نسبت عکس با شیب آبراهه دارد که بیشترین طول جریان مربوط به زیرحوزه A3 (۱۶/۹۵) و حداقل آن برابر با ۳/۰۸ کیلومتر در زیرحوزه AB می‌باشد. سپس با توجه وزن مربوط به هر پارامتر، میانگین کل وزن‌ها در هر زیرحوزه مطابق رابطه ۲ محاسبه گردید.

(۲)

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

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]




شکل ۳- شبکه آبراهه‌ای و زهکشی حوزه لهندر

**محاسبه شاخص رسوب سالانه (SYI)**

به‌منظور محاسبه مقادیر SYI، لایه‌های کاربری اراضی، پوشش زمین، شیب و خاکشناسی برای تعیین حساسیت و شدت فرسایش مورد نیاز می‌باشد که به وسیله داده‌های سنجش از دور و در محیط ArcGIS تهیه شدند. نقشه‌های خاک‌شناسی و کاربری اراضی از اداره منابع طبیعی استان گلستان (۱) و نقشه شیب (شکل ۵) نیز با میان‌یابی نقشه رقومی ارتفاعی منطقه تهیه گردید. بر اساس رابطه یک فاکتورهای مؤثر برای محاسبه مقدار SYI شامل مساحت هر زیرحوزه، مساحت کل حوزه و مقدار رسوب سالانه یا همان SDR می‌باشد که با محاسبه هر کدام از این فاکتورها و قرار دادن در فرمول نهایی SYI مقادیر رسوب در هر زیرحوزه محاسبه گردید (جدول ۵). در نهایت نیز به مقادیر نهایی بدست آمده برای هر دو شاخص مورد استفاده (آنالیز مورفومتری و شاخص رسوب سالانه) رتبه‌هایی داده می‌شود. به بیشترین مقدار شاخص مورفومتریک کمترین رتبه و برعکس به بیشترین مقدار شاخص رسوب سالانه بیشترین رتبه تعلق می‌گیرد. با جمع رتبه‌های داده شده اولویت هر زیرحوزه تعیین می‌گردد که هرچه مقدار وزن نهایی بیشتر باشد بیان‌کننده اولویت‌های بالاتر می‌باشد (جدول ۶).

## نتایج و بحث

مقادیر محاسبه شده میانگین کل پارامترهای مورفومتری در هر زیرحوزه (جدول ۳) با توجه به جدول یک در کلاس‌های تعیین شده قرار می‌گیرند (جدول ۴). هر چه مقدار میانگین کل پارامترهای مورفومتری کمتر باشد شرایط برای فرسایش‌پذیری منطقه مساعدتر و وضعیت منطقه بحرانی‌تر می‌باشد. شکل ۴ اولویت هر زیرحوزه را بر اساس آنالیز مورفومتری و با توجه به جدول ۴ نمایش می‌دهد.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

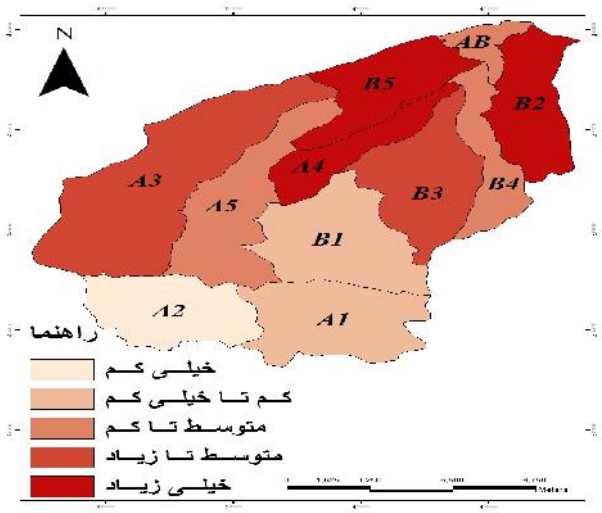
جدول ۳- مقادیر پارامترهای مورفومتریک و تعیین وزن هر یک از آنها

