

## ارزیابی خطر فراسایش خاک با استفاده از مدل منطق فازی در حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار

**عقیل مددی:** دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی ادبیات، دانشگاه محقق اردبیلی

**ایمانعلی بلواسی\***: دانشجوی دکتری گروه ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی ادبیات، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ پذیرش: (۱۳۹۷/۸/۱۳)

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۷)

### چکیده

فراسایش یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در هدر رفت منابع ارضی است. آگاهی از میزان خطر فراسایش، امکان شناسایی نواحی بحرانی و اولویت‌بندی برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی را فراهم می‌سازد. هدف از این پژوهش، ارزیابی خطر فراسایش خاک با استفاده از مدل منطق فازی، فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار است. بدین منظور، ابتدا داده‌های ۷ پارامتر تأثیرگذار در فراسایش خاک شامل شب، جهت شب، لیتوژوئی، کاربری اراضی، بارش، خاک و آبراهه در محیط GIS آماده شد. برای تهیه‌ی نقشه‌ی خطر فراسایش با مدل منطق فازی از اپراتورهای عملگر اجتماع فازی (Fuzzy OR)، اشتراک فازی (Fuzzy AND) و ضرب جبری فازی (Fuzzy Algebraic Product)، جمع جبری فازی (Fuzzy Algebraic Sum) و گاما فازی (Fuzzy Gamma) استفاده شد. برای ارزیابی و اعتبارسنجی نتایج حاصل از عملگرهای مدل منطق فازی، طی بررسی میدانی موقعیت ۹۰ نقطه از نقاط دارای فراسایش با استفاده از دستگاه GPS مشخص و این نقاط با نقشه‌ی نهایی فراسایش انطباق داده شد. ارزیابی نتایج به دست آمده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که عملگر گاما فازی ۰/۹ با ضریب کاپا ۰/۸۳، در پهنه‌بندی خطر فراسایش خاک در حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار دقت بسیار خوبی دارد. بر اساس پهنه‌بندی صورت گرفته با استفاده از عملگر گاما فازی ۰/۹، به ترتیب ۵/۵۹، ۳۷/۳۱، ۹۸/۱۷ و ۴۴/۶ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های فراسایش خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است.

**واژگان کلیدی:** سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار، فراسایش، مدل منطق فازی.

### ۱- مقدمه

فراسایش خاک فرایندی است که در طی آن، خاک از بستر اصلی خود جدا و به کمک عاملی انتقال‌دهنده به مکان دیگری حمل می‌شود (parlak, 2007). این مخاطره یکی از مسائل و مشکلات جدی حوضه‌های آبریز ایران محسوب می‌شود و می‌توان از آن به عنوان یکی از مهم‌ترین موانع دستیابی به توسعه‌ی پایدار کشاورزی و منابع طبیعی نام برد (Erfanian et al, 2013). این پدیده به از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، کاهش حاصلخیزی خاک و اثرات منفی زیست‌محیطی منجر می‌شود و تهدیدی بسیار مهم در تولید پایدار محصولات کشاورزی است (Naderi et al, 2010). فراسایش، نتیجه و حاصل اثر متقابل مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی است که بر حسب شرایط خاص منطقه، یک یا چند عامل به عنوان عوامل اصلی و تعیین‌کننده عمل می‌کند (Mehregan, 2006). به طور کلی، فراسایش پدیده‌ای طبیعی است که فعالیت‌های انسانی می‌تواند آن را تشدید کند. شواهد تاریخی بیانگر آن است که فراسایش و تخریب خاک،

سقوط و نابودی تمدن‌های بشری را در پی داشته‌است (Noahgar and Kazemi, 2013). آگاهی از میزان فرسایش حوضه‌های آبریز، امکان مقایسه‌ی این حوضه‌ها، شناسایی حوضه‌های بحرانی و اجرای طرح‌های آبخیزداری را فراهم می‌سازد. برای تهیه و جمع آوری اطلاعات از میزان فرسایش و تخریب اراضی، به پنهان‌بندی فرسایش اراضی نیاز می‌باشد (Naderi et al, 2010). فرایندهای فرسایش به متغیرهای اقلیمی و زیستمحیطی مختلف بستگی دارد؛ مانند زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، پستی و بلندی، شبکه زهکشی طبیعی و شرایط آب و هوایی (Vrieling and Sterk, 2002). ارزیابی این خطر نیز یکی از روش‌های ارزیابی منابع اراضی به شمار می‌رود که هدف از آن، تعیین و مشخص کردن اراضی است که هدر رفت خاک در آنها زیاد بوده، یا خطر فرسایش آنها را تهدید می‌کند (parlak, 2007). پنهان‌بندی محدوده‌های دارای فرسایش خاک، مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی یکی از ابزارهای مهم در تحلیل‌های جغرافیایی است که می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند پنهان‌بندی خطر فرسایش خاک اینا کند.

با توجه به اهمیت فرسایش خاک، مطالعات فراوانی در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. اویارزون در یکی از حوضه‌های آبریز ترکیه پژوهشی انجام داد. این محقق مقدار نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری متأثر از آن را مورد بررسی قرار داد. نتیجه این مطالعه نشان داد مقدار نفوذپذیری در کاربری‌های جنگل به ترتیب حدود ۲/۸ و ۰/۹ میلی‌متر در ساعت تغییر کرده که مقدار فرسایش‌پذیری ناشی از آنها نیز به ترتیب حدود ۰/۰۰۱ و ۰/۰۷۳ افزایش یافته‌است (Oyarzun, 1995). رفاهی و همکاران با استفاده از مدل MPSIAC، فناوری سنجش از دور و GIS، میزان رسوب سالانه‌ی حوضه‌ی آبخیز طالقان تهران را با دقت ۹۸/۳ درصد رسوب مشاهده‌ای برآورد کرده‌اند (Rafahi, 2000).

Mati و همکاران (۲۰۰۰)، نقشه‌ی خطر فرسایش خاک را در حوضه‌ی آبخیز نیگرو در کشور کنیا با استفاده از مدل USLE تهیه کردند. بر اساس این تحقیق، ۳۶ درصد از حوضه خطر فرسایش زیاد دارد که بخش زیادی از این اراضی، جزء اراضی مرتعی با چرای بی‌رویه است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که کاربری اراضی و مدیریت نسبت به توپوگرافی، بیشترین تأثیر را بر فرسایش خاک دارد. Millington (2002) در مطالعه‌ای در سیرالئون با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر اساس چهار عامل هواشناسی، خاک‌شناسی، توپوگرافی و میزان انتقال رسوبات توسط نهرها به تهیه‌ی نقشه‌ی خطر فرسایش پرداخت. نتایج این تحقیق نشان داد ارزیابی خطر فرسایش در مناطق مرطوب و با مقیاس کوچک، نیازمند بررسی فرسایش سطحی، زیرسطحی و جریان توده‌ای است.

Mezosi و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای در منطقه‌ی ماترا، شدت فرسایش خاک را با استفاده از تصاویر لندست سنجنده TM تعیین کردند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روش‌های سنجش از دور برای برآورد فرسایش خاک کافی نبوده است و باید همراه با آن از اندازه‌گیری‌های میدانی استفاده شود. Hadda و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی در منطقه‌ی پنجاب هند، نقشه‌ی خطر فرسایش خاک را با استفاده از شاخص‌های فرسایندگی، قدرت تخریبی باران، فرسایش‌پذیری خاک و نقشه‌های فرسایش تهیه کردند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مناطق دارای خطر فرسایش زیاد، در شیب‌های تند و فاقد پوشش گیاهی قرار دارد. Naderi و همکاران (۲۰۱۰)، فرسایش خاک را در حوضه‌ی آبخیز آسمان‌آباد ایلام پنهان‌بندی کردند. در این پژوهش، از روش شاخص فرسایش در محیط سیستم

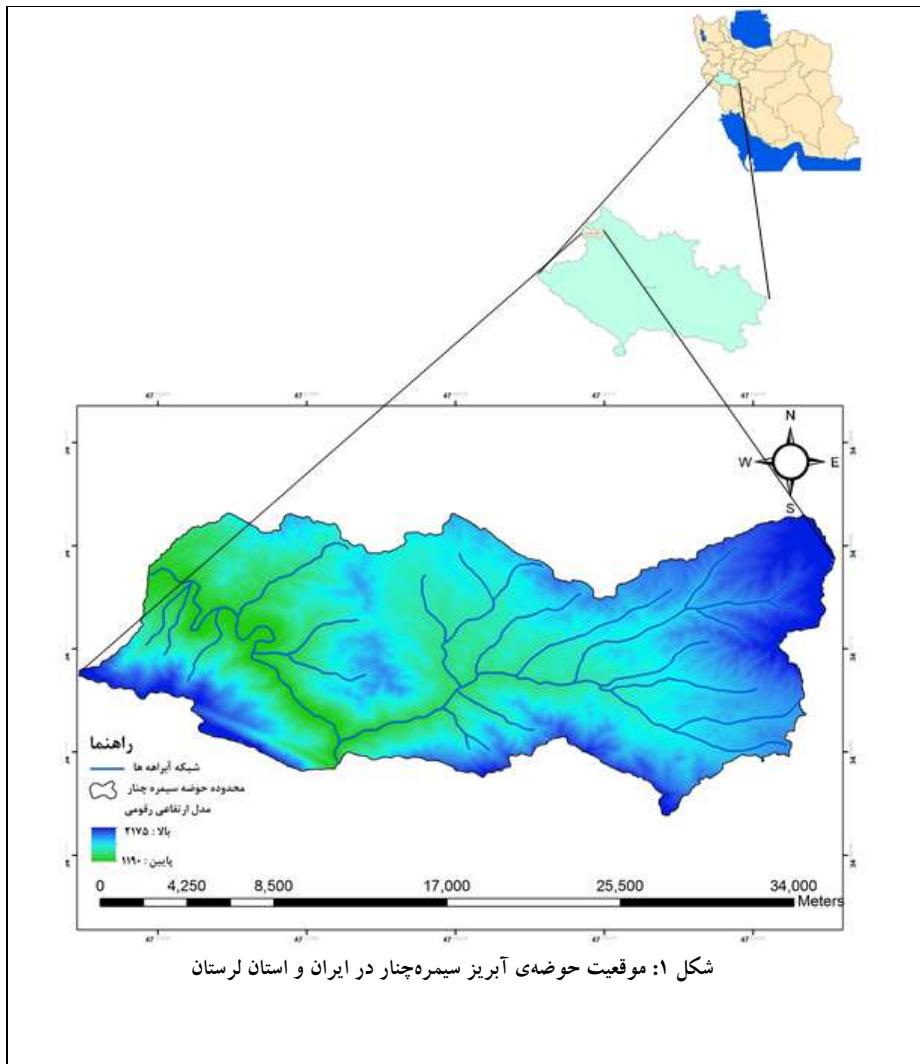
اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. Noahgar و کاظمی (۲۰۱۳)، خطر فرسایش آبی را در حوضه‌ی آبخیز تنگ-بستانک شیراز، با استفاده از مدل ICONA بررسی کردند. Erfanian و همکاران (۲۰۱۳)، نقشه‌ی خطر فرسایش خاک را با استفاده از منطق فازی برای حوضه‌ی قرناوه گلستان تهیه کردند. در این تحقیق از سه عامل اصلی مؤثر در فرسایش آبی خاک شامل شب، فرسایندگی باران و فرسایش‌پذیری خاک استفاده شده است. Farooq Iqbal و احمد خان (۲۰۱۴)، اثرات تغییر کاربری اراضی را بر فرسایش خاک در منطقه آزاد جامو و کشمیر پاکستان بررسی کردند. در این تحقیق، برای بررسی تغییرات کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM استفاده و نقشه‌ی فرسایش با استفاده از چهار عامل بارش، تپوپوگرافی، فرسایش‌پذیری خاک و کاربری اراضی تهیه شد. Asghari Sarascanrood و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی، فرسایش خاک را در حوضه‌ی آبریز دوآب لرستان با استفاده از مدل تحلیل شبکه و فناوری دورسنجی مورد مطالعه قرار دادند. این محقق و همکارانش در این مطالعه از ۸ عامل تأثیرگذار بر فرسایش استفاده کردند: شب، جهت شب، کاربری اراضی، لیتوژوژی، پوشش‌گیاهی، خاک، بارش و آبراهه. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات میدانی و برداشت‌های به دست آمده از GPS تطبیق داده شد.

