

## بررسی خطرپذیری فرسایش خاک در حوضه آبخیز دوآب لرستان با استفاده از تحلیل شبکه و فن آوری های سنجش از دور و GIS

نویسنده مسئول: استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ارومیه،

[sayyad.sasghari21@gmail.com](mailto:sayyad.sasghari21@gmail.com)

کارشناسی ارشد، سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز

استادیار گروه اقلیم شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی

کارشناسی ارشد، سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز

کارشناسی ارشد، ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران

۱- صیاد اصغری

سراسنکارد\*

۲- مهدی بلواسی

۳- بتول زینالی

۴- ایمانعلی بلواسی

۵- علی داودی

### چکیده

فرسایش یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در هدر رفت منابع ارضی به شمار می رود. آگاهی از میزان خطر فرسایش، امکان شناسایی نواحی بحرانی و اولویت بندی برنامه های مدیریتی و حفاظتی را فراهم می سازد. هدف از این پژوهش تهیه نقشه خطرپذیری فرسایش خاک با بکارگیری تکنیک های سنجش از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و همچنین سامانه های تصمیم گیری چندمعیاره در حوضه دوآب استان لرستان است. بدین منظور، ابتدا داده های ۸ پارامتر تأثیرگذار در فرسایش خاک شامل؛ شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، بارش، خاک و آبراهه در محیط GIS آماده سازی گردید و با استفاده از روش ANP<sup>۱</sup> و مقایسه زوجی وزن هر معیار و وزن کلاس های هر لایه در نرم افزار Super Decision محاسبه شد. سپس با استفاده از توابع رویهم گذاری GIS کل محدوده برای هر یک از معیارهای تعیین شده پهنه بندی شد در نهایت، با تلفیق نقشه های پهنه بندی شده بر اساس وزن اکتسابی از روش ANP نقشه نهایی در پنج کلاس خطر خیلی زیاد، خطر زیاد، خطر متوسط، خطر کم و خطر بسیار کم تهیه شد. نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۱ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه در کلاس خطر خیلی زیاد، ۱۳ درصد در کلاس خطر زیاد، ۱۶ درصد در کلاس خطر متوسط، ۲۸ درصد در کلاس خطر کم و ۳۲ درصد در کلاس خطر بسیار کم واقع شده است. همچنین برای صحت سنجی نتایج، موقعیت ۹۳ نقطه از نقاط دارای فرسایش در بررسی میدانی با استفاده از دستگاه GPS مشخص گردید و از توابع رویهم گذاری ArcGIS این نقاط با نقشه نهایی فرسایش انطباق داده شد. نتایج حاصل از این همپوشانی نشان داد که از این تعداد ۲۴ درصد در کلاس خطر خیلی زیاد، ۵۱ درصد در کلاس خطر زیاد، ۱۳ درصد در کلاس خطر متوسط، ۳ درصد در کلاس خطر کم و ۹ درصد در کلاس منطقه خطر بسیار کم قرار گرفتند. بر این اساس داده های برداشت شده در مطالعه میدانی با نتایج مستخرج از روش ANP همخوانی داشته که نشان دهنده دقت روش ANP در بررسی فرسایش در منطقه مورد مطالعه می باشد.

واژه های کلیدی: فرسایش، تحلیل شبکه ای، سنجش از دور و GIS، حوزه آبخیز دوآب، تصمیم گیری چندمعیاره.

## ۱- مقدمه

فرسایش خاک یکی از مسائل و مشکلات جدی حوزه‌های آبخیز ایران محسوب می‌شود و می‌توان از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موانع دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی نام برد (۵) علیرغم مشکل برآورد یا محاسبه میزان خسارت اقتصادی حاصل از فرسایش خاک می‌توان اهمیت آن را با توجه به این‌که برای تشکیل ۳۰ تا ۴۰ سانتیمتر خاک زراعی زمان بسیار زیادی (حدود ۹۰ تا ۱۲۰ سال) لازم است، به‌خوبی درک نمود؛ این در حالی است که هدر رفت خاک عملاً در مدت‌زمان کوتاهی صورت می‌پذیرد (۱۹). فرسایش خاک فرایندی است که در طی آن خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال‌دهنده به مکان دیگری حمل می‌شود (۳۳). فرسایش، نتیجه و حاصل اثر متقابل مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی است که برحسب شرایط خاص منطقه، یک یا چند عامل، به‌عنوان عوامل اصلی و تعیین‌کننده عمل می‌نمایند (۱۲). فرسایش خاک باعث از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، کاهش حاصلخیزی خاک، اثرات منفی زیست‌محیطی و یک تهدید بسیار مهم برای تولید پایدار محصولات کشاورزی می‌باشد (۲۰) و رسوبات ناشی از آن باعث کاهش کیفیت آب، کاهش عمر مفید سدهای احداث‌شده و اثرات زیان‌بار برای موجودات آبی و اکوسیستم حوزه آبخیز دارد (۱۳) به‌طورکلی فرسایش پدیده‌ای طبیعی است که فعالیت‌های انسانی می‌تواند آن را تشدید نماید. شواهد تاریخی نشانگر آن است که فرسایش و تخریب خاک سقوط و نابودی تمدن‌های بشری را به دنبال داشته است، به‌عنوان مثال یکی از عوامل سقوط تمدن‌های کهن بین‌النهرین به تخریب خاک نسبت داده شده است (۹). آگاهی از میزان فرسایش حوزه‌های آبخیز، امکان مقایسه آن‌ها و شناسایی حوزه‌های بحرانی و اجرای طرح‌های آبخیزداری را فراهم می‌نماید. چون از میزان فرسایش حوزه‌های آبخیز اطلاعات زیادی وجود ندارد، لذا به‌منظور تهیه و جمع‌آوری و درست اطلاعات از میزان فرسایش و تخریب اراضی نیاز به برآورد حساسیت و استعداد به فرسایش اراضی و به عبارت بهتر پهنه‌بندی فرسایش اراضی می‌باشد (۱۰) فرایندهای فرسایش به متغیرهای اقلیمی و زیست‌محیطی مختلف مانند زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، پستی‌وبلندی، شبکه زهکشی طبیعی و شرایط آب و هوایی بستگی دارد (۳۳) و (۴۱). ارزیابی عوامل زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در تهیه نقشه‌های خطر فرسایش دارای اهمیت بسیاری می‌باشد، این نقشه‌ها می‌توانند ابزار مهمی در توسعه برنامه‌های حفاظت محیط‌زیست، ارزیابی بلایای طبیعی و برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای باشند (۲۳) به‌طورکلی نقشه خطر فرسایش نشانگر مکان‌هایی با درجات مختلف حساسیت به فرسایش است که در تعیین تناسب اراضی برای اعمال تناوب‌های مختلف زراعی و مشخص نمودن مناطق دارای اولویت جهت اجرای عملیات حفاظتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۵) تهیه نقشه‌های خطر فرسایش دارای مراحل مختلفی می‌باشد که مشتمل بر تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌های مختلف با قدرت تفکیک مکانی مناسب، بازدیدها و مطالعات میدانی همراه با بررسی خصوصیات اقلیمی و ویژگی‌های زیست‌محیطی است؛ به‌نحوی که با تعیین مقادیر کمی عوامل مؤثر در رخداد فرسایش، تعریف متغیرهای ورودی و برقراری رابطه منطقی بین آن‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج، نقشه خطر فرسایش به‌عنوان خروجی حاصل می‌شود (۳۶ و ۴۱) امروزه از داده‌های سنجنش‌ازدور و فناوری‌های ذریع به‌صورت گسترده در تهیه نقشه‌های خطر فرسایش و ارزیابی اراضی استفاده می‌شود (۱۴، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۵، ۳۷، ۳۸، ۴۲). ارزیابی خطر فرسایش یکی از روش‌های ارزیابی منابع ارضی است که هدف آن تعیین و مشخص کردن اراضی است که هدر رفت خاک در آن‌ها زیاد بوده و یا خطر فرسایش آن‌ها را تهدید می‌نماید، زیرا از این طریق امکان تقسیم‌بندی اراضی به مناطق مشابه از نظر نوع و شدت خطر فرسایش فراهم می‌گردد که ابزار اساسی برای برنامه‌ریزی اصولی جهت حفاظت خاک می‌باشد (۳۳)؛ از آنجاکه تعیین محدوده‌های دارای فرسایش خاک مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی است و با توجه به گستردگی و پیچیدگی‌های پارامترهای مؤثر بر فرسایش خاک ضرورت استفاده از سنجنش‌از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح گردد. سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌سازی مکانی تلفیقی با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی منجر به نتایج مناسبی می‌گردد. همچنین با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی، که بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده و اغلب با خطا همراه هستند، استفاده از سنجنش‌از دور، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM<sup>۱</sup>) با یک رویکرد تلفیقی، علاوه بر سودآوری می‌تواند باعث تسریع در روند برنامه‌ریزی در تشخیص موارد بحرانی و غیره گردد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی یکی از

<sup>۱</sup> Multiple Criteria Decision Making

ابزارهای مهم در تحلیل‌های جغرافیایی است که می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک ایفا نماید. در این راستا تاکنون مطالعاتی انجام شده است که از جمله می‌توان به مطالعات انجام شده زیر اشاره کرد.