| | پارامترهای شکلی | | | | | پارامترهای خطی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ضریب شکل | نسبت گردی | ضریب فشردگی | نسبت کشیدگی | طول جریان | نسبت انشعاب | تراکم زهکشی | مساحت ($Km^2$) | زیرحوزه |
| ۰/۴۲ (۹) | ۰/۵۱ (۱۰) | ۱/۴۳ (۳) | ۰/۷۳ (۹) | ۹/۵ (۶) | ۴/۴۷ (۶) | ۲/۷ (۱۰)* | ۲۸/۶ | A1 |
| ۰/۶۳ (۱۱) | ۰/۶۱ (۱۱) | ۱/۲۸ (۱) | ۰/۸۹ (۱۱) | ۶/۸۶ (۱۰) | ۳/۹۸ (۹) | ۲/۹۱ (۸) | ۲۴ | A2 |
| ۰/۲۳ (۴) | ۰/۴۴ (۷) | ۱/۵۲ (۵) | ۰/۵۶ (۵) | ۱۶/۹۵ (۱) | ۴/۶۴ (۵) | ۲/۵۵ (۱۱) | ۵۵/۲ | A3 |
| ۰/۲۰ (۳) | ۰/۲۸ (۲) | ۱/۹۰ (۱۰) | ۰/۴۹ (۳) | ۱۴/۸ (۲) | ۵/۷۷ (۳) | ۲/۸ (۹) | ۲۹/۰۶ | A4 |
| ۰/۲۶ (۶) | ۰/۴۲ (۵) | ۱/۵۴ (۷) | ۰/۵۸ (۶) | ۷/۸۷ (۷) | ۳/۴۷ (۱۱) | ۳/۴۷ (۵) | ۲۱/۱۵ | A5 |
| ۰/۴۸ (۱۰) | ۰/۵۰ (۹) | ۱/۴۱ (۲) | ۰/۷۸ (۱۰) | ۷/۷۱ (۹) | ۴/ ۳۷ (۷) | ۳/۱۸ (۷) | ۳۰/۹۵ | B1 |
| ۰/۱۴ (۲) | ۰/۳۱ (۳) | ۱/۷۹ (۹) | ۰/۴۲ (۲) | ۱۱/۰۷ (۴) | ۶/۱۳ (۲) | ۳/۴ (۶) | ۱۳/۷۸ | B2 |
| ۰/۳۲ (۷) | ۰/۴۵ (۸) | ۱/۵۱ (۴) | ۰/۶۳ (۹) | ۱۰/۳۲ (۵) | ۴/۹۲ (۴) | ۳/۸۵ (۴) | ۲۲/۱۳ | B3 |
| ۰/۲۴ (۵) | ۰/۴۳ (۶) | ۱/۵۳ (۵) | ۰/۵۵ (۴) | ۷/۷۳ (۸) | ۶/۶۳ (۱۰) | ۴/۳۸ (۱) | ۲۷/۹۲ | B4 |
| ۰/۱۳ (۱) | ۰/۲۵ (۱) | ۲/۰۲ (۳) | ۰/۴۰ (۱) | ۱۳/۴۸ (۳) | ۴/۲ (۸) | ۴/۳۵ (۲) | ۱۴/۳۱ | B5 |
| ۰/۳۸ (۸) | ۰/۳۴ (۴) | ۱/۷۰ (۸) | ۰/۷۰ (۸) | ۳/۰۸ (۱۱) | ۱۰/۵ (۱) | ۴/۲۸ (۳) | ۵/۵۳ | AB |

*: اعداد داخل پرانتز وزن هر پارامتر می‌باشد.