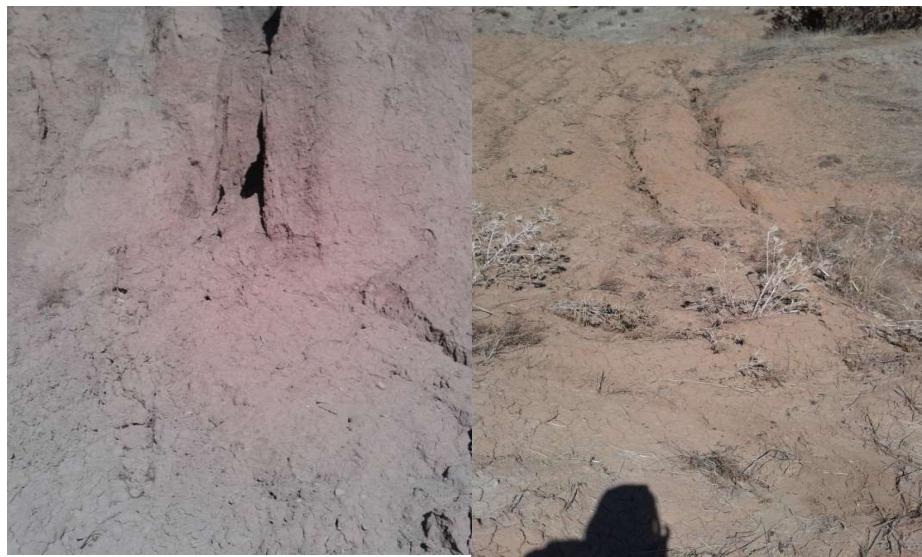
تخرب پوشش‌گیاهی به خصوص گونه‌ی گیاهی موسیر - که گونه‌ی غالب منطقه است - و قطع درختان و درختچه‌ها از جمله درختان بلوط و ارجن - که بیشترین مساحت جنگلهای منطقه را تشکیل می‌دهد - سبب شده خاک در مقابل فرسایش هیچ قدرتی نداشته باشد و در آن انواع فرسایش از شیاری گرفته تا خندقی و بدلتند ایجاد شود (شکل ۲). هدف از این پژوهش، استفاده از مدل منطق فازی در ارزیابی خطر فرسایش خاک با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، و با کمک گرفتن از مطالعات میدانی برای اعتبارسنجی نتایج (استفاده از داده‌های برداشت‌شده‌ی موقعیت مناطق فرسایشی با استفاده از GPS) در منطقه‌ی مورد مطالعه است.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز سیمره‌چنار جزئی از شهرستان دلفان محسوب می‌شود که با مساحت ۲۸۵/۴۲۲ کیلومتر مربع، در شمال‌غربی استان لرستان، در طول جغرافیایی ۱۲°، ۱۹°، ۴۷°، ۳۹°، ۳۶° تا ۲۴°، ۴°، ۲° تا ۱۲°، ۷° شمالي قرار گرفته است. این حوضه از شمال به شهرستان هرسین، از شرق و جنوب‌شرقی به شهرستان دلفان و از غرب و جنوب‌غربی به کرمانشاه محدود شده است (شکل ۱). این حوضه از نظر موقعیت زمین‌شناسی بخشی از زاگرس مرتفع است. تشکیلات زمین‌شناسی حوضه، مربوط به دوره‌ی تریاس فوقانی تا عهد حاضر بوده و عمدتاً از سنگ‌آهک تشکیل شده است. منطقه‌ی مورد مطالعه از لیتوژوژی متنوعی برخوردار است و این عامل یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش به شمار می‌رود. از ارتفاعات مهم منطقه نیز می‌توان به کوه‌های سیاه کمر و زرین کوه اشاره کرد که ناهمواری‌های غالب منطقه را تشکیل می‌دهد. این کوه‌ها با امتداد شمال‌غربی - جنوب‌شرقی، جزء رشته کوه‌های زاگرس به شمار می‌رود. حداکثر ارتفاع منطقه، ۲۱۷۵ و حداقل آن، ۱۱۹۰ متر است. این حوضه از زیر حوضه‌های فرعی رودخانه‌ی سیمره است که خود از شاخه‌های رودخانه‌ی کرخه به شمار می‌رود. آب و هوای منطقه‌ی مورد مطالعه از نوع مدیترانه‌ای، با زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است. اکثر بارندگی‌های منطقه ناشی از ورود جبهه‌های مرطوب مدیترانه‌ای است که از سمت غرب و شمال غرب به ایران وارد می‌شود، در برخورد با ارتفاعات زاگرس صعود می‌کند و سبب بارندگی می‌شود. بارندگی متوسط سالانه این حوضه ۵۴۱

میلی‌متر است. حدود ۸۶ درصد ریزش سالانه در ماه‌های آذر تا اردیبهشت مشاهده می‌شود. بارش برف نیز در اوخر دی و اوایل بهمن در حوضه حداکثر می‌باشد. ریزش‌ها در ارتفاع بیش از ۱۶۵۰ متر، عموماً به صورت برف است. دمای متوسط سالانه در محدوده ۹/۲ درجه‌ی سانتی‌گراد و افت دمای متوسط سالانه به ازای هر کیلومتر افزایش ارتفاع، ۹/۶ درجه‌ی سانتی‌گراد است (Meteorological Organization of Lorestan Province).





شکل ۲: تصاویری از فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش

در این پژوهش از نقشه‌های زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ رقومی سازمان جغرافیایی نیروی‌های مسلح، تصاویر ماهواره‌ی لندست ۸ گذر ۱۶۶ ردیف ۳۶ تاریخ ۱۶ آوریل ۲۰۱۷، و داده‌های اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه از جمله دما و بارش – که از سازمان هواشناسی استان لرستان تهیه شده‌است – استفاده شد. برای تهیه‌ی نقشه شیب، جهت شیب و استخراج آبراهه‌ها نیز از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متری منطقه مورد مطالعه استفاده شد. از نرم‌افزار ArcGIS نیز برای ایجاد پایگاه داده، تحلیل‌های مکانی – فضایی و در نهایت پیاده کردن مدل، و از نرم‌افزار ENVI برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. برای بررسی فرسایش خاک، با استفاده از مدل منطق فازی ۸ عامل شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، خاک، پوشش‌گیاهی، فاصله از آبراهه و بارش ارزیابی شد. سپس نقشه‌ی این عوامل با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه و برای پهن‌بندی استفاده شد. با بررسی‌های میدانی، موقعیت ۹۰ نقطه از نقاط دارای فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از دستگاه GPS ثبت و در نهایت، از این نقاط برای ارزیابی و اعتبارسنجی مدل منطق فازی استفاده شد.

منطق فازی منطقی چند مقداری است؛ یعنی پارامترها و متغیرهای آن، علاوه بر اختیار اعداد ۰ یا ۱ می‌توانند تمامی مقادیر بین این دو عدد را نیز اختیار کنند. تعلق هر عضو مجموعه‌ی مرجع به یک عضو زیر مجموعه‌ی خاص به صورت قطعی نیست؛ یعنی با قاطعیت نمی‌توان گفت که عضو موردنظر متعلق به این مجموعه هست یا نه. این فقدان قطعیت، با نسبت دادن یک عدد بین ۰ و ۱ به این عضو صورت می‌گیرد. اگر این عدد برابر صفر باشد، می‌توان با قطعیت گفت که عضو مورد بحث متعلق به آن مجموعه نبوده است و اگر این عدد ۱ باشد، می‌توان ادعا کرد که عضو مورد بحث متعلق به آن مجموعه است. به این ترتیب، می‌توان زیر مجموعه‌های یک مجموعه‌ی فازی را با نسبت دادن عده‌های ۰ و ۱ به هر عضو مجموعه بازنمایی کرد.

ثوری فازی شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌کند. به بیان لطفی‌زاده، برای مشخص شدن اعضای یک مجموعه می‌بایست تابع عضویت تعریف شود (Zhao, 1995). یکی

از اساسی‌ترین مباحث در تئوری فازی، بحث تابع عضویت و چگونگی تعریف آن است. اساس اختلاف روش‌های فازی با روش‌های دیگر، در تعریف تابع عضویت است. تابع عضویت را می‌توان درجه تعلق عناصر مجموعه‌ی مرجع به زیر مجموعه‌های آن دانست که به صورت  $(\mu_{\text{C}})^{\text{X}}$  نمایش داده می‌شود. در توابع مشخصه‌ی مجموعه‌های قاطع، باید در مورد تعلق یک عضو به مجموعه که یا صفر است یا یک تصمیم بگیریم؛ در حالی که توابع عضویت این امکان را به ما می‌دهد که میزان تعلق یا درجه را به صورت یک عدد حقیقی بین یک تا صفر انتخاب کنیم.