اویارزون (۱۹۹۵) در مطالعه‌ای در یکی از حوضه‌های آبخیز ترکیه مقدار نفوذپذیری و فرسایش‌پذیری متأثر از آن را مورد بررسی قرار داد. نتیجه این تحقیق نشان داد که مقدار نفوذپذیری در کاربری‌های جنگلی و بیشه‌زارها به ترتیب حدود  $2/8$  و  $0/9$  میلی‌متر در ساعت تغییر کرده است که مقدار فرسایش‌پذیری منتج از آن‌ها نیز به ترتیب حدود  $0/001$  و  $0/073$  افزایش یافته است (۳۲). ماتی و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقی نقشه خطر فرسایش خاک را در حوضه آبخیز نیگرو در کشور کنیا را با استفاده از مدل USLE تهیه کردند. بر این اساس در این تحقیق ۳۶ درصد حوضه دارای خطر فرسایش زیاد بوده که بخش زیاد این اراضی جزء اراضی مرتعی با چرای بی‌رویه می‌باشند. نتایج حاصل نشان می‌دهد کاربری اراضی و مدیریت نسبت به توپوگرافی بیشترین تأثیر را بر روی فرسایش خاک دارا می‌باشند (۲۶).

میلینگتون (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای در سیرالئون با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر اساس ۴ عامل هواشناسی، خاک‌شناسی، توپوگرافی و میزان انتقال رسوبات توسط نهرها، نقشه خطر فرسایش تهیه گردید. نتایج تحقیق نشان داد که به‌منظور ارزیابی خطر فرسایش در مناطق مرطوب و با مقیاس کوچک، نیاز به بررسی فرسایش سطحی، زیرسطحی و جریان توده‌ای است (۲۹). مزوسی و همکاران (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای در منطقه ماترا، شدت فرسایش خاک را با استفاده از تصاویر لندست سنجنده TM تعیین و نتایج با مقدار فرسایش به‌دست‌آمده با استفاده از روش USLE مقایسه شد و منطقه مورد مطالعه از نظر خطر فرسایش به سه بخش با خطر فرسایش کم، متوسط و زیاد پهنه‌بندی گردید. نتایج حاصل بیانگر آن است که روش‌های سنجش از دور برای برآورد فرسایش خاک کافی نبوده و باید همراه با اندازه‌گیری‌های میدانی مورد استفاده قرار گیرد (۲۷).

هادا و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی در منطقه پنجاب هند، نقشه خطر فرسایش خاک را با استفاده از شاخص‌های فرسایش‌پذیری، قدرت تخریبی باران، فرسایش‌پذیری خاک و نقشه‌های فرسایش تهیه کردند. نتایج نشان داد که مناطق دارای خطر زیاد تا شدید مناطقی هستند که دارای خندق‌های عمیق متعدد و فاقد پوشش گیاهی بوده و شیب منطقه زیاد می‌باشد (۲۴). فاروق اقبال و احمد خان (۲۰۱۴) اثرات تغییرات کاربری اراضی را بر روی فرسایش خاک در منطقه آزاد جامو و کشمیر پاکستان را بررسی کردند. این محققین بیان کردند که در طول ۱۵ سال گذشته منطقه مورد مطالعه به علت گسترش سریع شهری و عدم وجود برنامه مشخص برای توسعه، تغییرات کاربری اراضی بسیار زیادی داشته است همچنین توپوگرافی تند، خاک کم‌عمق و شرایط اقلیمی موسمی باعث فرسایش شدید خاک شده است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده TM برای بررسی تغییرات کاربری اراضی استفاده شده است و نقشه فرسایش خاک با استفاده از چهار عامل بارش، توپوگرافی، فرسایش‌پذیری خاک و کاربری اراضی تهیه شده است. نتایج نشان داد که ۵۹ درصد منطقه دارای خطر فرسایش‌پذیری کم، ۲۴ درصد متوسط، ۵ درصد بالا و ۱۲ درصد خطر فرسایش‌پذیری بسیار بالا دارند (۲۲).

نادری و همکاران (۱۳۸۹) پتانسیل فرسایش خاک در حوضه آبخیز آسمان‌آباد ایلام را پهنه‌بندی کردند در این تحقیق از روش شاخص فرسایش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که بیش از ۵۲ درصد حوضه دارای پتانسیل فرسایش بالا بوده که منطبق با مناطق نهشته‌های کواترنری، تراس‌ها و پادگان‌های جوان هستند که در اولویت اول اجرای طرح‌های حفاظتی جهت کنترل فرسایش قرار دارند (۱۰). نوحه‌گر و کاظمی (۱۳۹۲) خطر فرسایش آبی را در حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز را با استفاده از مدل ICONA مورد مطالعه قراردادند. این مدل سعی بر پهنه‌بندی خطر فرسایش آبی با استفاده بهینه از دورسنجی و سامانه اطلاعات جغرافیایی دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که از کل سطح حوضه،  $28/6$  درصد خطر فرسایش خیلی کم،  $36/7$  درصد خطر فرسایش کم،  $26/7$  درصد خطر فرسایش متوسط،  $3/2$  درصد خطر فرسایش زیاد و  $4/8$  درصد خطر فرسایش زیاد دارند (۱۲). عرفانیان و همکاران (۱۳۹۲) نقشه خطر فرسایش خاک را با استفاده از منطق فازی برای حوضه قراوه گلستان تهیه کردند. در این تحقیق از سه عامل اصلی مؤثر در فرسایش آبی خاک شامل شیب، فرسایش‌پذیری باران و فرسایش‌پذیری خاک استفاده شده است. نقشه نهایی با تعیین توابع عضویت مناسب فازی شده، به‌دست‌آمده است. در این تحقیق برای اعتبار سنجی روش فازی از مدل

RUSLE استفاده شده که نتایج نقشه فازی را تأیید می‌کند (۵). این تحقیق با به‌کارگیری تکنیک‌های سنجش از دور<sup>۱</sup> و سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۲</sup> و همچنین روش تحلیل شبکه (ANP) و با استفاده از داده‌های جدید از جمله آخرین تصاویر ماهواره‌ای موجود و با استمداد از مطالعات میدانی برای صحت‌سنجی نتایج (استفاده از داده‌های برداشت‌شده موقعیت مناطق فرسایشی با استفاده از GPS) سعی در شناسایی پهنه‌های در خطر فرسایش منطقه مورد مطالعه دارد.

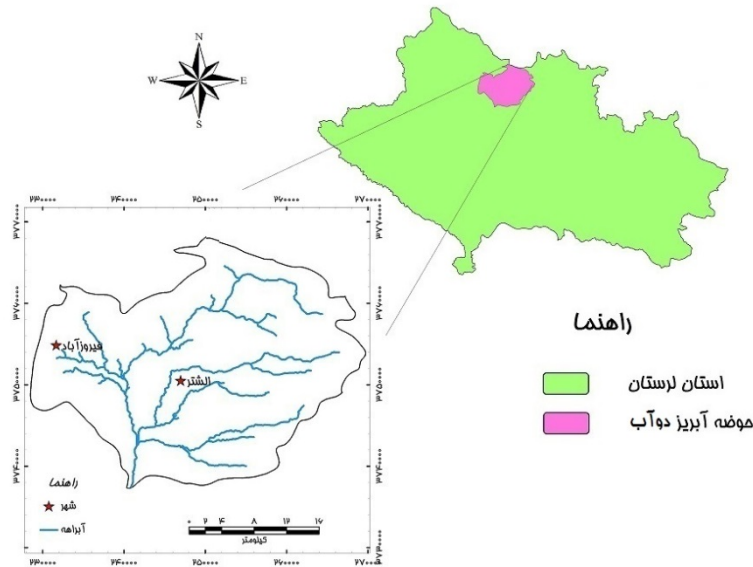
## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز دوآب با مساحت ۸۰۳ کیلومترمربع واقع در شهرستان الشتر استان لرستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه قرار دارد (شکل ۱). این محدوده به لحاظ وجود ارتفاعات آهکی، بارش برف و باران و آبرفت مناسب دارای منابع آب زیرزمینی قابل‌توجه و چشمه‌ها و رودخانه‌های دائمی می‌باشد که از سرشاخه‌های رودخانه کرخه محسوب می‌شوند. در محدوده‌ی مطالعاتی الشتر میزان بارندگی مفید در سطح دشت ۴۴/۵۴ و در سطح ارتفاعات ۲۵۹/۶۹ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود. سهم رواناب در دشت و در ارتفاعات به ترتیب در حدود ۱۶/۹۱ و ۸۶/۸۰ میلیون مترمکعب برآورد شده که در نتیجه نفوذ از بارندگی مفید در دشت ۲۷/۶۳ و در ارتفاعات ۱۷۲/۸۹ میلیون مترمکعب تخمین زده می‌شود. سفره آب موجود در محدوده مورد مطالعه از نوع آزاد می‌باشد و کلیه چاه‌های موجود در منطقه در سفره آزاد و آبرفتی واقع شده‌اند (۴). محدوده مطالعاتی الشتر به فرم یک گرابن است که با ارتفاعات نسبتاً بلند گرین، ورخاش، مه‌اب، سرخه، داریکنان و نشاته احاطه شده است، تشکیلات زمین‌شناسی این منطقه متعلق به دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک است. سنگ‌های آهکی ژوراسیک - کرتاسه بخش عمده منطقه را پوشانده و به‌عنوان مهم‌ترین واحدهای تغذیه‌شونده (منابع آب کارستیک) محسوب می‌شوند (۲). در الشتر رودخانه دائمی الشتر جریان دارد. در محدوده مطالعاتی الشتر یک آبخوان مدور آزاد آبرفتی با مساحت ۹۳/۶۱ کیلومترمربع در غرب محدوده مطالعاتی تشکیل شده است. سفره آبدار اصلی دشت الشتر را رسوبات آبرفتی تشکیل می‌دهد. در نیم‌رخ زمین‌شناسی کلیه چاه‌ها و پیرومترهای حفاری شده ضخامت کافی از لایه‌های آبرفتی دانه‌درشت و نفوذپذیر دیده شده است. (۳). از نظر خاک‌شناسی نیز خاک‌های الشتر جزء گروه خاک‌های قهوه‌ای با افق تمرکز رس است. خاکی است خیلی عمیق به رنگ قهوه‌ای تیره تا قهوه‌ای مایل به قرمز و بافت سنگین می‌باشد که در لایه‌های سطحی ۱۵-۳ درصد سنگریزه درشت و در لایه زیرین مقادیر نسبتاً زیاد آهک به‌صورت سخت دانه مشاهده می‌گردد (۲).

