



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 پذیرش: ۹۱/۱۱/۸

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۱۶

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 کیلومتر مربع، 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. به منظور 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

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

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

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 کارایی 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 گرگانود 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

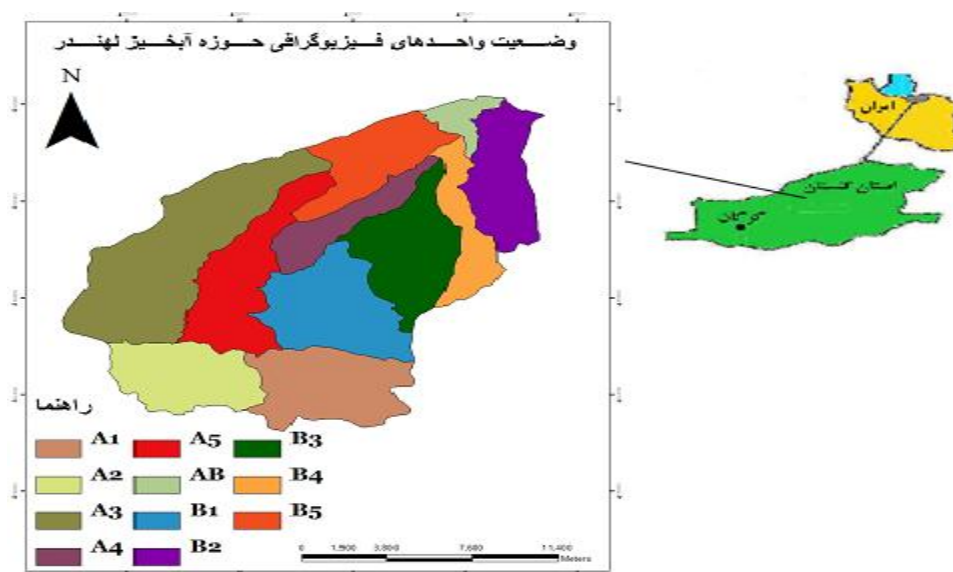
همکاران (۵) حوزه Guhiya در کشور هند را بر اساس میزان فرسایش‌پذیری و SYI^۱ و همچنین با استفاده از فنون مرسوم RS و GIS اولویت‌بندی نمودند. مارتین و ساها (۸)، با تلفیقی از سنجش از دور و GIS اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها را انجام داده که میزان فرسایش خاک را با استفاده از مدل USLE برآورد کرده‌اند. تاکار و دیمان (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

از سطح دریا به طور متوسط برابر با ۱۳۴۳ متر می باشد. این حوزه دارای ۱۱ زیرحوزه بوده که موقعیت زیرحوزه و شکل کلی آن در شکل ۱ مشاهده می شود (۸). در این تحقیق ابتدا شاخص های مورفومتری و مقدار SYI در هر کدام از زیرحوزه های آبخیز لهندر محاسبه شده و سپس با مقایسه نتایج حاصل از این دو شاخص، زیرحوزه ها از نظر عملیات آبخیزداری و میزان فرسایش اولویت بندی گردیدند. شاخص SYI، یک پارامتر بسیار مهم به منظور محاسبه و تعیین مقدار و شدت فرسایش در یک منطقه می باشد که رابطه مستقیمی با عوامل مؤثر در فرسایش مانند (مساحت منطقه، فرآیندهای فعال فرسایش دهنده، رسوبات ته نشین شده و همچنین مقدار SDR) دارد (۳). مراحل محاسبه شاخص ها و رسیدن به نقشه نهایی اولویت در هر زیرحوزه در شکل ۲ نشان داده شده است:

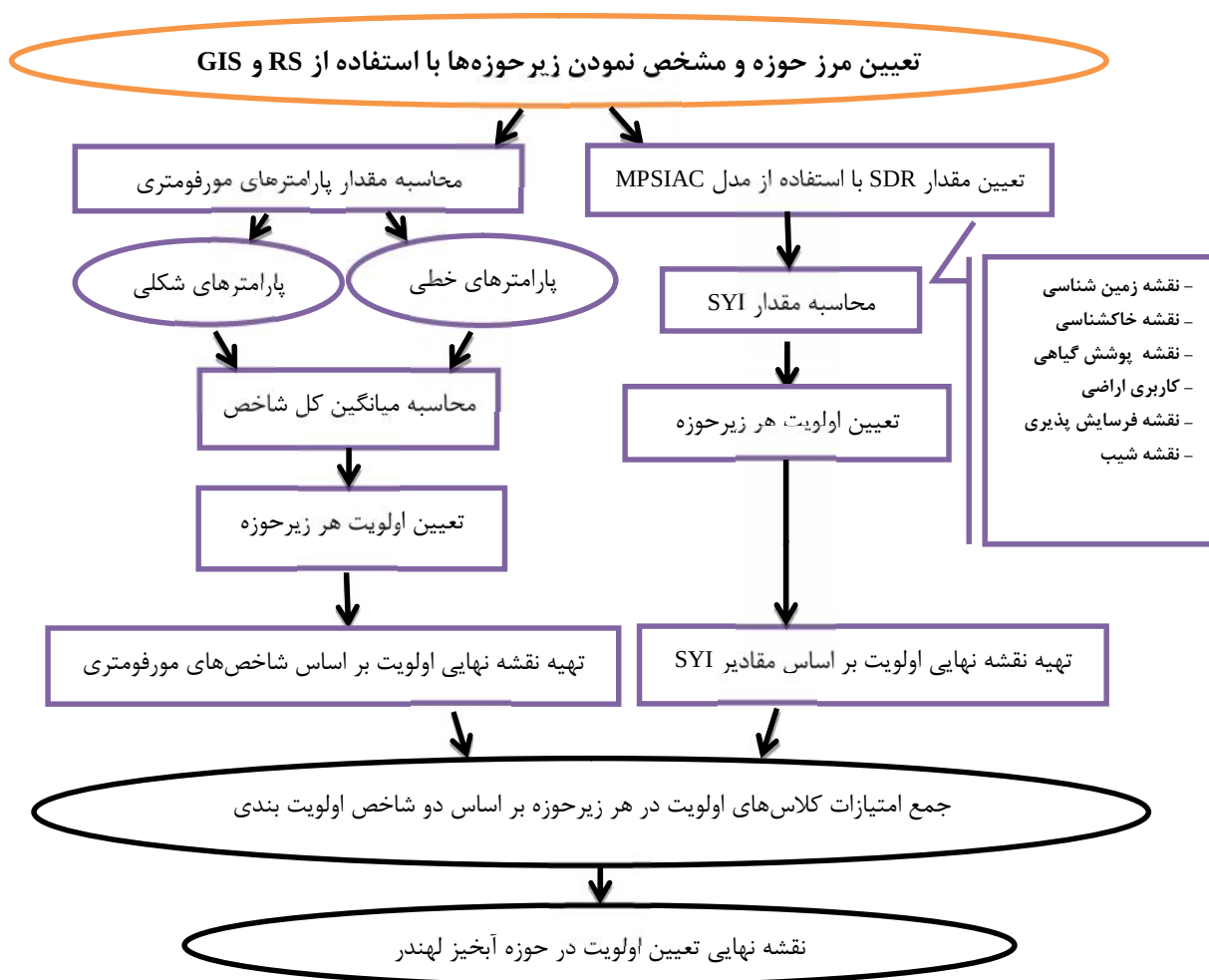
وضعیت منطقه در نظر گرفته شده و اولویت بندی بر اساس گرایش و تخریب این پارامترها انجام پذیرفته است. هدف از انجام این پژوهش تعیین زیرحوزه های دارای شرایط بحرانی، به منظور کنترل انواع فرسایش های موجود در منطقه و همچنین تسریع و کاهش هزینه ها در انجام پروژه های آبخیزداری و کنترلی می باشد.

مواد و روش ها

حوزه آبخیز لهندر در شرق استان گلستان و حدود ۵۰ کیلومتری شمال شرقی شهرستان کلالة قرار دارد. این حوزه یکی از زیرحوزه های شرقی حوزه بزرگ گرگانرود محسوب می شود، که واقع در طول $50^{\circ} 50' 00'' E$ و $06^{\circ} 00' 00'' E$ و عرض جغرافیایی $37^{\circ} 25' 00'' N$ و $37^{\circ} 37' 00'' N$ بوده و روستای مهم آن لهندر است. شکل این حوزه متمایل به گرد بوده و شیب متوسط آن $16/3$ درصد است و ارتفاع آن



شکل ۱- نقشه پایه و موقعیت واحدهای فیزیوگرافی حوزه لهندر



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

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 کلاس پارامترهای مورفومتری با توجه به میانگین آنها

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

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، فرساینده و نسبت تحویل است که فرمول آن بصورت رابطه یک می‌باشد (۵):

(۱)

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

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

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، فرسایش پذیری 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 به منظور 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

1- Drainage density
4- Elongation ratio
7- Form factor

2- Bifurcation ratio
5- Compactness coefficient
8- Delivery Ratio

3- Stream length
6- Circularity ratio

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:

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

جدول ۲- تعیین کلاس و اولویت مقادیر SYI

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

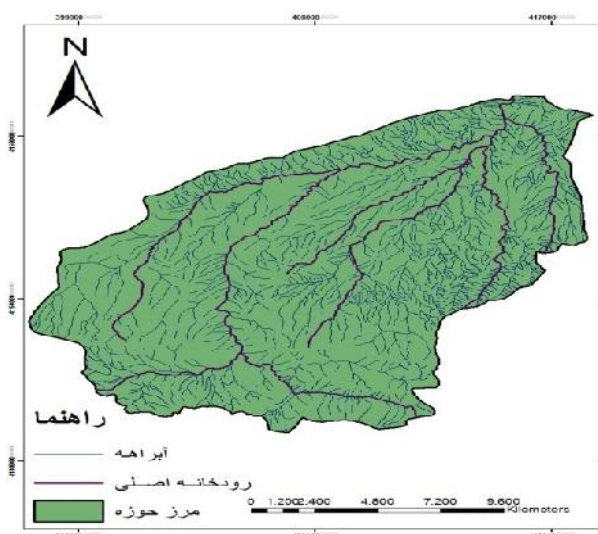
زیرحوزه با توجه به نقشه DEM منطقه و استفاده از نرم‌افزار ARC Hydro در محیط GIS تهیه گردید (شکل ۳). طول جریان نسبت عکس با شیب آبراهه دارد که بیشترین طول جریان مربوط به زیرحوزه A3 (۱۶/۹۵) و حداقل آن برابر با ۳/۰۸ کیلومتر در زیرحوزه AB می‌باشد. سپس با توجه وزن مربوط به هر پارامتر، میانگین کل وزن‌ها در هر زیرحوزه مطابق رابطه ۲ محاسبه گردید.

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 لهنذر به منظور محاسبه طول جریان در هر

(۲)

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



شکل ۳- شبکه آبراه‌ای و زهکشی حوزه لهن‌در

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.

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

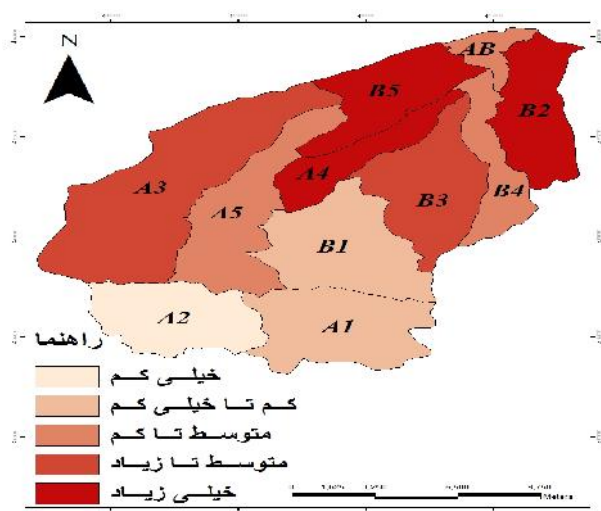
جدول ۳- مقادیر پارامترهای مورفومتریک و تعیین وزن هر یک از آنها

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

*: اعداد داخل پرانتز وزن هر پارامتر می‌باشد.

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

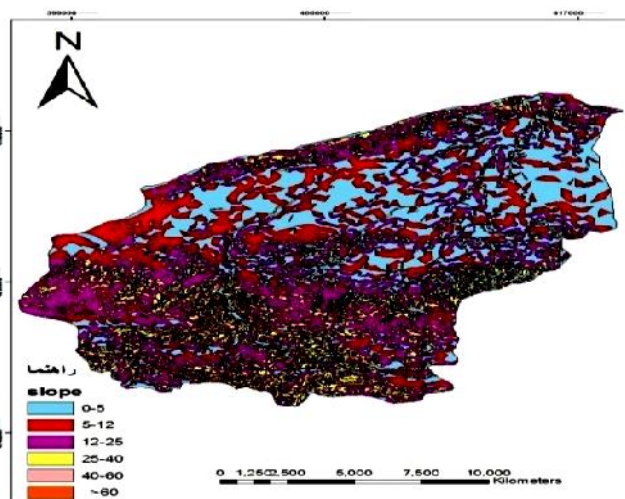
زیرحوزه‌ها	میانگین رتبه‌ها	کلاس	زیرحوزه‌ها	میانگین رتبه‌ها	کلاس
A1	۷/۵۷	F	B2	۴	C
A2	۸/۷۱	G	B3	۵/۵۷	D
A3	۵/۴۳	D	B4	۵/۷۱	E
A4	۴/۵۷	C	B5	۳/۸۶	C
A5	۶/۷۱	E	AB	۶/۱۴	E
B1	۷/۷۱	F			