اپراتورهای مدل منطق فازی مشتمل بر عملگر اجتماع فازی، اشتراک فازی، ضرب جبری فازی، جمع جبری فازی و گاما فازی است و به صورت زیر تعریف می‌شود (Zeng and Singh, 1995):

**عملگر اجتماع فازی:** این عملگر اجتماع مجموعه‌های است؛ به این صورت که حداکثر درجه‌ی عضویت را استخراج می‌کند و در تعیین آسیب‌پذیری دقت بالایی ندارد. این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\text{Combination}} = \text{MAX} [\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots] \quad \text{رابطه ۱}$$

**عملگر اشتراک فازی:** این عملگر اشتراک مجموعه‌های است. به این صورت که حداقل درجه‌ی عضویت را استخراج می‌کند؛ یعنی در بین کلیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی، حداقل ارزش (وزن) هر پیکسل را استخراج می‌کند و در نقشه‌ی نهایی قابل توجه قرار می‌دهد. این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\text{combination}} = \text{MIN} [\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots] \quad \text{رابطه ۲}$$

**عملگر ضرب جبری فازی:** در این اپراتور، تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شود. به دلیل ماهیت اعداد بین صفر و یک که همان درجه عضویت اعضا در مجموعه فازی است، این اپراتور باعث می‌شود اعداد در نقشه‌ی خروجی کوچک‌تر و به سمت صفر متمايل شود. در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس خیلی بالا قرار می‌گیرد؛ به همین دلیل، این اپراتور در مکانیابی حساسیت بالایی دارد. این عملگر به صورت رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\text{Combination}} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad \text{رابطه ۳}$$

**عملگر جمع جبر فازی:** این اپراتور مکمل حاصل ضرب جبری است؛ به همین دلیل در نقشه‌ی خروجی برخلاف اپراتور ضرب جبری فازی، ارزش پیکسل‌ها به سمت یک متمايل می‌شود. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی بالا قرار می‌گیرد. این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\text{Combination}} = \prod_{i=1}^n i(1 - \mu) \quad \text{رابطه ۴}$$

**عملگر گاما فازی:** این عملگر بر حسب حاصل ضرب جبر فازی و حاصل جمع جبری فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{\text{Combination}} = (\text{Fuzzy A lg . Sum})^{0^y} * (\text{Fuzzy A lg . Pr oduct})^{0^{1-y}} \quad \text{رابطه ۵}$$

که در آن،  $y$  پارامتر انتخاب شده در محدوده‌ی (۰ و ۱) است. وقتی  $y$  برابر ۱ باشد، ترکیب همان جمع جبری فازی خواهد بود و وقتی  $y=0$  باشد، ترکیب اصلی برابر با حاصل ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح و آگاهانه‌ی  $y$  بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که سازگاری انعطاف‌پذیری را میان گرایش‌های کاهشی و افزایشی دو عملگر جمع و ضرب فازی نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از این عملگر نسبت به سایر عملگرهای از دقت بیشتری برخوردار است.

ذکر این امر لازم است که دقت مدل مورد استفاده در بررسی حاضر، می‌تواند با استفاده از ضریب آماری کاپا ارزیابی شود. ضریب کاپا یک تکنیک ناپیوسته‌ی چند متغیره برای ارزیابی صحت است و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

جدول ۱: ماتریس مشاهده‌ای و پیش‌بینی

		Positive	Negative
Positive	a	B	
Negative	c	D	

$a$ : تعداد نقاطی که هم در مشاهده و هم در پیش‌بینی به عنوان نقاط لغزشی است.  $b$ : تعداد نقاطی که در مشاهده، نقاط لغزشی و در پیش‌بینی به عنوان نقاط غیرلغزشی است.  $c$ : تعداد نقاطی که در مشاهده، نقاط غیرلغزشی و در پیش‌بینی به عنوان نقاط لغزشی است.  $d$ : تعداد نقاطی که هم در مشاهده و هم در پیش‌بینی به عنوان نقاط غیرلغزشی است.

مقدار ضریب کاپا را از روابط زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{KAPPA Coefficient} = \frac{\text{Observed Agreement} - \text{Expected Agreement}}{1 - \text{Expected Agreement}} \quad \text{رابطه‌ی ۶}$$

$$\text{observed Agreement} = \frac{a+d}{a+b+c+d} \quad \text{رابطه‌ی ۷}$$

$$\text{Expected Agreement} = \left( \frac{a+c}{N} * \frac{a+b}{N} \right) + \left( \frac{b+d}{N} * \frac{c+d}{N} \right) \quad \text{رابطه‌ی ۸}$$

پس از محاسبه‌ی ضریب کاپا اگر مقدار آن بین ۰ تا ۲۰ درصد باشد، بین مشاهده و پیش‌بینی توافقی وجود ندارد، بین ۲۰ تا ۴۰ درصد توافق ناچیز، بین ۴۰ تا ۶۰ درصد توافق متوسط، بین ۶۰ تا ۸۰ درصد توافق خوب و اگر ضریب کاپا بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، توافق بین مشاهده و پیش‌بینی عالی خواهد بود.

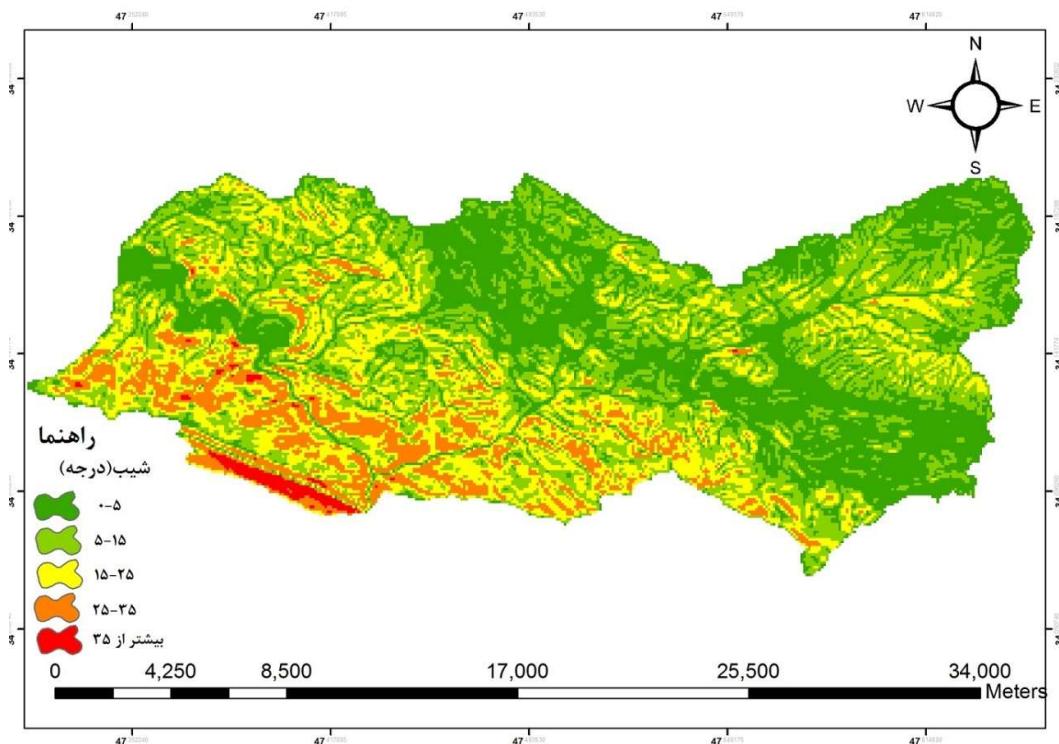
#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

برای انجام این مطالعه ابتدا با استفاده از مدل منطق فازی، پایگاه داده شامل لایه‌های شیب، جهت شیب، سنگ‌شناصی (لیتولوژی)، کاربری اراضی، پوشش‌گیاهی، بارش، خاک و آبراهه، تشکیل و داده‌ها در قالب مدل‌های رستری و برداری تولید شد. سپس با پردازش داده‌ها، نقشه‌های موردنیاز به دست آمد.

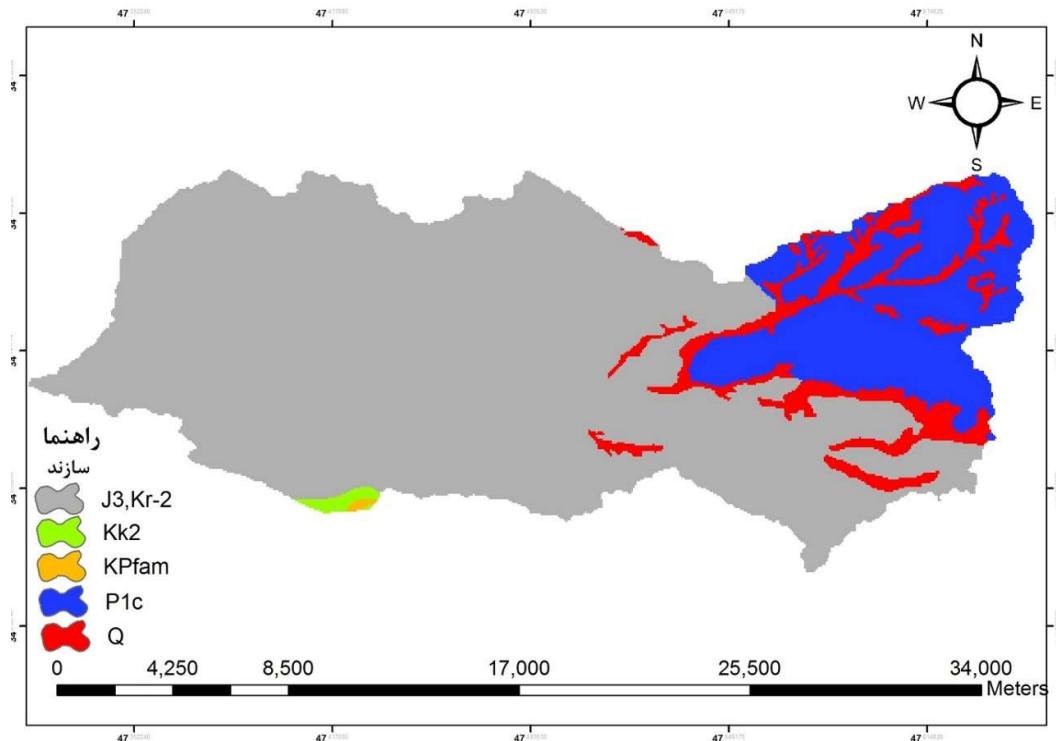
شیب: یکی از عوامل اصلی فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوضه‌ی آبریز، شیب زمین است. در شیب‌های تند با طول زیاد به دلیل افزایش سرعت و مقدار روانآب و همچنین افزایش نقش قطرات باران، فرسایش معمولاً افزایش

می‌یابد. در این پژوهش برای تهیه‌ی نقشه‌ی شیب، از مدل ارتفاعی رقومی منطقه‌ی مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد (شکل ۳).

**سنگ‌شناصی:** شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی سطحی حوضه‌ی آبریز برای ارزیابی فرسایش و رسوب اهمیت ویژه‌ای دارد. سنگ‌های سست و نرم معمولاً به سادگی فرسوده می‌شوند و نقش مهمی در تولید رسوب بر عهده دارند. برای تهیه‌ی لایه‌ی سنگ‌شناصی منطقه‌ی مورد مطالعه، از نقشه‌ی زمین‌شناسی به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی استان لرستان استفاده شد (شکل ۴).