<sup>۱</sup> Remote Sensing

<sup>۲</sup> Geographic Information Systems



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه.

در این پژوهش از نرم‌افزارهای ArcGIS10.2 جهت ایجاد پایگاه داده و تحلیل‌های مکانی، Super Decision2.0.8 جهت مقایسه زوجی و به دست آوردن وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه به روش ANP و نرم‌افزار ENVI5 جهت تهیه شاخص پوشش گیاهی استفاده شده است. همچنین داده‌های بارش ایستگاه‌های همدید و باران‌سنجی، زمین‌شناسی، آبراهه‌ها، کاربری و خاک که از سازمان هواشناسی و امور آب منطقه‌ای استان لرستان و سازمان زمین‌شناسی کشور اخذ گردید و DEM ۳۰ متری SRTM جهت تهیه لایه شیب، جهت شیب، طبقات ارتفاعی و تصاویر ماهواره‌ای لندست سنجنده (ETM+) ۲۱ May سال ۲۰۱۴ جهت تهیه شاخص پوشش گیاهی NDVI که از سایت ناسا دانلود گردید، مورد استفاده قرار گرفت. در این تحقیق جهت بررسی میدانی، موقعیت ۹۳ نقطه از نقاط دارای فرسایش منطقه مورد مطالعه با استفاده دستگاه GPS ثبت گردید که در نهایت از این نقاط جهت ارزیابی صحت روش ANP استفاده گردید.

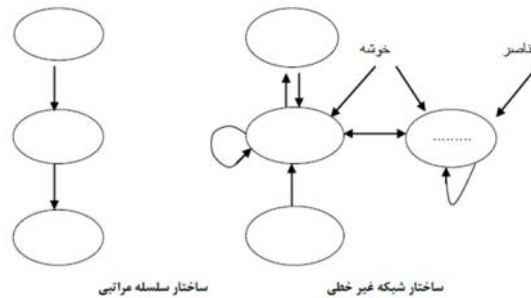
## ۲-۲ روش تحقیق

### ۲-۲-۱ تحلیل شبکه‌ای

ساختار بندی یک مسئله با وابستگی‌های عملیاتی به ما اجازه می‌دهد بازخوردی بین کلاسترهای شناسایی شده در سیستم شبکه دریافت گردد. ساعتی (۱۹۸۰) روش AHP را برای حل مسائلی که حالت استقلال بین گزینه‌ها و معیارها وجود دارد، پیشنهاد کرده است (۱۱). روش ANP توسط ساعتی پایه‌ریزی و به‌عنوان تعمیمی از AHP ارائه شد. همانطور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک‌سویه فراهم می‌کند، ANP نیز روابط پیچیده داخلی بین سطح‌های مختلف تصمیم و معیارها را اجازه می‌دهد (۸). فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP تنها تئوری ریاضی است که امکان بررسی انواع مختلف برهم‌کنش‌ها، وابستگی‌ها و بازخوردها را به‌صورت سیستمی فراهم می‌سازد. دلیل موفقیت این روش در نحوه استخراج قضاوت‌ها و به کار بردن عملیات اندازه‌گیری ریاضی برای سنجش مقیاس‌های نسبی است. ارجحیت‌ها (به‌عنوان مقیاس‌های نسبی) یک بنیان عددی متقاعدکننده هستند که عملیات محاسباتی اولیه را به‌گونه‌ای بامعنی هدایت می‌نمایند (۳۵)؛ بنابراین قدرت ANP بر استفاده از مقیاس‌های نسبی برای کنترل هم‌بندی برهم‌کنش‌ها، برای پیش‌بینی دقیق و اتخاذ تصمیم مناسب استوار است (۷). در واقع ANP پیوند دو بخش می‌باشد: بخش اول

<sup>۱</sup> Digital elevation model

مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارهای کنترلی شبکه‌ای و یا سلسله مراتبی می‌باشد؛ که برهمکنش‌ها و ارتباطات متقابل را کنترل می‌کند و دومی شبکه‌ای از برتری‌ها و تأثیرگذارها میان عناصر و خوشه‌ها می‌باشد. اگرچه هم فرآیند تحلیل شبکه‌ای و هم فرآیند تحلیل سلسله مراتبی اولویت‌ها را با مقایسات زوجی اتخاذ می‌کنند، اما باین‌حال تفاوت‌هایی مابین آن‌ها وجود دارد. اولین تفاوت آن است که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی حالت خاصی از فرآیند تحلیل شبکه‌ای است، چراکه فرآیند تحلیل شبکه‌ای، وابستگی درون خوشه‌ای (وابستگی درونی) و میان خوشه‌ای را در نظر می‌گیرد. دومین تفاوت آن است که فرآیند تحلیل شبکه‌ای ساختاری غیرخطی دارد. به‌طور کلی مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی چارچوب تصمیم‌گیری است که رابطه یک‌سویه و سلسله مراتبی را میان سطوح تصمیم در نظر می‌گیرد. در عوض فرآیند تحلیل شبکه‌ای نیازی به این ساختار اکیداً سلسله مراتبی و عمودی ندارد (شکل ۲) (۳۵).



شکل ۲: تفاوت بین فرآیند تحلیل شبکه‌ای و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.

ANP از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است (۱):

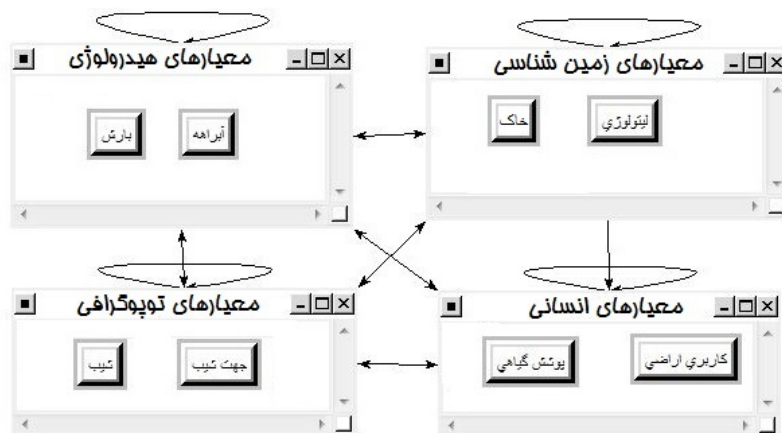
مرحله اول: ایجاد مدل و سازمان‌دهی مسئله.

مرحله دوم: ماتریس‌های مقایسه زوجی و بردارهای اولویت.

مرحله سوم: تشکیل ابرماتریس (ماتریس تصمیم).

مرحله چهارم: محاسبه بردار وزن نهایی.

در این مطالعه، ابتدا پارامترهای تأثیرگذار بر فرسایش با توجه به نظرات کارشناسان و مطالعات قبلی انجام‌شده استخراج گردید؛ که شامل شیب، جهت‌شیب، لیتولوژی، کاربری‌اراضی، پوشش گیاهی، خاک، بارش و آبراهه بود. در مرحله بعد ۸ پارامتر تأثیرگذار به چهار خوشه معیارهای هیدرولوژیک، معیارهای توپولوژیک، معیارهای زمین‌شناسی و معیارهای انسانی تقسیم‌بندی شدند. این پارامترها علاوه بر آنکه در داخل خوشه به هم مرتبط هستند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند (شکل ۳).



شکل ۳: ساختار شبکه‌ای پهنه‌بندی خطر فرسایش.