جدول ۴- تعیین کلاس اولویت در هر زیرحوزه بر اساس آنالیز مورفومتری

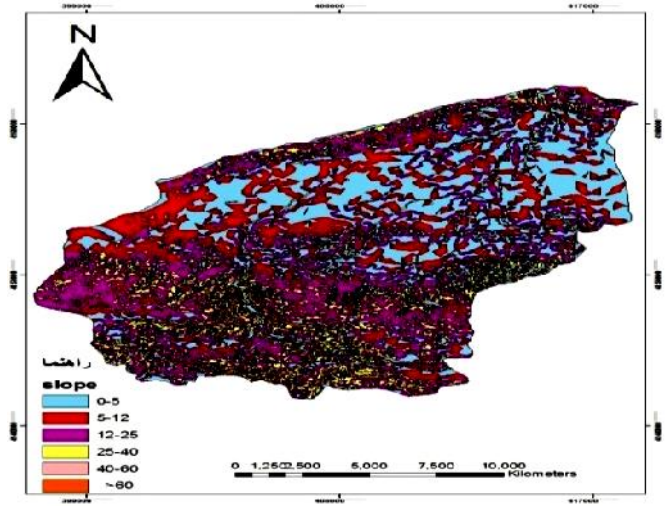
| کلاس | میانگین رتبه‌ها | زیرحوزه‌ها | کلاس | میانگین رتبه‌ها | زیرحوزه‌ها |
|---|---|---|---|---|---|
| C | ۴ | B2 | F | ۷/۵۷ | A1 |
| D | ۵/۵۷ | B3 | G | ۸/۷۱ | A2 |
| E | ۵/۷۱ | B4 | D | ۵/۴۳ | A3 |
| C | ۳/۸۶ | B5 | C | ۴/۵۷ | A4 |
| E | ۶/۱۴ | AB | E | ۶/۷۱ | A5 |
| | | | F | ۷/۷۱ | B1 |



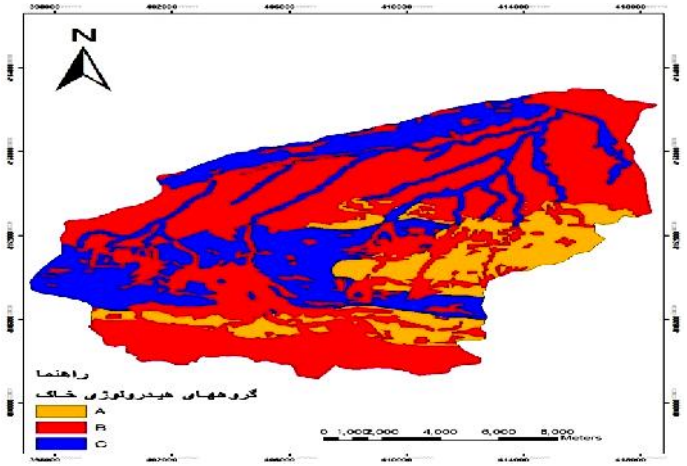

شکل ۴- اولویت بندی زیرحوزه‌ها بر اساس پارامترهای مورفومتری

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

نقشه شیب نیز با میان‌یابی نقشه رقومی ارتفاع تهیه گردید (شکل ۵). رخساره‌های منفصل زمین‌شناسی، فقدان سیمان بین ذرات و ریزدانه‌های خاک از عمده عوامل موثر در تولید فرسایش و رسوب و جریان‌های واریزه‌ای به شمار می‌آیند و در آبراهه‌ها باعث ایجاد فرسایش کناری و افزایش میزان رسوب و کاهش پایداری خاکدانه و سازندها می‌شوند (۸). دو فاکتور بسیار مهم در محاسبه مقدار شاخص رسوب سالانه، کاربری اراضی و خاک می‌باشد که بیان‌کننده وضعیت و شدت فرسایشی منطقه می‌باشند (۲). گروه‌های هیدرولوژی خاک حوزه در شکل ۶ نمایش داده شده‌اند. این حوزه دارای سه نوع کاربری جنگل طبیعی، مرتع و زمین زراعی می‌باشد که بیشترین سهم را مراتع (۵۸٪) دارند (۸). خاک منطقه عمدتا از گروه هیدرولوژی B می‌باشد که شامل خاک‌های شنی لومی و شنی رسی بوده و توانایی تولید رواناب متوسط دارند و شدت نفوذ این گروه ۱/۵ تا ۳ اینچ بر ساعت است (۲).