شکل ۳: نقشه‌ی شیب منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۴: نقشه‌ی سنگ‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه

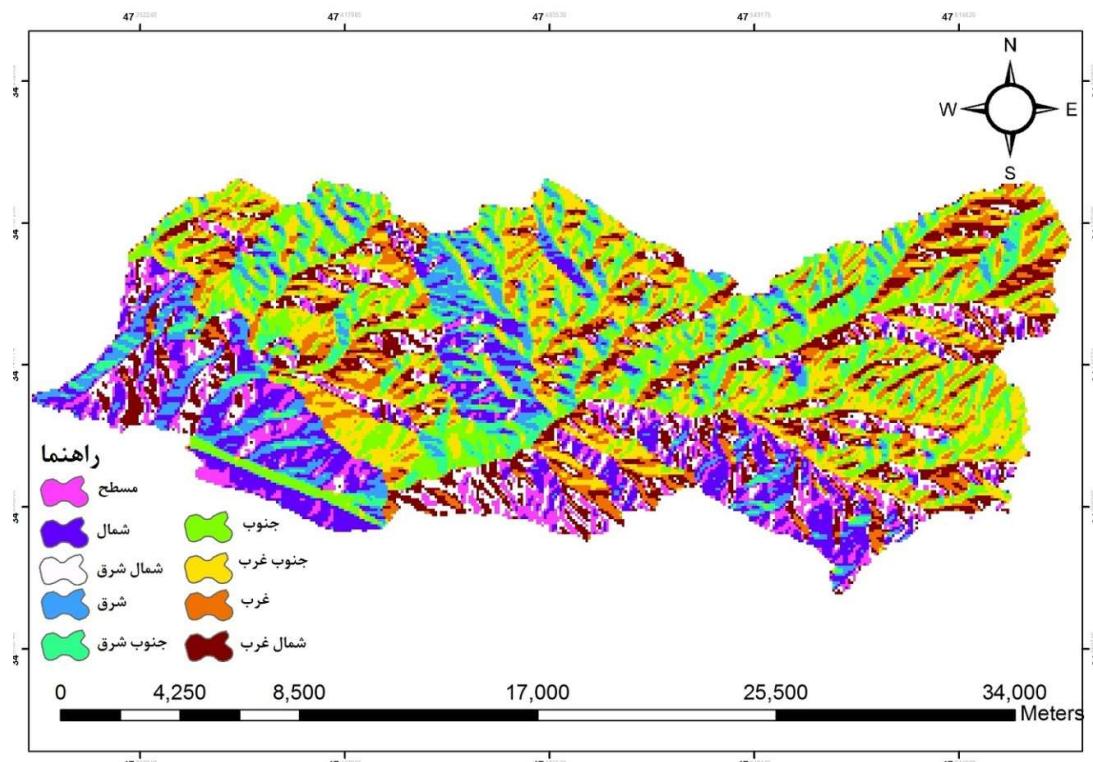
**جهت شیب دامنه:** جهت شیب تأثیر متفاوت نور آفتاب، بادهای گرم و خشک و بارش در جهت‌های مختلف را نشان می‌دهد (Komac, 2006). در این پژوهش برای نشان دادن ارتباط بین جهت شیب و فرسایش‌های رخ داده، و با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده‌ی فرسایش، نقشه‌ی جهت شیب برای منطقه‌ی مورد مطالعه در ۹ کلاس شمال، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب، شمال غرب و مناطق مسطح طبقه‌بندی شد (شکل ۵).

**کاربری اراضی:** مطالعه‌ی نوع پوشش گیاهی زمین و کاربرد آن در مصارف کشاورزی، صنعتی و عمرانی، در امر بررسی فرسایش دامنه‌ها بسیار مهم است. فعالیت‌های انسان از زمانی که به بهره‌برداری از زمین پرداخت، در جهت تشدید فرسایش بود و میزان این فرسایش با بهره‌برداری بیشتر افزایش خواهد یافت. به طور کلی، هر استفاده‌ای که درصد پوشش زمین را بر روی یک شیب کاهش دهد، به شدت بر فرسایش و تولید رسوب اثر می‌گذارد. با توجه به پوشش گیاهی و نوع کاربری، زمین‌های حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنان طبقه‌بندی شد. مبنای این طبقه‌بندی مطالعاتی بود که در سازمان منابع طبیعی استان لرستان انجام شده است (شکل ۶).

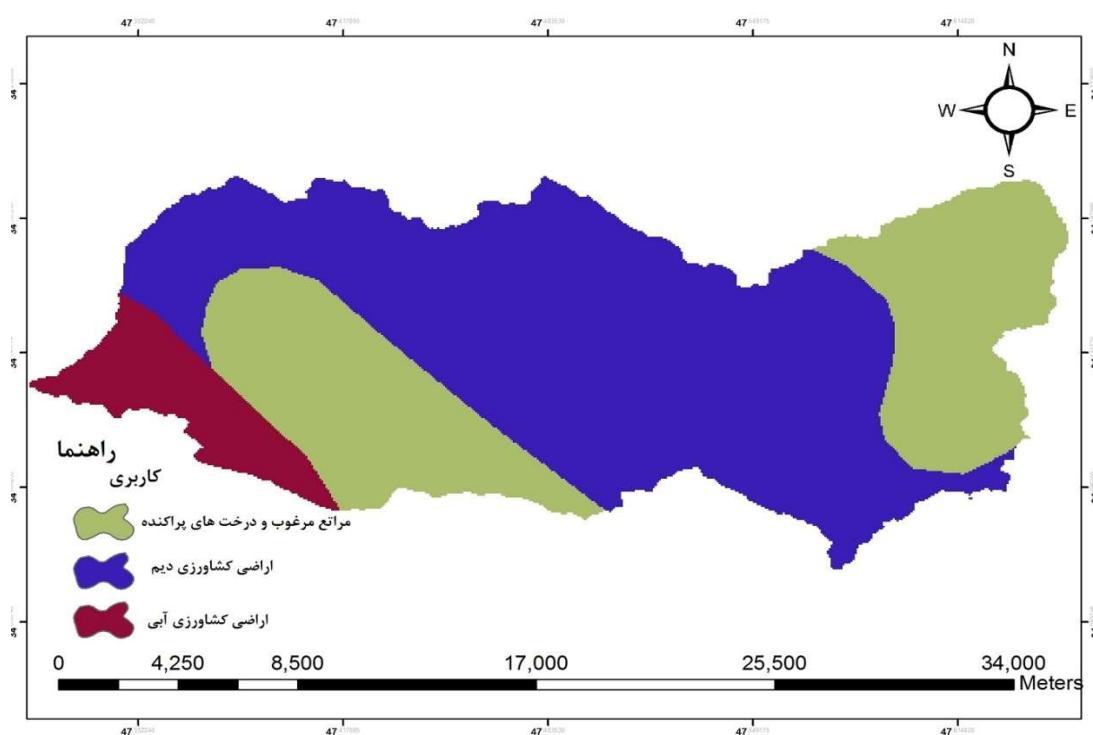
**خاک:** فرسایش حاصل از ضربه‌ی قطرات باران بر سطح خاک، با شدت بارندگی و انرژی جنبشی آن رابطه‌ی مستقیم دارد و با میزان رس موجود در خاک، رابطه‌ی معکوس. نیروی چسبندگی بین ذرات رس به افزایش پایداری خاک منجر می‌شود و در نتیجه از میزان فرسایش و تولید رسوب می‌کاهد. برای تهیه‌ی لایه‌ی خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه، از مطالعات سازمان زمین‌شناسی استان لرستان استفاده شد (شکل ۷).

**فاصله از آبراهه:** برای تهیه‌ی نقشه‌ی فاصله از آبراهه، شبکه‌ی آبراهه از روی نقشه‌ی توپوگرافی مشخص و در محیط نرم‌افزار ArcGIS رقومی شد. سپس نقشه‌ی فاصله از آبراهه به ۵ کلاس تقسیم و برای ارتباط بین فرسایش خاک و

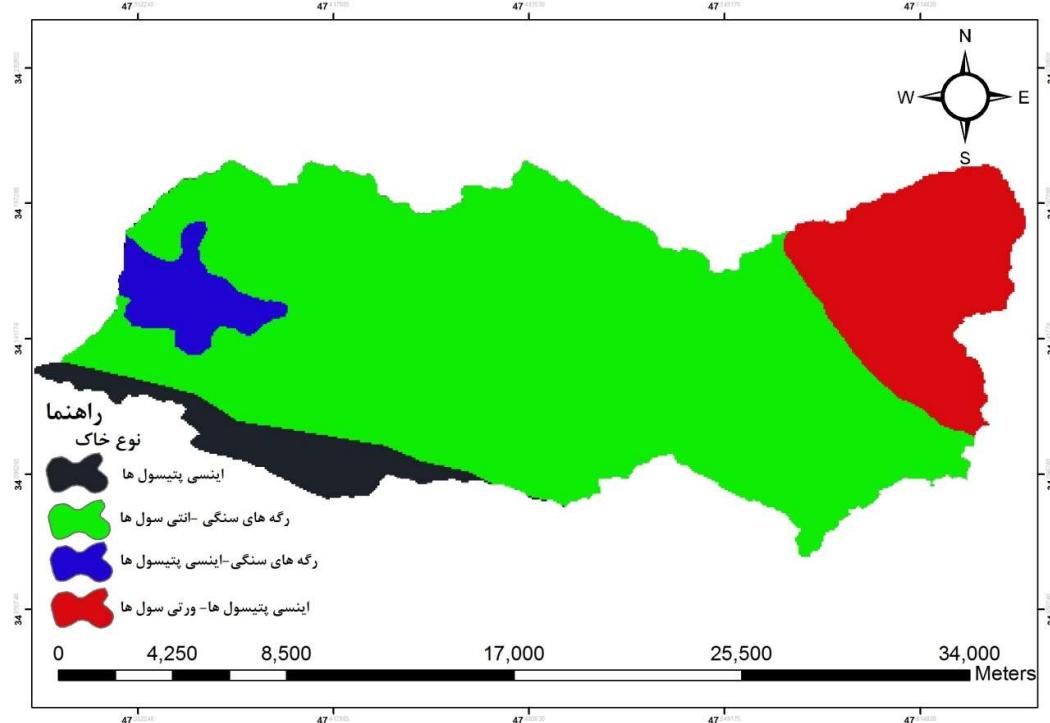
فاصله از آبراهه به کار برده شد (شکل ۸).