سپس با استفاده از روش ANP و مقایسه زوجی به ترتیب وزن هر معیار و وزن کلاس‌های هر لایه در نرم‌افزار Super Decision محاسبه شد. ابرماتریس، آخرین مرحله کار در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد که شامل سه ماتریس ابرماتریس غیر وزنی (جدول ۱) ابرماتریس وزنی (جدول ۲) ابرماتریس حدی (جدول ۳) می‌باشد. در مرحله بعد، کلاس‌های هر پارامتر، لایه‌های مختلف در محیط GIS ایجاد گردید و سپس وزن معیارها در لایه‌های مربوطه ضرب و عملیات رویهم‌گذاری لایه‌ها صورت گرفت و نقشه خطرپذیری فرسایش خاک استخراج گردید (شکل ۴). برای دست پیدا کردن به نتایج بهتر با استفاده از روش‌های شکست طبیعی<sup>۱</sup> کل منطقه به پنج کلاس از کاملاً مناسب تا نامناسب تقسیم‌بندی شد. این روش برای تعیین بهترین آرایش ارزش‌ها به طبقات مختلف طراحی شده است. این روش به دنبال به حداقل رساندن انحراف متوسط هر طبقه از طبقه میانگین و به حداکثر رساندن انحراف هر کلاس از میانگین گروه‌های دیگر انجام می‌شود. به عبارت دیگر، این روش طبقه‌بندی داده به دنبال کاهش واریانس در رده‌ها و به حداکثر رساندن واریانس بین طبقات است (۶)؛ و در نهایت با استفاده از عملیات میدانی و به کمک دستگاه GPS موقعیت ۹۳ نقطه از نقاطی که دارای فرسایش بودند برداشت گردید و با تلفیق این نقاط با نقشه نهایی خطر فرسایش خاک، به اعتبارسنجی روش ANP پرداخته شد.

### ۲-۲-۲ شاخص پوشش گیاهی نرمال شده<sup>۲</sup> (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی است که به‌طور وسیع در مطالعات سنجش از دور بکار گرفته می‌شود. این شاخص به رز و همکاران (۱۹۷۳) نسبت داده شده است، اما مفهوم آن اولین بار توسط کرایگلر و همکاران در سال ۱۹۶۹ بیان شد. شاخص NDVI نسبت به تغییر مقدار زی‌توده، مقدار سبزینه و تنش در مقدار آب تاج پوشش واکنش نشان می‌دهد. شاخص NDVI اساساً بر پایه رفتارهای مختلف نمایش داده شده به‌وسیله اختلاف در طول موج‌های الکترومغناطیس گسیل شده از گیاهان می‌باشد (رابطه ۱) (۳۴).

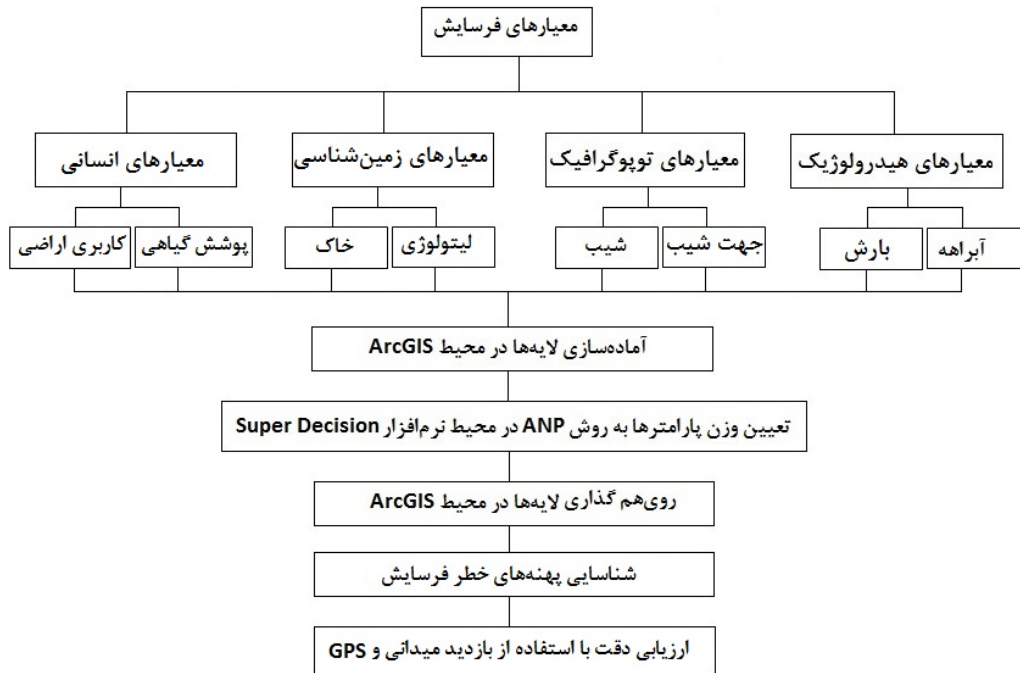
$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه NIR تشعشع ثبت شده در باند مادون قرمز نزدیک و Red تشعشع ثبت شده در باند مادون قرمز می‌باشد و دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و -۱ می‌باشد.

<sup>۱</sup> Natural Breaks

<sup>۲</sup> Normalized Difference Vegetation Index





شکل ۴: فرآیند شناسایی پهنه‌های فرسایشی با استفاده از تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با GIS.

جدول ۱: ابرماتریس غیروزنی

خوشه‌ها		انسانی		هیدرولوژی		توپوگرافی		زمین‌شناسی	
معیارها	پوشش گیاهی	کاربری اراضی	آبراهه	بارش	جهت شیب	شیب	لیتولوژی	خاک	خوشه‌ها
پوشش گیاهی	۰/۰۰	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	انسانی
کاربری اراضی	۰/۰۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۷۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	انسانی
آبراهه	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۵۷	هیدرولوژی
بارش	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۰	۰/۷۲	۱/۰۰	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۳	هیدرولوژی
جهت شیب	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۰۰	توپوگرافی
شیب	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۰۰	۰/۳۳	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۱	توپوگرافی
لیتولوژی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۶	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	زمین‌شناسی
خاک	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	زمین‌شناسی

جدول ۲: ابرماتریس وزنی

خوشه‌ها		انسانی		هیدرولوژی		توپوگرافی		زمین‌شناسی	
معیارها	پوشش گیاهی	کاربری اراضی	آبراهه	بارش	جهت شیب	شیب	لیتولوژی	خاک	خوشه‌ها
پوشش گیاهی	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۱۷	۰/۰۷	انسانی
کاربری اراضی	۰/۱۶	۱/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۰۶	انسانی
آبراهه	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	هیدرولوژی
بارش	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۳۸	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۰	هیدرولوژی



توپوگرافی	جهت شیب	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
زمین	شیب	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۵۸	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰
	لیتولوژی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۰	۰/۰۰	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۰۰
	خاک	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰

جدول ۳: ابرماتریس حدی

خوشه‌ها	معیارها	انسانی		هیدرولوژی		توپوگرافی		زمین‌شناسی	
		پوشش گیاهی	کاربری اراضی	آبراهه	بارش	جهت شیب	شیب	لیتولوژی	خاک
انسانی	پوشش گیاهی	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
	کاربری اراضی	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
هیدرولوژی	آبراهه	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
	بارش	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱
توپوگرافی	جهت شیب	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
	شیب	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰
زمین	لیتولوژی	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱
	خاک	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴

### ۳- نتایج

#### ۳-۱ آماده‌سازی لایه پارامترهای مورد استفاده

در این تحقیق جهت آماده‌سازی داده‌های مورد استفاده در ArcGIS هریک از لایه‌های مورد استفاده به پنج زیرگروه، خطر خیلی زیاد با امتیاز ۵، زیاد با امتیاز ۴، متوسط با امتیاز ۳، کم با امتیاز ۲ و خیلی کم با امتیاز ۱ امتیاز گذاری شد (۳۱، ۴۰). (جدول ۴) امتیازهای این تقسیم‌بندی برای پارامترهای مورد استفاده نشان می‌دهد.

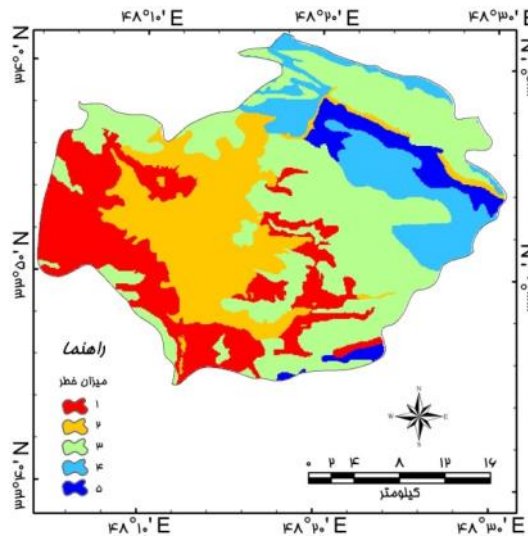
جدول ۴: درصد مساحت زیرگروه‌ها

امتیاز	شیب	جهت شیب	خاک	لیتولوژی	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	بارش	آبراهه
یک	۲۸	۲	۵	۴۱	۱	۱۱	۳۷	۱۵
دو	۲۶	۱۶	۱۲	۴	۲۲	۳۶	۲۳	۷
سه	۲	۳۳	۳۹	۵	۳۶	۲۵	۱۸	۸
چهار	۲۸	۲۴	۲۲	۳۶	۲۶	۱۲	۱۴	۷
پنج	۱۶	۲۵	۲۲	۱۴	۱۵	۱۶	۸	۶۳