شکل ۵- طبقه‌بندی مقادیر شیب حوزه لهندر




شکل ۶- گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز لهندر

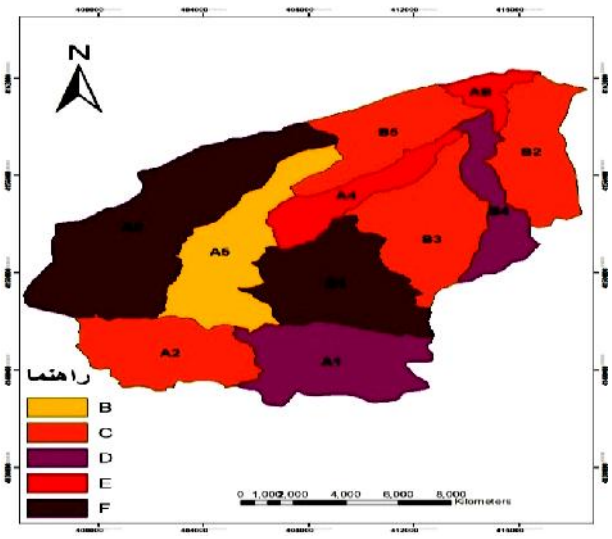
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

در جدول ۵ فاکتورهای دخیل در فرمول شاخص رسوب سالانه و مقادیر نهایی این شاخص در هر زیرحوزه محاسبه شده و سپس با توجه به جدول ۲ اولویت هر زیرحوزه نیز تعیین گردید.

جدول ۵- تعیین مقادیر SYI و تعین اولویت در هر زیرحوزه

| زیرحوزه | مساحت ($Km^2$) | SDR | Wi | SYI | کلاس |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | ۲۸/۶ | ۳۸/۶۳ | ۴ | ۱۶/۲۱ | D |
| A2 | ۲۴ | ۳۹/۶۰ | ۶ | ۲۰/۹۲ | C |
| A3 | ۵۵/۲ | ۳۵/۱۸ | ۱ | ۷/۱۲ | F |
| A4 | ۲۹/۰۶ | ۳۸/۵۴ | ۳ | ۱۲/۳۲ | E |
| A5 | ۲۱/۱۵ | ۴۰/۳۲ | ۸ | ۲۵/۰۲ | B |
| B1 | ۳۰/۹۵ | ۳۸/۱۹ | ۲ | ۸/۶۷ | F |
| B2 | ۱۳/۷۸ | ۴۲/۸۴ | ۱۰ | ۲۱/۶۵ | C |
| B3 | ۲۲/۱۳ | ۴۰/۰۶ | ۷ | ۲۲/۷۶ | C |
| B4 | ۲۷/۹۲ | ۳۸/۷۶ | ۵ | ۱۹/۸۵ | D |
| B5 | ۱۴/۳۱ | ۴۲/۶۱ | ۹ | ۲۰/۱۳ | C |
| AB | ۵/۵۳ | ۴۸/۷۷ | ۱۱ | ۱۰/۸۸ | E |
| مجموع | ۲۷۲/۶۳ | ---- | ---- | ۱۸۵/۵۴ | ---- |

هرچه مقدار شاخص رسوب سالانه بیشتر باشد مقدار فرسایش و تولید رسوب بیشتر و در نتیجه زیرحوزه دارای وضعیت بحرانی‌تر و اولویت بالاتر می‌باشند. شکل ۷، نقشه نهایی اولویت‌بندی زیرحوزه ها بر اساس شاخص رسوب سالانه می‌باشد.