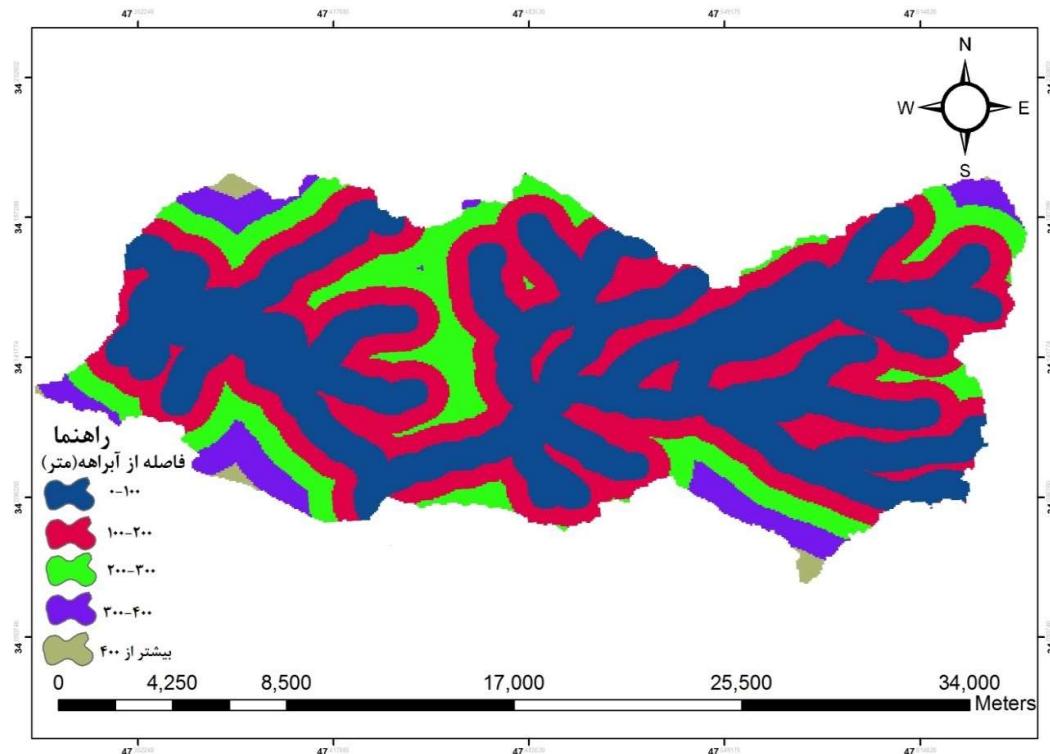
شکل ۵: نقشه‌ی جهت شب منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۶: نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۷: نقشه خاک منطقه مورد مطالعه



شکل ۸: نقشه فاصله از آبراهه‌ی منطقه مورد مطالعه

**بارش:** از میان عناصر تشکیل دهنده‌ی آب و هوا، بارش و درجه‌ی حرارت بیشترین تأثیر را بر فرسایش دارد. کاهش پارامترهای مقاومتی خاک، خود فرسایش آن را افزایش می‌دهد. مقدار و شدت بارندگی در میزان رواناب و در

نتیجه در میزان فرسایش مؤثر است. برای بررسی بارش، داده‌های اقلیمی مربوط به ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجدی‌های استان لرستان از اداره‌ی هواشناسی این استان تهیه شد. سپس برای تهیه‌ی لایه‌ی هم‌بارش، تجزیه و تحلیل این داده‌ها در نرم‌افزار Excel صورت گرفت. در مناطق کوهستانی، بارش از ارتفاع تأثیر می‌پذیرد. در منطقه‌ی مورد مطالعه نیز به علت کوهستانی بودن و کمبود تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجدی، رابطه‌ای بین ارتفاع و میزان بارندگی در ایستگاه‌های موجود به دست آمد که با استفاده از این رابطه، نقشه‌ی هم‌بارش حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار تهیه شد (شکل ۹).

$$p = 0.1035 \times h + 402.62$$

رابطه‌ی ۹

$P$ : مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر،  $h$ : ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر است.

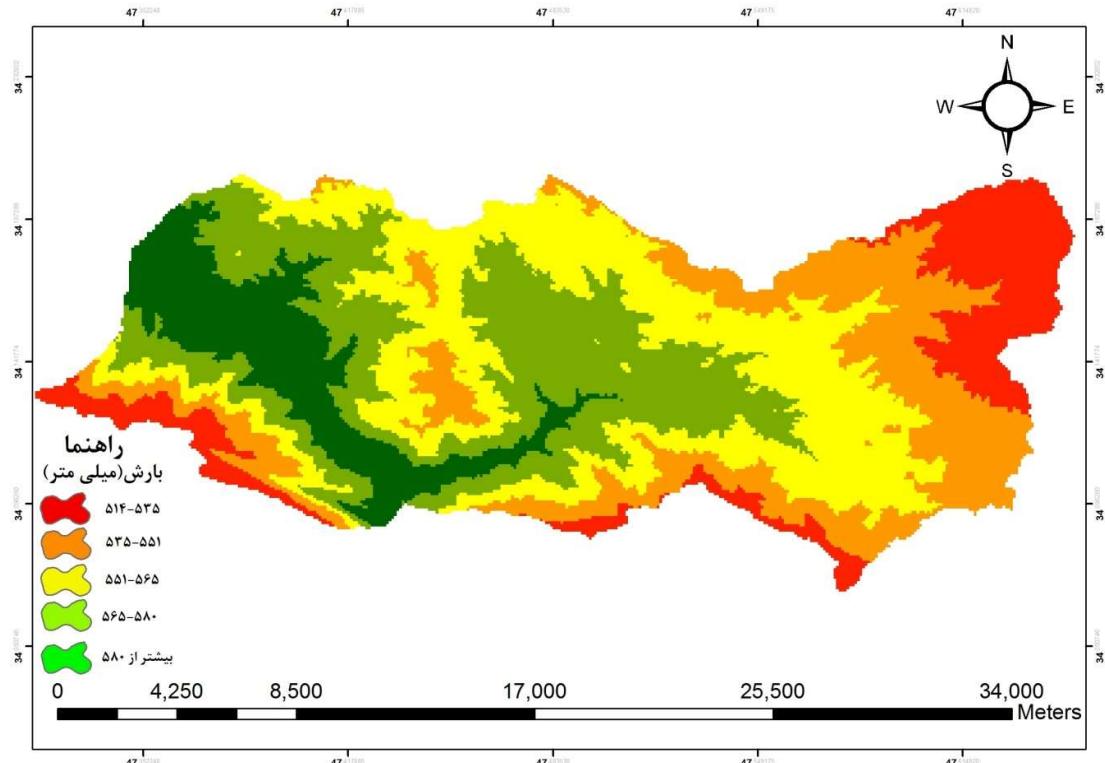
**نقاط دارای فرسایش:** برای اعتبارسنجی نتایج، موقعیت ۹۰ نقطه از نقاط دارای فرسایش در بررسی‌های میدانی، با استفاده از دستگاه GPS مشخص و این نقاط با نقشه‌های نهایی فرسایش انطباق داده شد (شکل ۱۰).

در ادامه بر اساس عملگرهای فازی، همپوشانی نقشه‌ها انجام شد و نقشه‌های پهن‌بندی فرسایش خاک بر اساس این عملگرها به دست آمد. عملگر اجتماع فازی اجتماع مجموعه‌هاست. نقشه‌ی حاصل از این عملگر، حداکثر درجه‌ی عضویت اعضا را تولید کرد؛ به همین دلیل، در تعیین فرسایش دقت بالایی نداشت (شکل ۱۱).

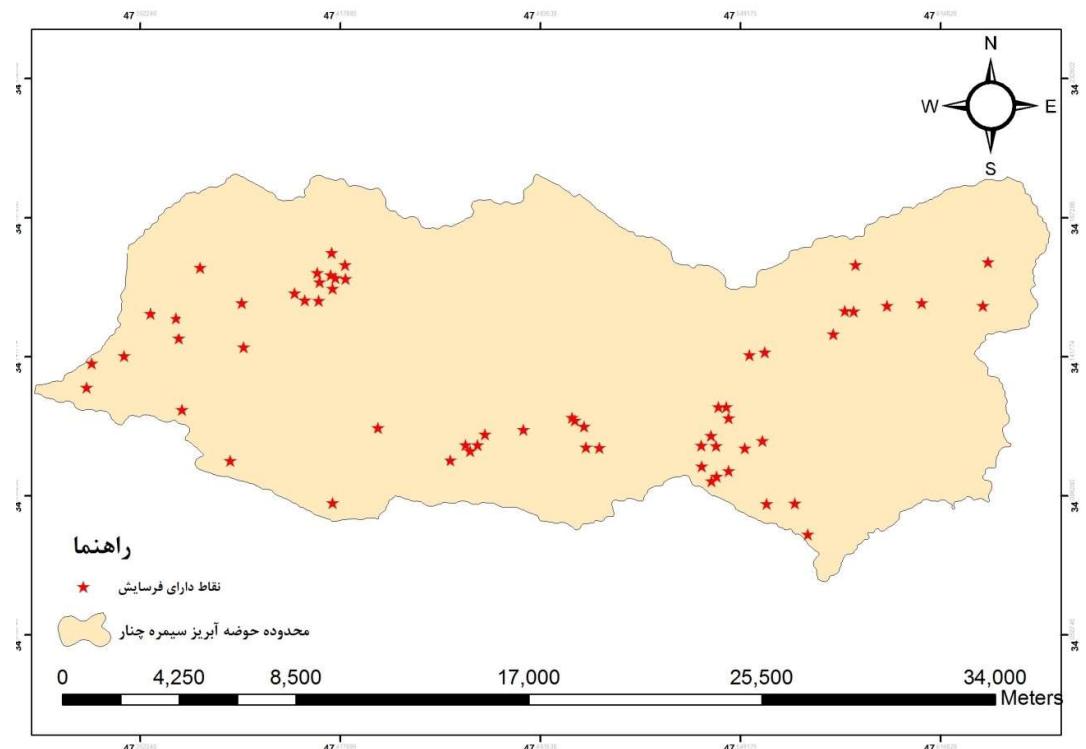
عملگر اشتراک فازی اشتراک مجموعه‌هاست. این عملگر، حداقل درجه‌ی عضویت‌ها را استخراج کرد. نتایج به دست آمده از این عملگر، در طبقه‌های با خطر پایین قرار گرفت (شکل ۱۲).

در نقشه‌ی خروجی به دست آمده از عملگر ضرب جبری فازی، اعداد کوچک‌تر و به سمت صفر نزدیک می‌شود. این عملگر، حساسیت بالایی در مکان‌یابی دارد (شکل ۱۳).