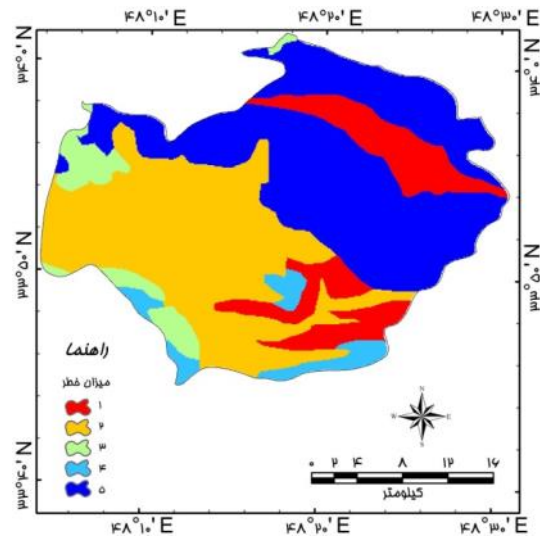
**لیتولوژی:** شناخت ویژگی‌های زمین‌شناسی سطحی حوزه آبریز برای ارزیابی فرسایش و رسوب‌زایی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. سنگ‌های سست و نرم معمولاً به‌سادگی فرسوده می‌شوند و نقش مهمی را در تولید رسوب بر عهده دارند (شکل ۷). برای تهیه لایه لیتولوژی منطقه مورد مطالعه سنگ‌های موجود در منطقه در ۵ گروه، گروه فرسایشی خیلی کم (تشکیلات سخت و فشرده) با امتیاز ۱، گروه فرسایش کم (سنگ‌های دگرگونی) با امتیاز ۲، گروه فرسایشی متوسط (سنگ‌های آهکی) با امتیاز ۳، گروه فرسایش زیاد (ماسه‌سنگ و کنگلومرا) با امتیاز ۴ و گروه فرسایشی خیلی زیاد (مارن و شیل) با امتیاز ۵ تقسیم‌بندی شد (شکل ۵).

**خاک:** برخی از خاک‌ها در اثر یک باران ثابت با سهولت بیشتری نسبت به خاک‌های دیگر فرسوده می‌شوند که ناشی از ماهیت متفاوت آن‌هاست، که به فرسایش‌پذیری خاک معروف است و به خصوصیات ذاتی خاک بستگی دارد. فرسایش از ضربه قطرات باران به سطح خاک یا پاشمان خاک با شدت بارندگی و انرژی جنبشی آن رابطه مستقیم داشته و با میزان رس موجود در خاک دارای رابطه معکوس

می‌باشد. نیروی چسبندگی بین ذرات رس باعث افزایش پایداری خاک می‌شود و در نتیجه از میزان فرسایش و تولید رسوب می‌کاهد (شکل ۸). برای تهیه لایه خاک در منطقه مورد مطالعه، خاک‌های موجود بر اساس بافت خاک، پایداری خاکدانه‌ها، میزان آهک، مواد آلی، قابلیت پخش رس در ۵ طبقه، گروه فرسایشی خیلی کم با امتیاز ۱، گروه فرسایش کم با امتیاز ۲، گروه فرسایشی متوسط با امتیاز ۳، گروه فرسایشی زیاد با امتیاز ۴، گروه فرسایشی خیلی زیاد با امتیاز ۵ طبقه‌بندی شد (شکل ۶).



شکل ۶: لایه ارزش گذاری شده خاک



شکل ۵: لایه ارزش گذاری شده لیتولوژی



شکل ۸: جریان سیلابی خاکهای بسیار ریز بافت رس، لای و سیلت.



شکل ۷: هوازدگی شدید سنگ‌ها و ریزش آن‌ها به پای دامنه‌ها.

**بارش:** در مطالعه عناصر آب‌وهوایی، بارش به‌عنوان یکی از عناصر اصلی مؤثر بر دینامیک بیرونی مطالعه شده است. آب‌وهوا علاوه بر تأثیر بر روی پدیده خاک‌زایی بر روی وضع پوشش گیاهی نیز تأثیر دارد از میان عناصر تشکیل‌دهنده آب‌وهوا، بارش و درجه حرارت بیشترین تأثیر را بر روی فرسایش دارند. باران بخصوص باران‌های شدید نقش بسیار بارزی دارند. مقدار و شدت بارندگی در میزان رواناب و در نتیجه در میزان فرسایش مؤثر است برای بررسی بارش، داده‌های اقلیمی مربوط به ایستگاه‌های همدید و باران‌سنجی‌های استان لرستان، از اداره هواشناسی استان لرستان تهیه شد (جدول ۵). سپس جهت تهیه لایه هم‌بارش، تجزیه و تحلیل این داده‌ها در نرم‌افزار Excel صورت گرفت. از آنجایی که در مناطق کوهستانی بارش به‌شدت از ارتفاع تأثیر می‌پذیرد، لذا در منطقه مورد مطالعه نیز به علت کوهستانی بودن و کمبود تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی، رابطه‌ای بین ارتفاع و میزان بارندگی در ایستگاه‌های

موجود به دست آمد که با استفاده از این رابطه لایه هم‌بارش منطقه مورد مطالعه تهیه شد. (رابطه ۲). لایه هم‌بارش حوزه آبریز الشتر به ۵ کلاس تقسیم شده است (شکل ۹).

$$P = 0.1183h + 309.62$$

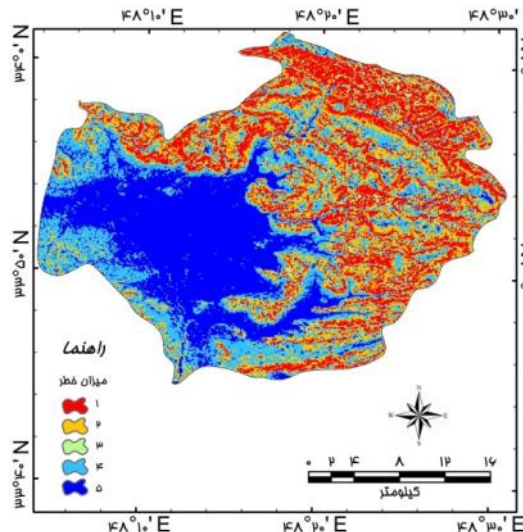
رابطه ۲

در این رابطه  $P$  مقدار بارندگی برحسب میلی‌متر،  $h$  ارتفاع از سطح دریا برحسب متر است.

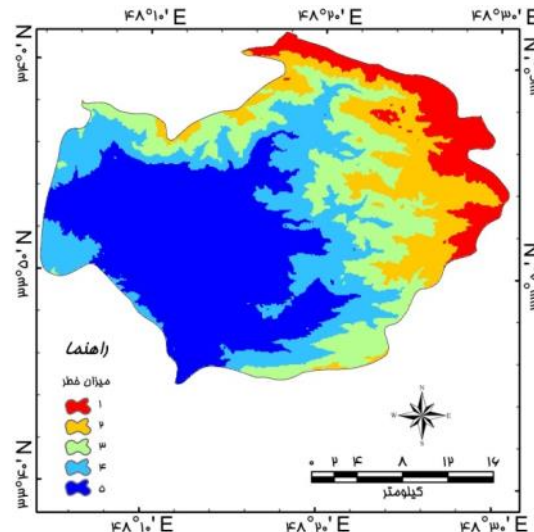
جدول ۵: ایستگاه‌های باران‌سنجی و مشخصات جغرافیایی مورد استفاده در این تحقیق

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	میانگین بارش سالانه
سراب صیدعلی	۲۴۱۳۸۴	۳۷۴۲۰۰۹	۱۵۲۹	۵۰۲/۷
کاکارضا	۲۴۵۳۲۶	۳۷۳۱۴۳۱	۱۷۱۸	۵۳۵/۰۶
ونایی	۲۳۷۴۷۰	۳۷۵۹۰۴۲	۱۹۷۳	۵۶۰
دره تنگ	۲۴۷۸۲۲	۳۷۵۸۱۵۲	۱۷۲۶	۴۶۱/۸۴
بادآور	۲۲۹۳۶۹	۳۷۵۳۸۹۹	۱۷۲۳	۵۰۷/۷
الشتر	۲۶۶۳۲۲	۳۷۴۰۰۶۱	۱۴۷۹	۴۹۰/۷۳
کاظم‌آباد	۲۶۲۳۴۵	۳۷۴۸۴۱۱	۲۶۰۰	۶۱۷

**شیب:** یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوزه آبریز، پستی و بلندی است که معمولاً با شاخص شیب سنجیده می‌شود. فرسایش معمولاً در شیب‌های تند که دارای طول زیادی نیز می‌باشند افزایش می‌یابد، دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت رواناب و همچنین افزایش نقش قطرات باران در ایجاد فرسایش می‌باشد. در این پژوهش لایه شیب برای منطقه مورد مطالعه در ۵ کلاس ۰-۵، ۵-۱۵، ۱۵-۲۵، ۲۵-۴۰، ۴۰-۲۵؛ و بیشتر از ۴۰ درجه به ترتیب از ۱ تا ۵ امتیازدهی شد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: لایه ارزش گذاری شده شیب.



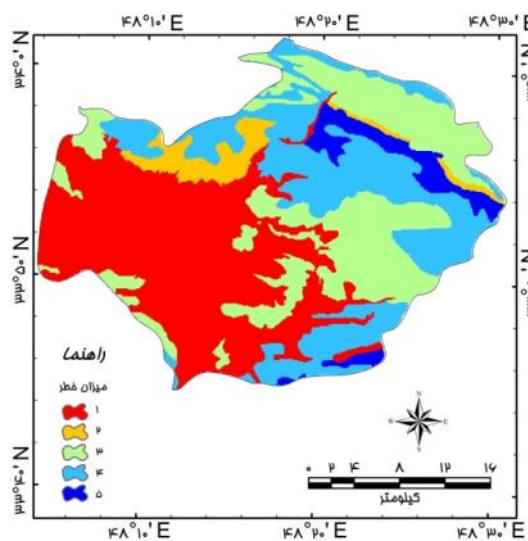
شکل ۹: لایه ارزش گذاری شده بارش.