شکل ۷- اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز لهندر بر اساس شاخص SYI

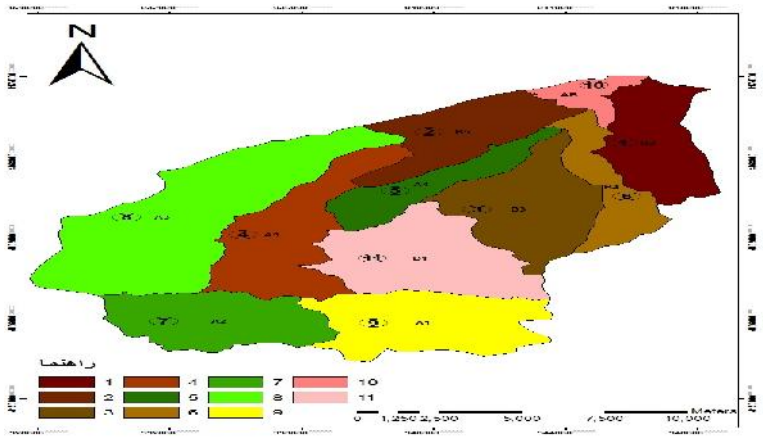
[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

با استفاده از جدول ۶ که حاصل تلفیق هر دو شاخص بکار رفته در این تحقیق می‌باشد، اولویت نهایی و شرایط بحرانی هر زیرحوزه مشخص گردید. و در نهایت نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در شکل ۸ آورده شده است.

جدول ۶- جمع وزن های داده شده به هر دو شاخص و تعیین اولویت نهایی هر زیرحوزه

| زیرحوزه | SYI | رتبه | شاخص مورفومتری | رتبه | وزن کل | اولویت نهایی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | ۱۶/۲۱ | ۵ | ۷/۵۷ | ۳ | ۸ | ۹ |
| A2 | ۲۰/۹۲ | ۸ | ۸/۷۱ | ۱ | ۹ | ۷ |
| A3 | ۷/۱۲ | ۱ | ۵/۴۳ | ۸ | ۹ | ۸ |
| A4 | ۱۲/۳۲ | ۴ | ۴/۵۷ | ۹ | ۱۳ | ۵ |
| A5 | ۲۵/۰۲ | ۱۱ | ۶/۷۱ | ۴ | ۱۵ | ۴ |
| B1 | ۸/۶۷ | ۲ | ۷/۷۱ | ۲ | ۴ | ۱۱ |
| B2 | ۲۱/۶۵ | ۹ | ۴ | ۱۰ | ۱۹ | ۱ |
| B3 | ۲۲/۷۶ | ۱۰ | ۵/۵۷ | ۷ | ۱۷ | ۳ |
| B4 | ۱۹/۸۵ | ۶ | ۵/۷۱ | ۶ | ۱۲ | ۶ |
| B5 | ۲۰/۱۳ | ۷ | ۳/۸۶ | ۱۱ | ۱۸ | ۲ |
| AB | ۱۰/۸۸ | ۳ | ۶/۱۴ | ۵ | ۸ | ۱۰ |

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود وزن نهایی زیرحوزه‌های (A2 و A3) و همچنین (A1 و AB) برابر می‌باشد که اولویت هر کدام از این حوزه‌ها نسبت به دیگری با توجه به مقدار شاخص رسوب سالانه تعیین گردید. زیرا مقادیر بالاتر این شاخص نشان‌دهنده فرسایش‌پذیری و حساس بودن شرایط منطقه می‌باشد. بنابراین A2 نسبت به A3 و زیرحوزه A1 نسبت به AB دارای اولویت بالاتر و شرایط بدتری می‌باشند. شکل ۷ ترتیب اولویت‌ها را در زیرحوزه‌های مورد مطالعه نمایش می‌دهد که در ۱۱ طبقه قرار گرفته و طبقه یک دارای بیشترین اولویت و بحرانی‌ترین شرایط و در مقابل طبقه ۱۱ حداقل اولویت و بهترین شرایط را نسبت به سایر زیرحوزه‌ها دارا می‌باشد.