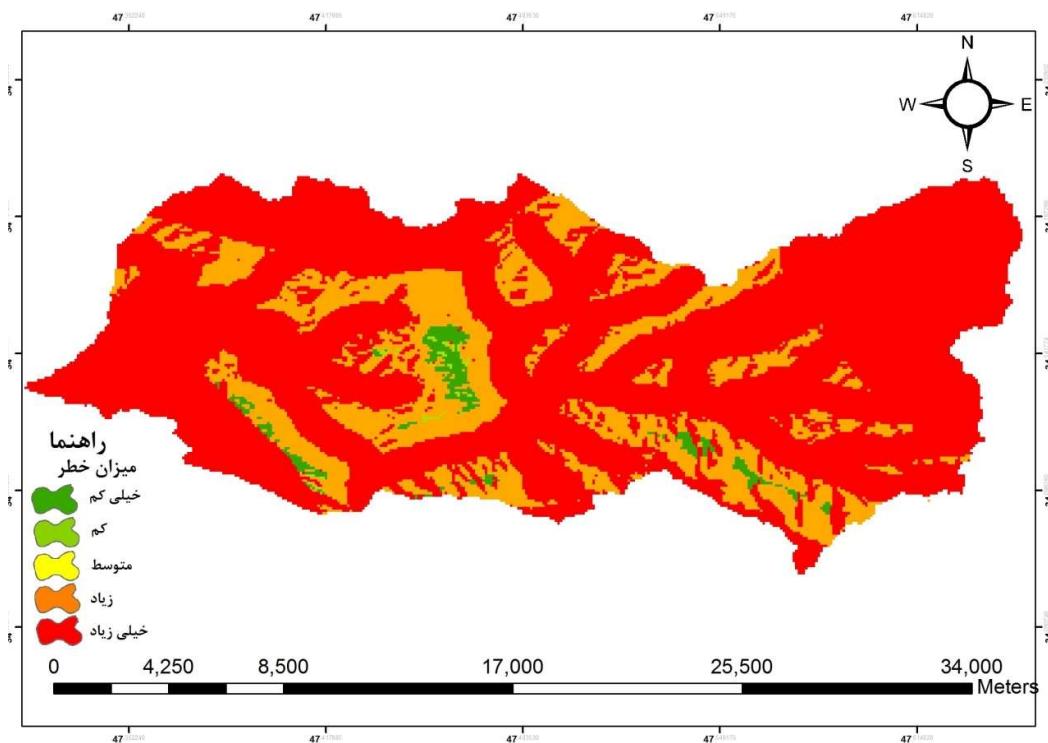
عملگر جمع جبر فازی مکمل اپراتور ضرب جبری است؛ بدین دلیل در نقشه‌ی خروجی برخلاف اپراتور ضرب جبری فازی، ارزش پیکسل‌ها به سمت حداکثر نزدیک می‌شود. در نقشه‌ی خروجی حاصل از این عملگر، پیکسل‌ها به سمت حداکثر (خطر خیلی زیاد) نزدیک می‌شود (شکل ۱۴).



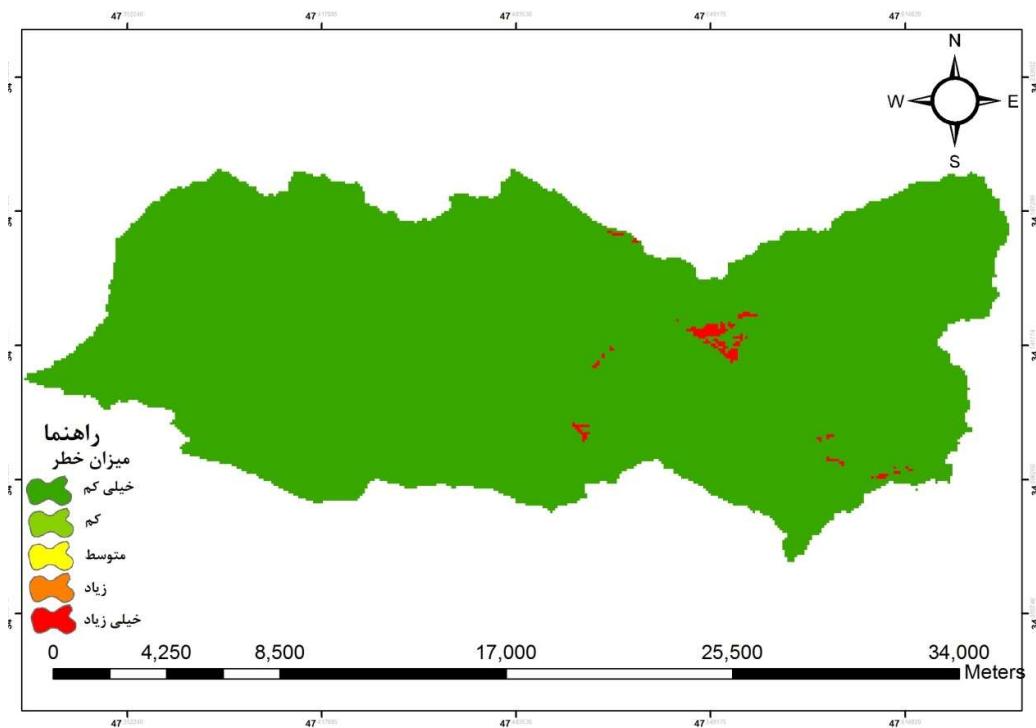
شکل ۹: نقشه‌ی بارش منطقه‌ی مورد مطالعه



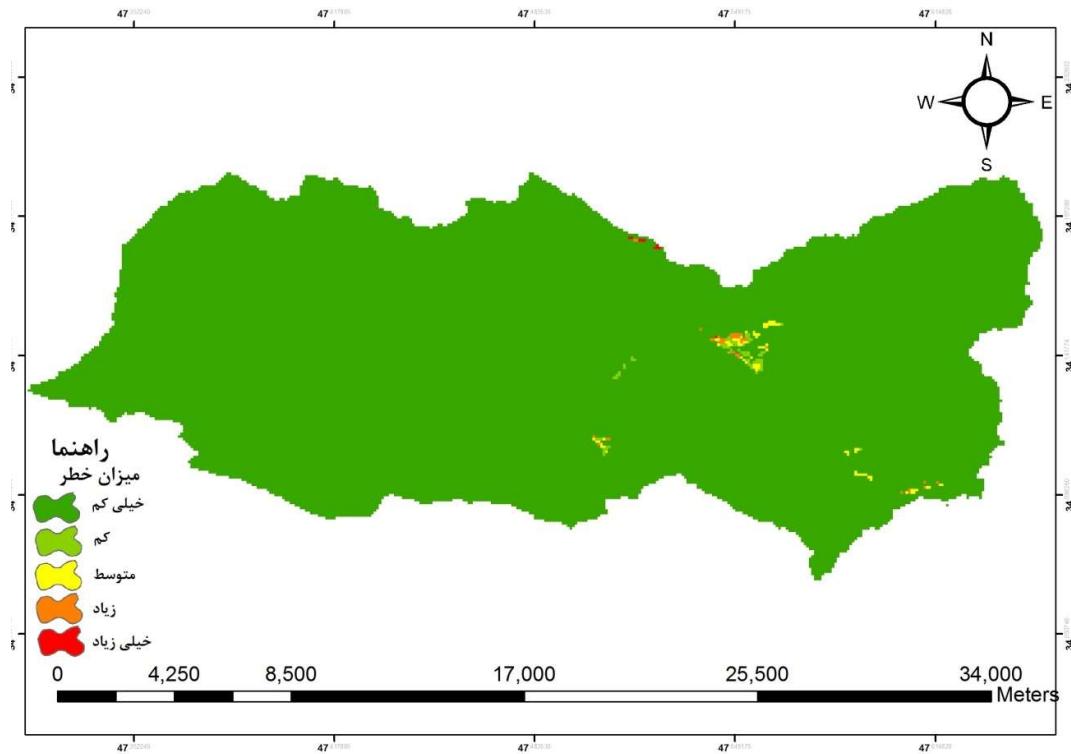
شکل ۱۰: نقشه‌ی پراکنش نقاط دارای فرسایش منطقه‌ی مورد مطالعه (برداشت با GPS)



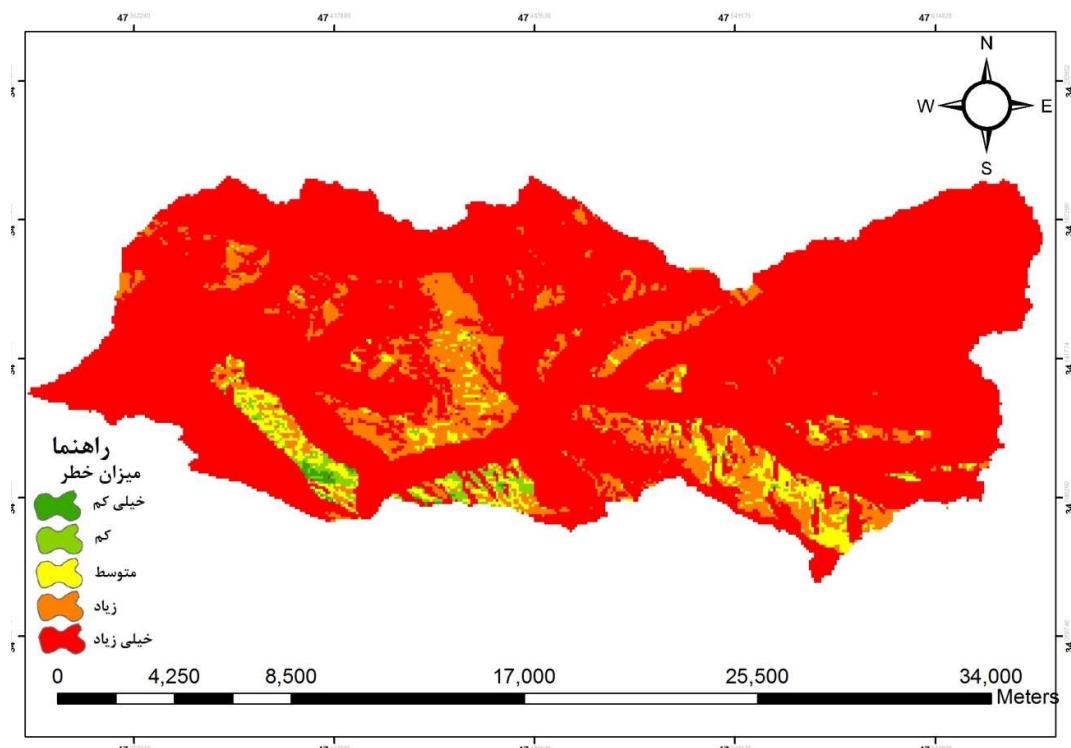
شکل ۱۱: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از عملگر اجتماع فازی