**پوشش گیاهی:** پوشش گیاهی، مقدار انرژی باران را کاهش داده و مقدار نفوذ را از طریق عمل ریشه‌ها در بین خاک متعادل می‌سازد. در صورتی که عدم وجود پوشش گیاهی در اثر چرای مفرط و یا آتش‌سوزی زمین را لخت کرده و عمل فرسایش را به شدت تشدید می‌کند (شکل ۱۳ و ۱۴). مهم‌ترین عامل حفظ و پایداری منابع آب‌و خاک وجود پوشش گیاهی مناسب در عرصه‌های منابع

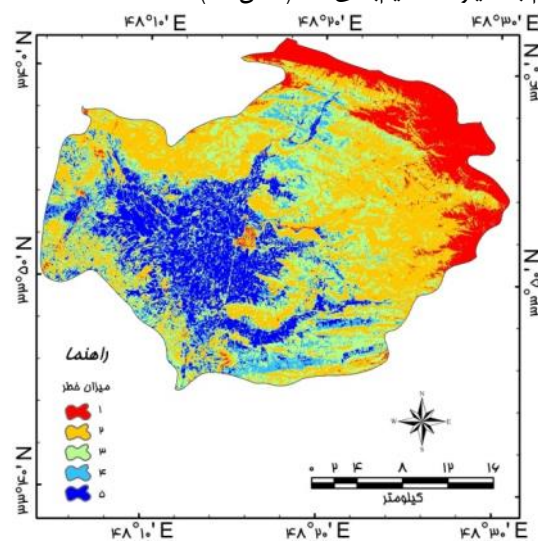
طبیعی می‌باشد، به طوری که در تمامی مطالعات صورت گرفته، نقش مثبت پوشش گیاهی در حفظ آب‌و‌خاک کاملاً پیداست (۲۸، ۳۹). برای تهیه لایه پوشش گیاهی از تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست شاخص پوشش گیاهی NDVI استخراج گردید و به ۵ گروه تقسیم شد که با افزایش میزان پوشش گیاهی امتیاز آن از ۱ تا ۵ افزایش یافته است (شکل ۱۱).

**کاربری اراضی:** فعالیت‌های انسان از زمانی که شروع به بهره‌برداری از زمین نمود، در جهت تشدید فرسایش بوده و میزان این فرسایش با بهره‌برداری بیشتر افزایش خواهد یافت. از عمده‌ترین این فعالیت‌ها می‌توان به عملیات آماده نمودن زمین مانند شخم، چرای مفرط دام‌ها، بهره‌برداری غیراصولی از جنگل‌ها، احداث معادن، توسعه مناطق شهری و احداث جاده‌ها اشاره نمود. به‌طور کلی هر استفاده‌ای که موجب کاهش درصد پوشش زمین بر روی یک شیب شود به شدت بر روی فرسایش و تولید رسوب اثر می‌گذارد. به منظور اثر دادن لایه کاربری اراضی، مناطق جنگلی با امتیاز ۱، بیشه‌زار با امتیاز ۲ و بوته‌زار با امتیاز ۳، اراضی آبی با امتیاز ۴، اراضی

دیم با امتیاز ۵ تقسیم‌بندی شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: لایه ارزش گذاری شده کاربری اراضی.



شکل ۱۱: لایه ارزش گذاری شده پوشش گیاهی.



شکل ۱۴: قسمتی از پوشش‌های گیاهی گونه (*Astragalus gummifer*)<sup>۱</sup> که در اثر چرای بی‌رویه دام در آستانه نابودی کامل قرار گرفته است.



شکل ۱۳: از بین رفتن پوشش گیاهی و آستانه شروع فرسایش سطحی و شیاری.

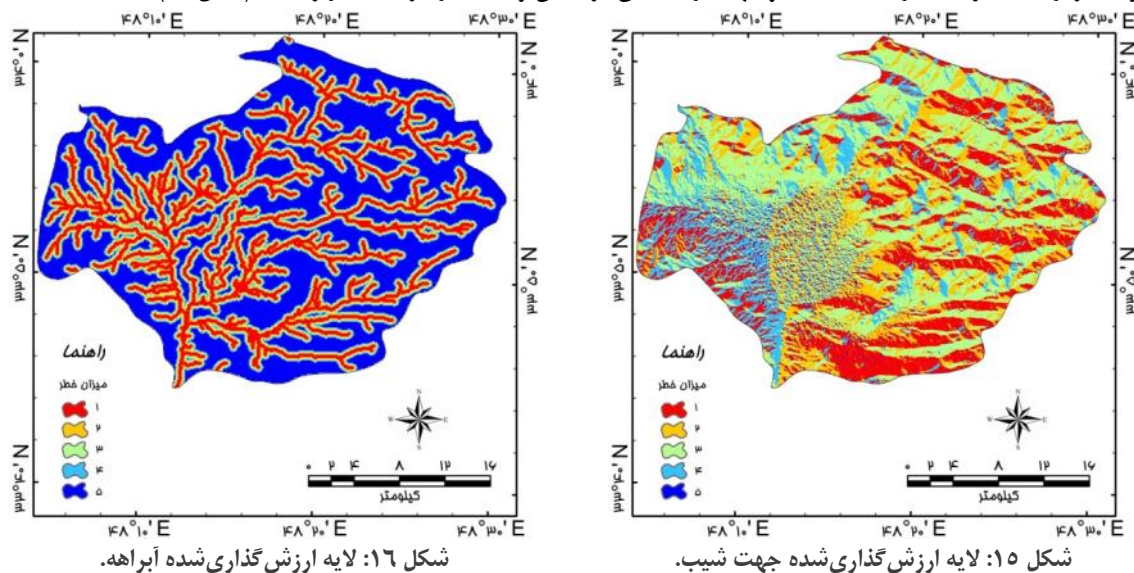
**جهت شیب:** جهت شیب از عوامل تأثیرگذار در تهیه لایه حساسیت به فرسایش است، زیرا جهت شیب نشان‌دهنده تأثیر متفاوت نور آفتاب، بادهای گرم و خشک و بارش در جهت‌های مختلف است. در این تحقیق به منظور ارتباط بین جهت شیب و فرسایش‌های

<sup>۱</sup> در برخی منابع نام پذیرفته شده این گونه *Astracantha gummifera* (Labill.) Podlech ذکر شده است.



رخ داده و با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده فرسایش، لایه جهت شیب برای منطقه مورد مطالعه به ۵ کلاس، مناطق مسطح با امتیاز ۱، شمال با امتیاز ۲، شرق با امتیاز ۳، غرب با امتیاز ۴، جنوب با امتیاز ۵ طبقه بندی شد (شکل ۱۵).

**آبراهه:** به منظور تهیه لایه حریم فاصله از آبراهه، شبکه آبراهه از روی لایه توپوگرافی در محیط نرم افزار ArcGIS رقومی شد. سپس لایه فاصله از آبراهه به ۵ کلاس با فواصل ۱۰۰-۰، با امتیاز ۵، ۲۰۰-۱۰۰ با امتیاز ۴، ۳۰۰-۲۰۰ با امتیاز ۳، ۴۰۰-۳۰۰ با امتیاز ۲ و بیشتر از ۴۰۰ متر با امتیاز ۵ طبقه بندی و جهت ارتباط بین فرسایش و فاصله از آبراهه به کار برده شد (شکل ۱۶).