شکل ۸- نقشه تلفیقی و نهایی اولویت زیرحوزه‌های آبخیز لهندر

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

پژوهش حاضر با هدف تعیین اولویت هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز لهندر و شناسایی مناطق بحرانی به‌منظور انجام عملیات کنترلی و حفاظتی در این مناطق می‌باشد. زمین‌شناسی به عنوان مهمترین عامل فرسایش و تخریب در یک منطقه بوده که در حوزه مورد مطالعه با وجود نهشته‌های رسوبی لسی و سازندهای سرچشمه و چهل‌کمان دارای حساسیت بالایی به فرسایش هستند که کمترین حساسیت آن در زیر حوزه A2 و بیشترین حساسیت در زیر حوزه A5 و A3 می‌باشد. تلفیق نتایج حاصل از مدل شاخص رسوب سالانه و آنالیز پارامترهای مورفومتری یک تکنیک کارآمد برای اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها در جهت انجام عملیات حفاظت خاک می‌باشد (۱۳) و همچنین می‌توان این نکته را بیان نمود که این مطالعه نشان‌دهنده قابلیت و کاربرد تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز بر اساس شاخص‌های مورفومتریک و SYI و همچنین ترکیب این دو شاخص می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده در زیرحوزه‌های آبخیز لهندر، با توجه به جداول ۳ و ۴ زیرحوزه‌های (B5-B2-A4) از لحاظ خصوصیات مورفومتری دارای وضعیت بحرانی‌تری بوده که در این میان زیرحوزه B5 به دلیل دارا بودن حداقل مقدار پارامترهای ضریب شکل (۰/۱۳)، نسبت گردی (۰/۲۵)، نسبت کشیدگی (۰/۴۰) و کمترین مقدار میانگین کل پارامترهای مورفومتری نسبت به سایر زیرحوزه‌ها در اولویت بالاتری قرار می‌گیرد که با نتایج تاکار و همکاران (۱۴) در تاثیرگذاری این پارامترها در فرسایش‌پذیری حوزه‌ها همخوانی دارد. حال با توجه به نتایج حاصل از شاخص SYI در جداول ۲ و ۵، زیرحوزه‌های (B2 - B3 - A5 - A2) به ترتیب در اولویت اول تا چهارم قرار می‌گیرند، زیرحوزه A5 بدلیل داشتن خاک‌های لسی حساس به فرسایش و همچنین اراضی زراعی شخم خورده و تاثیر عوامل انسانی، دارای مقدار SDR (۴۰/۳۲) تن در هکتار و حداکثر مقدار SYI بوده و شرایط بدتری دارد که با نتایج بدست آمده در پژوهش جاود و همکاران (۴) و جمالی و همکاران (۳) مطابقت دارد. با توجه به نتایج جدول ۶ و همچنین نقشه نهایی اولویت‌بندی (شکل ۸) که حاصل تلفیق هر دو عامل در نظر گرفته شده در این پژوهش شاخص‌های مورفومتری و SYI می‌باشد، تمامی زیرحوزه‌های آبخیز لهندر از یک تا ۱۱ اولویت‌بندی گردیدند. بر اساس این نقشه زیر حوزه B2 دارای اولویت اول و بحرانی‌ترین وضعیت از لحاظ فرسایشی می‌باشد که نیاز به انجام فوری عملیات کنترلی و حفاظتی دارد. اولویت دوم مربوط به زیرحوزه B5 می‌باشد. پس می‌توان اینگونه بیان نمود که در حوزه آبخیز لهندر با توجه به شرایط توپوگرافی و مورفولوژیکی حوزه و همچنین عوامل فرسایشی طبیعی و انسانی، باید به زیرحوزه‌های دارای شرایط بحرانی‌تر (B3-B5-B2) توجه ویژه و بیشتری شود تا از هدررفت منابع خاکی و آبی و پیامدهای ناشی از فرسایش‌های شدید جلوگیری شود. در این

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

مناطق با توجه به بحرانی بودن وضعیت و همچنین شرایط توپوگرافی و اقلیمی آنها بهتر است از اقدامات بیولوژیکی و مکانیکی تواما استفاده گردد. با توجه به شرایط توپوگرافی و تناسب اکولوژی و هیدرولوژی حوزه، بهتر است این مناطق به کاربری تفرج گسترده اختصاص داده شوند. نکته مهم و قابل توجه این است که، در مناطق بحرانی برای اجرای عملیات حفاظتی باید از نظرات و پیشنهادات افراد متخصص و همچنین تجارب افراد بومی استفاده نمود.