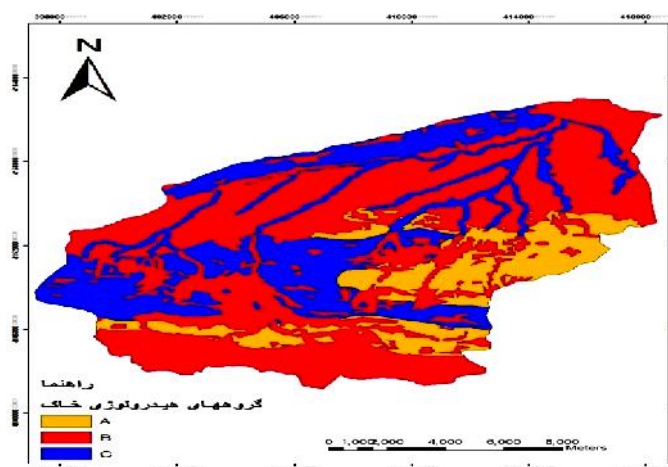
شکل ۴- اولویت بندی زیرحوزه‌ها بر اساس پارامترهای مورفومتری

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 عمدتاً 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).

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



شکل ۵- طبقه‌بندی مقادیر شیب حوزه لهنذر



شکل ۶- گروه‌های هیدرولوژیکی خاک حوزه آبخیز لهنذر

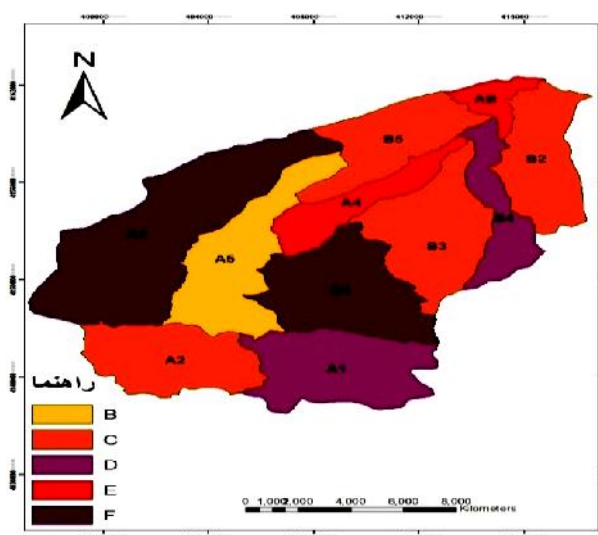
اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها با استفاده از آنالیز مورفومتری، فنون سنجش از دور ۱۰

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 تعیین اولویت در هر زیرحوزه

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

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 زیرحوزه‌ها بر اساس شاخص رسوب سالانه می‌باشد.



شکل ۷- اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز لهندر بر اساس شاخص SYI

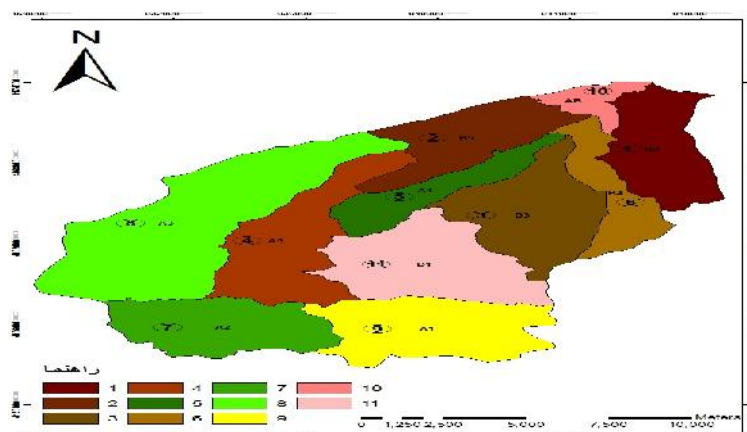
با استفاده از جدول ۶ که حاصل تلفیق هر دو شاخص بکار رفته در این تحقیق می‌باشد، اولویت نهایی و شرایط بحرانی هر زیرحوزه مشخص گردید. و در نهایت نقشه اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها در شکل ۸ آورده شده است.

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

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.

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



شکل ۸- نقشه تلفیقی و نهایی اولویت زیرحوزه‌های آبخیز لهندر

پژوهش حاضر با هدف تعیین اولویت هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز لهندر و شناسایی مناطق بحرانی به منظور 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

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.

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.

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.

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, Gujarat using RS and GIS Techniques. *Journal of the Indian society of Remote Sensing*, 35 pp.

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

Mohammad Amani¹ and Ali Najafinejad²

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 km² 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