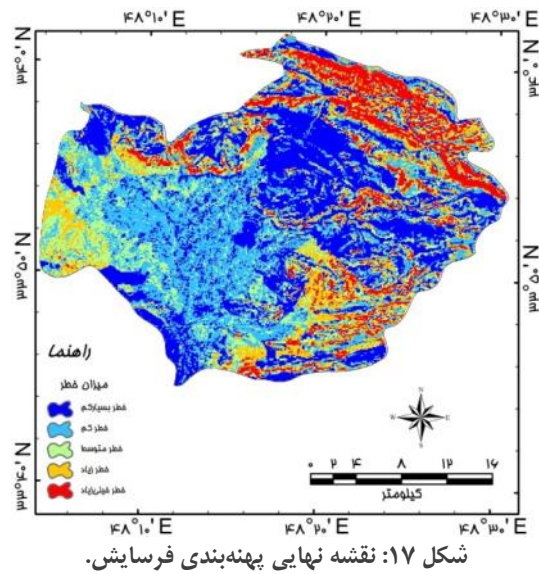
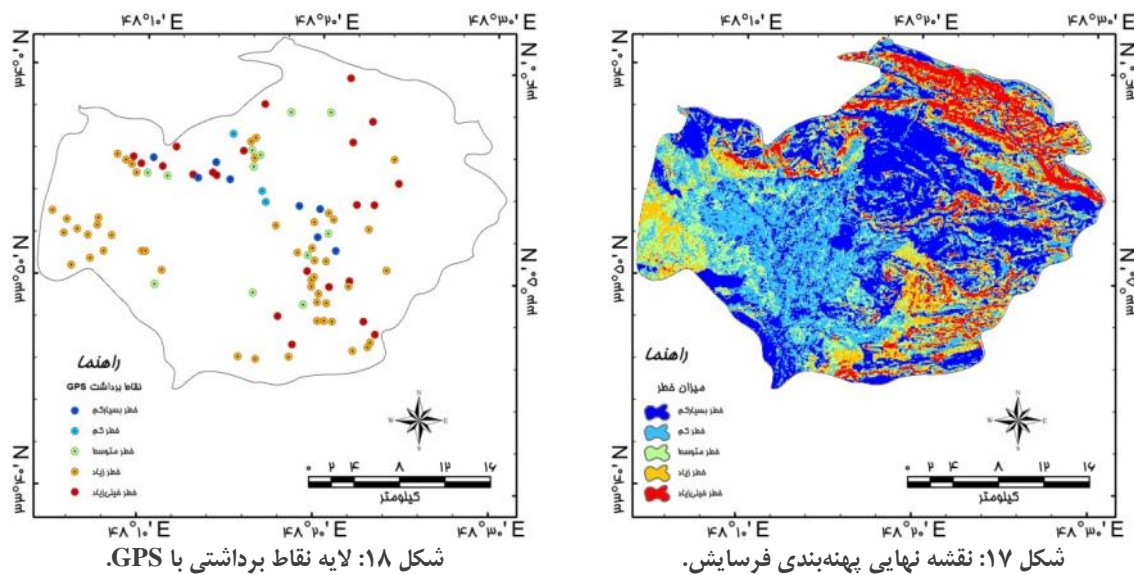
بررسی نتایج این تحقیق نشان می دهد که مناطقی که دارای شیب تند، پوشش گیاهی ضعیف، اراضی بایر، وجود سنگ های آهکی و دولومیتی و شیب عمومی ۴۰ درصد به بالا هستند دارای فرسایش بسیار شدید می باشند این تیپ از فرسایش در شمال، شمال غرب و شمال شرق حوزه مورد مطالعه قرار دارد. در قسمت شرق و جنوب شرق منطقه به علت شیب زیاد، کم بودن عمق خاک، چرای بی رویه دامها، وجود پوشش گیاهی تنک مانند گون و کما و شخم زدن زمین ها در جهت شیب و وجود سازندهای ماری باعث فرسایش شدید شده است. در قسمت غرب، جنوب و مرکز حوزه به علت توپوگرافی ناهموار و در بعضی قسمت ها عمق کم خاک، دیم کاری غلات، گیاهان استپی، در بعضی موارد زراعت آبی و شیب کمتر از نقاط دیگر منطقه، فرسایش متوسط است.

در قسمت جنوب حوزه به سمت شمال به سبب وجود گیاهان زراعتی آبی و در بعضی قسمت ها دیم کاری غلات، بافت سنگین خاک و شیبی در حدود ۱۰ درصد باعث شده که این مناطق، فرسایش ضعیف داشته باشد. مرکز حوزه به سبب وجود رسوبات آبرفتی کواترنری، بافت سنگین خاک، کاشتن گیاهان زراعتی آبی و دیمی، باغ کاری، اختلاف ارتفاع کم و شیب بین ۱۰-۰ درصد و در بعضی موارد بیشتر از ۱۰ درصد باعث شده که فرسایش در این منطقه بسیار ضعیف باشد زیرا پوشش گیاهی و شیب کم تا ملایم فعالیت عوامل مؤثر در فرسایش را محدود کرده است. با توجه به مباحث مربوط به واحدهای چینه شناسی، ۴۵ درصد از مساحت حوضه به وسیله رسوبات کواترنری و ۳۵ درصد توسط سنگ های آهکی و دولومیتی و بقیه توسط سازندهای آهکی و ماری پوشیده شده است که وجود تشکیلات کواترنری حساس به فرسایش باعث افزایش و تولید رسوب شده است.

از دیدگاه ژئومورفولوژی منطقه به دو تیپ عمده تقسیم می شود ۱- کوهستان ۲- دشت در بعضی از قسمت های حوضه مورد مطالعه کوهستان ها از سازندهای آهکی و دولومیتی سخت تشکیل شده اند اما شیب تند آن ها (بیش از ۵۰ درصد) بستری مناسب برای فعالیت فرسایش شبکه آب ایجاد کرده است. به نحوی که اغلب سازندهای سخت را به شدت فرسایش داده است این در حالی است که در قسمت های مرکز، جنوب غرب، جنوب شرق با اینکه جنس سازندها زمینه فرسایش منطقه را مهیا کرده است، اما شیب کم منطقه (کمتر از ۵ درصد) شدت عمل فرسایش را کاهش داده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که ۱۱ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه خطر خیلی زیاد، ۱۳ درصد خطر زیاد، ۱۶ درصد خطر متوسط، ۲۸ درصد خطر کم و ۳۲ درصد خطر بسیار کم می باشد (شکل ۱۷). همچنین نتایج حاکی از آن است که در بین پارامترهای

تأثیرگذار در فرسایش به ترتیب شیب، لیتولوژی، بارش، جهت شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، طبقات ارتفاعی، گسل، چشمه، آبراهه و جاده بیشترین اهمیت را دارند. برای بررسی میزان صحت، موقعیت ۹۳ نقطه از نقاط دارای فرسایش در بررسی میدانی با استفاده از دستگاه GPS مشخص گردید و با کاربرد توابع رویهم‌گذاری ArcGIS با نقشه نهایی فرسایش انطباق داده شد. نتایج حاصل از این همپوشانی نشان داد که از این تعداد ۲۴ درصد در خطر خیلی زیاد، ۵۱ درصد در خطر زیاد، ۱۳ درصد در خطر متوسط، ۳ درصد در خطر کم خطر و ۹ درصد در منطقه خطر بسیار کم قرار گرفتند (شکل ۱۸) که نشان دهنده دقت روش ANP در بررسی فرسایش در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به منظور تهیه نقشه نهایی خطر فرسایش در حوزه آبخیز دوآب، وزن‌های به‌دست‌آمده از روش ANP را با استفاده از توابع همپوشانی ArcGIS در لایه‌های مربوطه ضرب شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که:

- ۱- شیب در شدت فرسایش منطقه نقش بارزی داشته است.
  - ۲- فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین عوامل فرسایش در منطقه محسوب می‌شوند، در حوضه مورد مطالعه از طریق ایجاد راه‌های ارتباطی، شخم زدن در جهت شیب، چرای بی‌رویه دام، قطع درختان، سوزاندن کاه و کلش، استفاده از معادن ماسه، سنگ و خاک فرسایش را تشدید کرده است. نتایج نشان می‌دهد که با اینکه وضعیت طبیعی منطقه پتانسیل بالایی را نشان می‌دهد اما وجود یک دشت هموار (شیب کمتر از ۵ درصد) مانعی جدی برای عوامل فرسایش بوده است.
- نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج مطالعه دمیریل و توفان (۲۰۱۱) در ارزیابی عوامل مؤثر بر فرسایش با استفاده از روش ANP فازی مطابقت دارد در این تحقیق اقلیم، توپوگرافی، شیب و کاربری اراضی و فعالیت‌های انسانی مهم‌ترین عوامل در ایجاد فرسایش بوده‌اند. همچنین نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات الکساندر و همکاران (۲۰۰۹) در پهنه‌بندی خطر فرسایش با استفاده از روش ANP در داخل محیط GIS تأکید دارد در این تحقیق توانمندی بسیار بالای روش ANP در شناسایی مناطق فرسایش تأکید شده است. از آنجاکه روش ANP سامانمند با وابستگی‌ها برخورد می‌کند یعنی تمام وابستگی‌های بیرونی و درونی میان عناصر و خوشه‌ها را برای تحلیل در نظر می‌گیرد، اما سایر روش‌ها این روابط را کمتر در نظر می‌گیرند. بنابراین با توجه به وابستگی‌های مسائل فرسایش این روش جهت شناسایی مناطق مستعد فرسایش می‌تواند بسیار سودمند باشد. همچنین روش وزن‌دهی استفاده‌شده در این تحقیق برای ارزیابی و پهنه‌بندی فرسایش با مدل گرافیکی ارائه‌شده به‌وسیله کوهن و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. روش ANP استفاده شده در این تحقیق با مدل کوهن دارای شباهت‌هایی بوده ولی به لحاظ منبع اطلاعات ورودی (به لحاظ استفاده از نقشه‌های پایه و تصاویر

ماهواره‌ای) در دو مدل تفاوت‌هایی وجود دارد. همان‌طوری که نتایج بوردمن (۲۰۰۶) نیز نشان می‌دهد استفاده از روش‌های وزن‌دهی با استفاده از نظر متخصصین به روش‌های دیگر ارجحیت دارد. بنابراین نتایج حاصل از این تحقیق به موارد زیر تأکید می‌کند:

- ۱- جلوگیری از چرای بی‌رویه دام در قسمت شمال، شمال غرب و شمال شرق که پوشش گیاهی ضعیف است و ایجاد طرح احیاء مراتع.
- ۲- در اراضی دیمی در دامنه‌ها و سراشیب‌ها، شخم زمین در جهت عمود بر شیب منطقه باشد خصوصاً در روستاهای پرسک، دره تنگ، علی‌آباد جوانمرد، فیروزآباد، گریان، سیاهپوش، زیرا این کار باعث نفوذ آب در زمین و جلوگیری از تمرکز آب سطحی می‌شود.