**تشکر و قدردانی**

از خانم آرزو صفویان دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان که در انجام کارهای نرم‌افزاری و تهیه نقشه‌های مورد نیاز راه را برای انجام این پژوهش هموار نمودند و همچنین از جناب آقای مهندس علیمی کارمند محترم اداره منابع طبیعی شهرستان گرگان برای در اختیار گذاشتن داده‌ها و اطلاعات منطقه صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

## منابع

1. Department of Natural Resources, Golestan Province. 2006. Detailed project executive Kalaji and Agh Ghala areas of the first and third volumes.
2. Devante, J. and J. Poesen. 2005. Predicting soil erosion and sediment yield at the basin Scale issues and semi-quantitative models. Earth since Reviews 71: 95-125.
3. 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.
4. Javed, A. and M.Y. Khanday and R. Ahmed. 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.
5. Kashy, L. 2011. Watershed priority mapping using GIS-based multivariate regression model (MR) in the watershed Zenouz city. Seventh National Conference on Watershed Management Science and Engineering, 7 pp.
6. Khan, M.A., V.P. Gupta and P.C. Moharana. 2001. Watershed prioritization using RS and GIS: a case study from Guhiya, India. Journal of Arid Environments 49: 456-475.
7. 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.
8. 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.
9. Mahdavi, M. 2001. Applied Hydrology. 2nd Vol . Tehran University press. 438 pp.
10. Pandey, A., V.M. Chawdary and B.C. Mal. 2007. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and RS. Water Resource Manage, 21: 729-746.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

11. Peacock, V., D. Hikuroa and T.K.K.B Morgan. 2012. Watershed-scale prioritization of habitat restoration sites for non-point source pollution management. Ecological Engineering, 42: 174-182.
12. Shinde, V., A. Sharma, K.N. Tiwari and M. Singh. 2011. Quantitative determination of soil erosion and prioritization of Micro-Watersheds using RS and GIS. Journal of the Indian society of Remote Sensing, 37: 12 pp.
13. Suresh, M., S. Sudhakar, K.N. Tiwari and V.M. Chawdary. 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.
14. Thakkar, A. and S.D. Dhiman. 2007. Morphometric analysis and prioritization of Mini Watershed in MOHR Watershed, Gujaratu sing RS and GIS Techniques. Journal of the Indian society of Remote Sensing, 35 pp.

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]

# Prioritization of Sub-Watersheds based on Morphometric Analysis, GIS and RS Techniques: Lohandar Watershed, Golestan Province

**Mohammad Amani[1] and Ali Najafinejad[2]**

1- Former M.Sc. student, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan
(Corresponding author: fariad.sincere@gmail.com)
2- Associate Professor, Agricultural and Natural Resources University of Gorgan
Received: June 5, 2012 Accepted: February 6, 2013

## Abstract

Subwatersheds prioritization is the important procedure in natural resource comprehensive management and sustainable development. In this research prioritization the 11 subwatershed of Lohandar that located in east of Golestan province with 272.63 $km^2$ using GIS، RS and morphometric analysis. Erosion condition became clear in the each sub watershed. Morphometric analysis includes stream length، bifurcation ratio، drainage density، shape coefficient، circularity coefficient، elongation coefficient and compactness coefficient. Morphometric parameters included two parts (linear and shape coefficient). The preference of each sub watershed was determined using SYI and morphometric parameters. For calculation SYI index using several maps such as land use، land cover، slope، soil texture and 1:50000 topographic map. Finally determination any sub watershed priority by attention to amounts SYI index and total mean Morphometric parameters, that B5 sub watershed from morphometric parameter and A5 from SYI parameter have critical condition and incorporation of these two parameters delineate that B2 has worst condition.

**Keyword:** Prioritization, Morphometric, SYI, Erodibility, Lohandar Watershed

[ Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21 ]