شکل ۱۲: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از عملگر اشتراک فازی

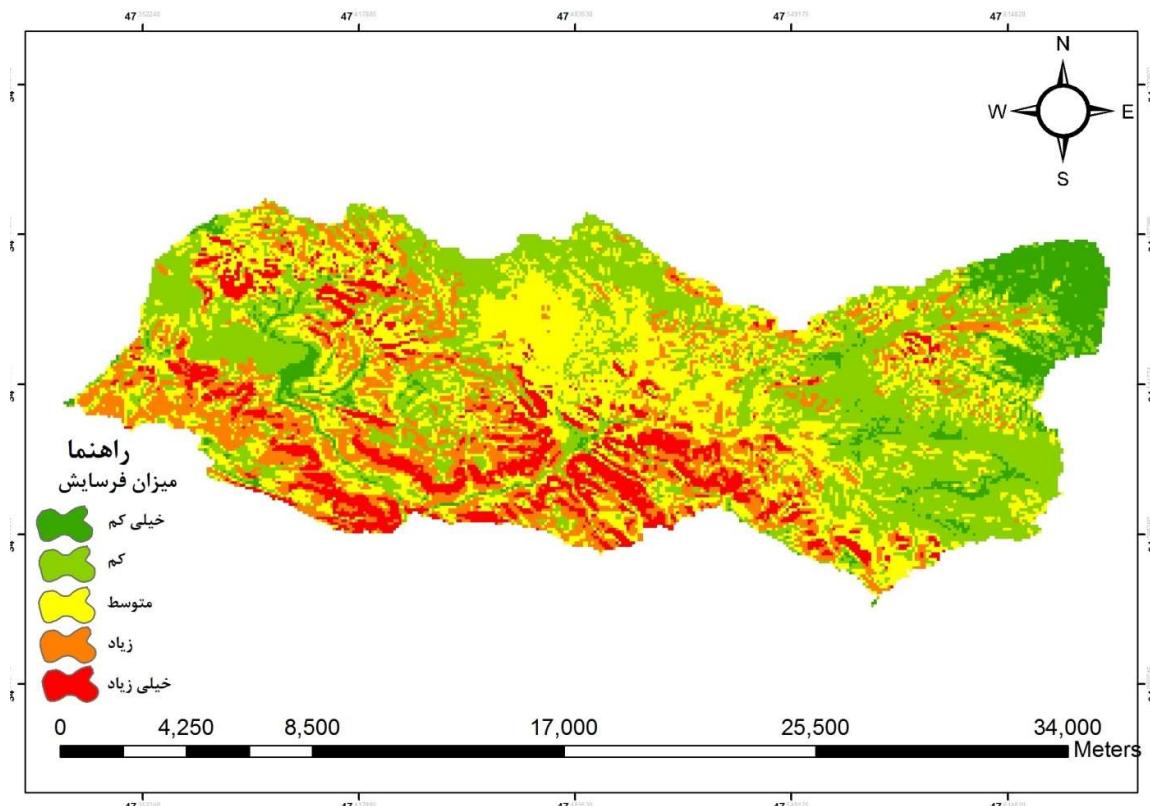


شکل ۱۳: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از عملگر ضرب جبری فازی



شکل ۱۴: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از عملگر جمع جبری فازی

در این پژوهش برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب جبری فازی و دقت خیلی کم عملگر جمع جبری فازی، از عملگر گاما فازی ۰/۹۸ استفاده شد. در نهایت، نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر فرسایش حاصل از عملگر گاما فازی ۰/۹۸، با اختلاف ۰/۲ به پنج پهنه‌ی فرسایشی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد (شکل ۱۵).



شکل ۱۵: نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش در حوضه‌ی آبریز سیمره‌چنار با استفاده از عملگر گامای فازی ۰/۹

بر اساس پهنه‌بندی صورت گرفته با استفاده از عملگر گاما فازی، به ترتیب ۱۶/۵۹، ۱۷/۹۸، ۲۷/۷۲، ۳۱/۳۷، ۶/۳۴ درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های فرسایش خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌است (جدول ۲).

جدول ۲: درصد مساحت هر یک از پهنه‌های فرسایشی در منطقه‌ی مورد مطالعه

درصد مساحت	کلاس‌های فرسایش
۱۶/۵۹	خیلی کم
۳۱/۳۷	کم
۲۷/۷۲	متوسط
۱۷/۹۸	زیاد
۶/۳۴	خیلی زیاد

در این تحقیق برای ارزیابی صحت نتیجه‌ی حاصل از مدل منطق فازی در بررسی فرسایش خاک، از ضریب آماری کاپا استفاده شده است. بدین منظور ابتدا ماتریس مشاهده و پیش‌بینی برای مدل منطق فازی تشکیل شد. سپس با استفاده

از روابط ۶ تا ۸، توافق مشاهده‌ای، توافق پیش‌بینی و ضریب کاپا محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳: ماتریس مشاهده و پیش‌بینی مدل منطق فازی

تعداد نقاط بدون فرسایش	تعداد نقاط فرسایش	تعداد نقاط فرسایش
تعداد نقاط فرسایش	۸۴	۶
تعداد نقاط بدون فرسایش	۱۱	۷۹

توافق مشاهده‌ای برای مدل منطق فازی ۰/۹۱، توافق پیش‌بینی شده ۰/۴۸ و ضریب کاپا ۰/۸۳ حاصل شد. از بین بردن پوشش گیاهی غالب منطقه به خصوص گونه‌ی گیاهی موسر - که ریشه‌ی افشار دارد و از فرسایش خاک به شدت جلوگیری می‌کند - قطع کردن درختان بلوط، سخم زدن در جهت شیب و تغییر کاربری‌های غیر مجاز، همه و همه بر شدت فرسایش در این منطقه افزوده‌اند (شکل ۱۶). به نظر می‌رسد برای جلوگیری از فرسایش خاک در منطقه‌ی مورد مطالعه، نیاز مبرمی به برنامه‌ریزی دقیق مشاهده می‌شود.



شکل ۱۶: تخریب پوشش گیاهی و جنگل در منطقه‌ی مورد مطالعه

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه به منظور ارزیابی فرسایش خاک با استفاده از مدل منطق فازی در حوضه‌ی آبریز سیمراه‌چنار انجام شد. برای بررسی میزان صحت نتایج حاصل از عملگرهای مدل منطق فازی، از نقاط دارای فرسایش - که در بررسی میدانی با استفاده از دستگاه GPS مشخص شد (شکل ۱۰) - استفاده شد. نتایج به دست آمده از ضریب آماری کاپا نشان می‌دهد که عملگر گامای فازی ۰/۹ با ضریب کاپای ۰/۸۳ در

پنهانه‌بندی فرسایش خاک در حوضه‌ی آبریز سیمره‌چنار دقیق بسیار خوبی دارد (جدول ۳). همچنین بازدیدهای صحراوی انجام شده، صحت این مطلب را تأیید می‌کند. براساس پنهانه‌بندی صورت گرفته با استفاده از عملگر گاما فازی، به ترتیب  $16/59$ ،  $31/37$ ،  $22/22$ ،  $17/18$ ،  $6/34$  درصد از مساحت منطقه در کلاس‌های فرسایش خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته است (جدول ۲).

بررسی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد مناطقی که دارای شبیه تند، پوشش گیاهی ضعیف، اراضی بایر، وجود سنگ‌های آهکی و دولومیتی است، فرسایش بسیار بیشتری دارد. این تیپ از فرسایش در شمال غرب، جنوب و جنوب غرب حوضه مورد مطالعه قرار دارد (شکل ۱۵). در قسمت جنوب و جنوب غرب منطقه به علت شبیه زیاد، کم بودن عمق خاک، چرای بی‌رویه دام‌ها، تخریب پوشش گیاهی و جنگل توسط اهالی منطقه (شکل ۱۶) و شخم زدن زمین‌ها در جهت شبیه، باعث فرسایش بیشتر شده است. در قسمت غرب، جنوب و مرکز حوزه فرسایش کمتر است؛ این امر به علت توپوگرافی ناهموار و در بعضی قسمت‌ها عمق کم خاک، دیم کاری غلات، گیاهان استپی، در بعضی موارد زراعت آبی و شبیه کمتر از نقاط دیگر منطقه است.

در قسمت مرکز حوزه، وجود گیاهان زراعتی آبی و دیم کاری غلات، بافت سنگین خاک و شبیه کم باعث شده است که فرسایش در این مناطق ضعیف باشد. شرق و شمال شرق حوضه نیز فرسایش بسیار ضعیفی دارد. این امر به سبب بافت سنگین خاک، کاشتن گیاهان زراعتی آبی و دیم، اختلاف ارتفاع کم و شبیه کم است؛ زیرا پوشش گیاهی و شبیه کم تا ملایم، فعالیت عوامل مؤثر در فرسایش را محدود کرده است. در بعضی از قسمت‌های حوضه مورد مطالعه، کوهستان‌ها از سازندهای آهکی و دولومیتی سخت تشکیل شده‌اند، اما شبیه تند آنها (بیش از ۳۰ درجه) بستری مناسب برای فعالیت فرسایش شبکه‌ی آب ایجاد کرده؛ به طوری که اغلب سازندهای سخت را به شدت فرسایش داده است.

نتایج حاصل از این تحقیق، با نتایج مطالعه‌ی دمریل و توفان (۲۰۱۱) در ارزیابی عوامل مؤثر بر فرسایش با استفاده از روش ANP فازی مطابقت دارد. در این تحقیق اقیم، توپوگرافی، شبیه و کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین عوامل در ایجاد فرسایش بود. همچنین نتایج این تحقیق بر نتایج مطالعات الکساندر و همکاران (۲۰۰۹) در پنهانه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از روش فازی در محیط GIS تأکید دارد. در این تحقیق بر توانمندی بسیار بالای روش فازی در شناسایی مناطق فرسایش تأکید شده است. از آنجا که مدل منطق فازی منطقی چند مقداری است؛ یعنی پارامترها و متغیرهای آن علاوه بر اختیار اعداد ۰ یا ۱، می‌توانند تمامی مقادیر بین این دو عدد را نیز اختیار کنند. بنابراین با توجه به وابستگی‌های مسائل فرسایش، این روش می‌تواند برای شناسایی مناطق مستعد فرسایش بسیار سودمند باشد. همچنین روش وزن‌دهی استفاده شده در این تحقیق برای ارزیابی و پنهانه‌بندی فرسایش، با مدل گرافیکی ارائه شده به وسیله‌ی کوهن و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. روش فازی استفاده شده در این تحقیق با مدل کوهن شباهت‌هایی دارد، ولی به لحاظ منبع اطلاعات و روودی (به لحاظ استفاده از نقشه‌های پایه و تصاویر ماهواره‌ای)، در دو مدل تفاوت‌هایی هست.

بنابر نتایج حاصل از این پژوهش، همچنین مشاهدات میدانی، بی‌توجهی اهالی منطقه به تخریب خاک و از بین بردن پوشش گیاهی غالب منطقه، به نظر می‌رسد در منطقه‌ی مورد مطالعه نیاز مبرمی به جلوگیری از چرای بی‌رویه دام در قسمت شمال غرب، جنوب و جنوب غرب لازم است. همچنین در اراضی دیم در دامنه‌ها و سرآشیب‌ها، پیشنهاد می‌شود

شخم زمین در جهت عمود بر شیب منطقه صورت گیرد؛ زیرا این کار به نفوذ آب در زمین و جلوگیری از تمرکز آب سطحی منجر می‌شود.

## منابع

1. Agricultural Research Institute of the Ministry of Agriculture, 1990. Summary of Soil Science and Land Classification in Lorestan Province, *Soil and Water Research Institute*. ( in Persian)
2. Asghari Sarasanrood, Sayad.; Belvassi, Mehdi.; Zinaly, Batul.; & Iman, Belousi, (2014). Soil erosivity study in Duab watershed of Lorestan using network analysis and remote sensing technologies and GIS, *Journal of Environmental Erosion Research*, 4, 2 (14), 89-72.
3. Denis, M. K.; Parameshgouda, L.; Patil and Edwin J. J. Momoh, 2014. Soil Erosion Mapping in Singhanhalli-Bogur Microwatershed in Northern Transition Zone of Karnataka Using Universal Soil Loss Equation and Geographic Information Systems, *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)*, 1(10), 137-146.
4. Erfanian, Mehdi.; Ghahremani, Parisa.; & Hossein, Saadat, 2013. Preparation of the risk map of soil erosion using fuzzy logic in the watershed of Ghornaveh Golestan, Iran, Seventh year, 23, 43-52.( in Persian)
5. Farooq Iqbal, M., & I, Ahmad Khan., (2014). Spatiotemporal Land Use Land Cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 17 (2), 209-229.
6. Hadda, M. S.; Bhardwaj, D. D.; & S. S. Kukal, 2005. Assessment of erosion risk a catchment using information on rainfall erosivity, aggressiveness, soil erosion survey and soil erodibility, *Water and Resource Research*, 46, 265-273.
7. Komac, M., 2006. A landslide suscepility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia.
8. Mati, B. M.; Morgan, R. P.; Gichuki, F. N.; Quinton, J. N.; Brewer, T. R.; & H. P. Liniger, 2000. A case study of the upper Ewaso Ngiro north basin of Kenya, JAG. 2(2), 78-86.
9. Mehregan, Attieh., 2006. Evaluation of methods for preparing an erosion risk map using remote sensing and geographic information system (case study in Latian watershed), Master of Science (MSc), Soil Science, Natural Resources Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran. ( in Persian)
10. Meteorological Organization of Lorestan Province, Twenty Years of Weather Stations and Synoptic.( in Persian).
11. Mezosi, G., & L. Mucsi., 2003. Remote sensing methods in soil erosion assessment in Matra Mountains, Hungary. *ACTA Geographica Szegediensis*. 89-98.
12. Micheli, E. R., & J. W. Kirchner., 2002. Effects of wet meadow riparian vegetation on streambank erosion. Measurements of vegetated bank strength and consequences for failure mechanics. *Earth Surface Processes and Landforms*. 27(7), 627–639.
13. Millington, A. c., 2002. Reconnaissance scale soil erosion mapping using a simple geographic information system in the humid tropics, *Geoderma*, 31, 5-9.
14. Oyarzun, C., 1995. Land use, hydrological properties and soil erodibility in Bio-Bio river basin, central Chile, *Mountain Research and Development*, 15, 331-338.
15. Naderi, Fathollah.; Haji Karimi and Behrooz Naseri, (2010). The zoning of soil erosion potential in the Ashkabad watershed of Ilam by the method of erosion index. *Watershed Research, Eighth Year*. 9, 44-51. ( in Persian)

16. Noahgar, Ahmad., & Mohammad, Kazemi., (2013). Evaluation of the risk of erosion by using the ICONA model (Case study: Tang-Bastanak Basin, Shiraz). *Geographical Quarterly, Years Eighth.* 4, 1-14. ( in Persian)
17. Parlak, M., 2007, Determination of erosion risk according to CORINE methodology (a case study: Kurtbogazi Dam), *International Congress River Basin Management*, 1, 844-859.
18. Rafahi, Hosseingoli., 2000, Water erosion and control, Tehran University Press, Third edition, Page 551.( in Persian)
19. Rangzan, Kazem.; Zaravandi, Alireza.; & Arsalan, Heidari, 2010, Comparison of EPM and MPSIAC model for estimation of erosion and sedimentation of Pekhah Red Ghettoon Khuzestan Basin using Remote Sensing and GIS Techniques, *Geographical Research*, 64, 123-123. ( in Persian)
20. Regional Water Company of Lorestan Province, 2003. Report of comprehensive plan of drought management in Lorestan province, Amir Kabir University of Technology. ( in Persian).
21. Rouse, J. W.; Hass, R. H.; Schell, Jr., J. A.; & D. W. Deering, 1974, Monitoring vegetation from bidirectional reflectance measurements, *Remote Sensing Enviro*, 51, 375- 384.
22. Thorne, C. R.; Thornes, J. B (ed.); John, Wiley & Sons, 1990. Effects of vegetation on riverbank erosion and stability In *Vegetation and Erosion*, Chichester, 125–144.
23. Vrieling, A.; Sterk, G.; & N. Beaulieu, 2002. Erosion risk mapping; a methodological case study in the Colombian Eastern Plains, *Soil and Water Conservation*, 57(3), 158-163.
24. Zeng, X. J., & M. G. Singh., (1995). Approximation theory of fuzzy systems –MIMO case. *IEEE trans. Fuzzy Systems*. 3(2), 219–235.
25. Zhao, J., (1995). Fuzzy logic in modeling and control. PhD dissertation, CESAME, Louvain la Neuve, Belgium.

# Assessment of Soil Erosion Risk by Using Fuzzy Logic Model in Seymareh Chenar Basin

**Aghil madadi :** Associate Professor, Department of Geomorphology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Mohaghegh Ardebil, Ardebil.

**Iman ali belvasi<sup>1</sup>:** Ph.D. Student, Department of Geomorphology, Faculty of Literature & Humanities, Ardebil University of Mohaghegh, Ardebil.

**Article History (Received: 1397/27/3)**

**Accepted: 1397/8/13**

## Extended abstract

### 1- Introduction

Soil erosion is a process in which soil is separated from its original bed and transported to another location with the help of a moving agent [17]. Soil erosion is one of the serious problems in the watersheds of Iran and can be considered as one of the most important barriers to sustainable agriculture and natural resources development [6]. Soil erosion results in the destruction of agricultural land, the reduction of soil fertility, environmental negative impacts, and a very important threat to the sustainable production of agricultural products [8]. Erosion, the result or results of the interaction of a set of natural and human factors, which, in accordance with the specific circumstances of the region, are one or more factors acting as the main and determining factors [7]. In general, erosion is a natural phenomenon that human activities can exacerbate. Historical evidence suggests that erosion and destruction of soil have resulted in the collapse and destruction of human civilizations [9]. Awareness of the extent of erosion in catchment areas, the possibility of comparing them and identifying critical basins and implementing watersheds. The amount of erosion and destruction of the land requires the zoning of erosion of the land for the preparation and collection of information [8]. Destruction of vegetation (especially the plant species of moss, which is the dominant species of the region) and the cutting of trees and shrubs (oak and orange trees, which form the largest area of the forests of the area) cause soil to be deflated against erosion and cause debris to be gutted and even swept away.

### 2- Methodology

In this research geological maps, topographic maps, Landsat 8 satellite images, climatic data of the study area in research, including temperature and precipitation, and the 30-meter-high elevation digital model of the study area were used to prepare the slope map, the slope direction and the extraction of the waterways. ArcGIS software was used to create databases, spatial and spatial analysis, and finally to implement the model and use the ENVI software to process satellite imagery. Fuzzy logic is a logic of several values, that is, its parameters and variables, in addition to the number of 0 or 1, can take all the values between these two numbers. The basis of the differences between fuzzy methods and other methods is to define the membership function. The membership function can be used to determine the degree of attribution of the elements of the reference set to its subset. The operator of the fuzzy society is the collection community. In this way, it extracts the maximum membership. The fuzzy subscription operator is the collection subscription. In that way, it extracts the minimum degree of membership. Fuzzy algebraic multiplication multiplies all the information layers together. Because of the nature of the numbers between zero and one, which is the same as the membership in a fuzzy set, the operator makes the number of the numbers smaller and goes down to zero. The complementary fuzzy algebra operator is obtained by the algebraic multiplication. Therefore, in the outbound map, unlike the fuzzy algebraic operator, the value of pixels goes toward one. The fuzzy gamma operator is the product of multiplication, fuzzy coherent multiplication in the fuzzy algebraic summation. The results obtained from this operator are more accurate than other operators. To evaluate the accuracy of the model, Kappa statistical coefficient was used.

### 3- Results

The results show that the kappa statistical coefficient shows that the 0.97 fuzzy gamma operator with 0.83 kappa coefficient has excellent accuracy in soil erosion zonation in Seymareh Chenar basin.

Investigating the results of this study shows that areas with a steep slope, poor vegetation, bay lands, presence of limestone and dolomitic stones have much more erosion. This type of erosion is located in the northwest, south and southwest of the studied basin. In the south and southwest of the region, due to the high slope, low soil depth, excessive grazing of livestock, degradation of vegetation and forest by the inhabitants of the region and plowing the land towards the slope, led to greater erosion. In the west, south and center of the area due to uneven topography and in some areas, soil depth, cereal, steppe, in some cases, blueberries and slopes less than other parts of the area, erosion is less. According to the results of this research, as well as field observations and lack of attention of the people of the area to soil degradation and destruction of the dominant vegetation of the region, it seems that the study area in research needs urgent planning to prevent soil erosion. This suggests that in this basin, the separation and displacement of soil particles is so limited that implementation of the necessary water and land conservation programs and the use of land has a lot of limitations.

#### 4 Discussion & Conclusions

To do this study, using a fuzzy logic model, the database consists of slope, directional, petrographic, land use, lagoon, rainfall, soil and channel formation, and then the required data were obtained by processing the data. The operators of the fuzzy logic model were used. The result of the fuzzy community operator generated the maximum membership. The fuzzy share operator extracted the minimum membership. The result of the operator of the fuzzy algebraic multiplication is reduced to zero numbers. The output map of the operator of the fuzzy algebra sum of the value of the pixels is close to the maximum. In order to modulate the very high sensitivity of the fuzzy algebraic operator and the very low accuracy of the fuzzy algebraic operator, a 0.9% gamma-gamma operator was used. Based on the zoning done using fuzzy function, 16.19, 31.37, 27.77, 17.98, and 34.66 percent of the area of the area are located in very low, moderate, high and very erosion classes. Kappa coefficient was 0.83 for fuzzy logic model. Eliminating the dominant vegetation of the region, especially the mossy vegetation, which has roots and prevents soil erosion, cuts off oak trees to plow in the direction of slope and changes the unauthorized use, all have added to the severity of erosion in this area.

**Keywords:** Geographic Information System, Seymareh Chinari Basin, Erosion, Fuzzy Logic Model