## ۵- مراجع

۱. حاله، حسن، حسین کریمیان، ۱۳۸۹. انتخاب مناسب‌ترین ساختار برای بهبود قابلیت اعتماد سیستم با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP). نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۸، سال بیست و یکم، صص ۳۲-۲۴.
۲. سازمان تحقیقات کشاورزی و وزارت کشاورزی، ۱۳۷۰. مطالعات اجمالی خاکشناسی و طبقه بندی اراضی استان لرستان، مؤسسه تحقیقات خاک و آب
۳. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان، ۱۳۸۲. گزارش طرح جامع مدیریت خشکسالی استان لرستان، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
۴. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان لرستان ۱۳۹۰. گزارش توجیهی تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی الشتر، مهندسین مشاور سنگاب زاگرس.
۵. عرفانیان، مهدی، پریسا قهرمانی و حسین سعادت، ۱۳۹۲. تهیه نقشه خطر فرسایش خاک با استفاده از منطق فازی در حوضه آبخیز قرناوه گلستان، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال هفتم، شماره ۲۳، صص ۴۳-۵۲.
۶. فرجی سبکبار، حسنعلی، حسین نصیری، محمد حمزه. سمیه طالبی یوسف رفیعی. ۱۳۹۰. تعیین عرصه‌های مناسب برای تغذیه مصنوعی بر پایه تلفیق روشهای ANP و مقایسه زوجی در محیط GIS مطالعه موردی دشت گریایگان فسا، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال بیست و دوم، شماره ۴، صص ۱۴۳-۱۶۶.
۷. محمدی لرد، عبدالحمید، ۱۳۸۸. فرآیندهای تحلیل شبکه ای در (ANP) و سلسله مراتبی، تهران: نشر البرز فردانش.
۸. مومنی، منصور، علیرضا شریفی سلیم، ۱۳۹۰. مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه، تهران: انتشارات علم و دانش.
۹. مهرگان، عطیه، ۱۳۸۵. ارزیابی روشهای تهیه نقشه خطر فرسایش با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی در حوضه آبخیز لتیان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته خاکشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
۱۰. نادری، فتح اله، حاجی کریمی و بهروز ناصری، ۱۳۸۹. پهنه بندی پتانسیل فرسایش خاک در حوضه آبخیز آسمان آباد ایلام به روش شاخص فرسایش، پژوهش‌های آبخیزداری، سال هشتم، شماره ۹، صص ۴۴-۵۱.
۱۱. نجفی، اسدالله، ۱۳۸۹. بکارگیری فرآیند تحلیل شبکه ای در تحلیل چالش‌های ساختاری و محیط اجرایی سازمان در مدیریت پروژه، نشریه بین‌المللی صنایع و مدیریت تولید، سال بیست و یکم شماره ۱، صص ۷۶-۶۳.
۱۲. نوحه گر، احمد، محمد کاظمی، ۱۳۹۲. ارزیابی خطر فرسایش آبی با استفاده از مدل (ICONA مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ بستانک شیراز)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و هشتم، شماره ۴، صص ۱-۱۴.
13. Akay, A.E.; Erdas, O.; Reis, M.; Yuksel, A., 2008, Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. Building and Environment, 43 (5), 687-695.
14. Bennet, J. P. 1990. Concepts of mathematical modeling of sediment yield. Water and Resource Research, 10, 485-492.



15. Bergsma, E., 1996. Terminology for soil erosion and conservation. International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC).
16. Boardman, J., 2006. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches. *CATENA* 68(2), 73-86.
17. Cohen, M.J., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., 2005. Empirical reformation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. *Geoderma* 124(3), 235-252.
18. Corona C, Lopez Saez J, Rovéra G, Stoffel M, Astrade L, Berger F. 2011. Highly resolved, quantitative reconstruction of erosion rates based on anatomical changes in exposed roots (Draix, Alpes de Haute Provence) – critical review of existing approaches and independent quality control of results. *Geomorphology* 125, 433-444. DOI.10.1016/j.
19. Dadrasi, A., Meijerink, A. M. J and Mannaerts, C. M. M. 1997. Erosion assessment in the badland catchments of western Zanjan valley, using remote sensing and Geographic Information System; new field evidence and modeling. International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC).
20. 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.
21. El Tahir, M., K`a`ab, A. and C.-Y. Xu, 2010, Identification and mapping of soil erosion areas in the Blue Nile, Eastern Sudan using multispectral ASTER and MODIS satellite data and the SRTM elevation model, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1167-1178.
22. Farooq Iqbal, M ., Ahmad Khan, I., (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*, Volume 17, Issue 2, Pp: 209-229.
23. Gournellos, Th., Evelpidou, N and Vassilopoulos, A., 2004. Developing an erosion risk map using soft computing methods (case study at Sifnos Island). *Natural Hazards*, 31, 63-83.
24. Hadda, M.S., Bhardwaj, D. D. and Kukal, S. S., 2005. Assessment of erosion risk a catchment using information on rainall erosivity, aggressiveness, soil erosion survey and soil erodibility. . *Water and Resource Research*. 46: 265-273.
25. Jong, S. M.; Paracchini, M.L.; Bertolo, F.; Folving, S.; Megier, J., 1999, Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data. *Catena*, 37: 291-308.
26. Mati, B. M., Morgan, R. P., Gichuki, F. N., Quinton, J. N., Brewer, T. R. and Liniger, H. P. ,2000. A case study of the upper Ewaso Ngiro north basin of Kenya. *JAG*. 2(2) pp: 78-86.
27. Mezosi, G., Mucsi, L., 2003. Remote sensing methods in soil erosion assessment in Matra Mountains, Hungary. *ACTA Geographica Szegediensis*. pp: 89-98.
28. Micheli ER, Kirchner JW. 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.
29. Millington, A. c., 2002. Reconnaissance scale soil erosion mapping using a simple geographic information system in the humid tropics. *Geoderma*, 31: 5-9.
30. Morgan, R. P. C., 1996. Soil erosion and conservation. Second edition. Longman.43-62.

31. Olexandr Nekhay a, Manuel Arriaza a, Luc Boerboom, 2009, Evaluation of soil erosion risk using Analytic Network Process and GIS:A case study from Spanish mountain olive plantations, *Environmental Management* 90(10), 3091–3104
32. Oyarzun, C., 1995. Land use, hydrological properties and soil erodibility in Bio-Bio river basin, central Chile. *Mountain Research and Development*, 15: 331-338.
33. Parlak, M., 2007, Determination of erosion risk according to CORINE methodology (a case study: Kurtbogazi Dam). *International Congress River Basin Management*, 1, 844-859
34. Rouse, J.W., Hass, R. H. Schell, Jr., J.A. and. Deering, D. W, 1974, Monitoring vegetation from bidirectional reflectance measurements, *Remote Sensing Enviro.*, 51, 375- 384.
35. Saaty. T.L 2004. Decision making the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP), *Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-34.
36. Saha, S. K. 1996. Integrated use of remote sensing and GIS for soil erosion hazard modeling- A case study. *Indian Institute of Remote Sensing, NRSA*
37. Sazbo, J., Pasztor, L.; Suba, Z.; Varallyay, G.1998, Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. *Proceedings of the 16th International Congress of Soil Science, Montpellier, France, August*, pp. 63-75.
38. Sharma A., 2010, integrating terrain and vegetation indices for identifying potential soil erosion risk area. *Geo-Spatial Information Sci.*, 3 (3), 201-209.
39. Thorne CR. Thornes JB (Ed.). John Wiley & Sons, 1990. Effects of vegetation on riverbank erosion and stability In *Vegetation and Erosion: Chichester*; 125–144.
40. Tufan Demirel, and Serhat Tüzün 2011, Multi Criteria Evaluation of the Methods for Preventing Soil Erosion Using Fuzzy ANP: The Case of Turkey, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 2(3): 6 – 8.
41. Vrieling, A.; Sterk G.; Beaulieu, N., 2002 Erosion risk mapping; a methodological case study in the Colombian Eastern Plains. *Soil and Water Conservation*, 57(3), 158-163.
42. Yuksel,A., Gundogan, R., Akay, E., 2008, Using the Remote Sensing and GIS Technology for Erosion Risk Mapping of Kartalkaya Dam, Watershed in kahramanmaras, Turkey, *Sensors*, 8(8), 4851-4865; DOI: 10.3390/s8084851.
43. Yildiz, O and Barros, P. 2009. Evaluating Spatial Variability and Scale Effects on Hydrologic Processes in a Midsize River Basin, *Scientific Research and Essay*, Vol. 4, pp. 217 – 225.

## HORMOZGAN UNIVERSITY

### Quarterly Journal of ENVIRONMENTAL EROSION RESEARCH 2014 summer Vol. 4: No. 2, (14) 72-89

#### Investigation of soil erosion risk in Doab basin of Lorestan by network analysis and RS and GIS techniques

- |   |                           |   |
|---|---------------------------|---|
| 1 | Asghari Saraskanroud, S.* | Corresponding Author, Assistance Professor, Department of Geomorphology, Faculty of Literature and Humanities, Urmia University, <a href="mailto:sayyad.sasghari21@gmail.com">sayyad.sasghari21@gmail.com</a> |
| 2 | Belvasi, M.               | M.Sc. Graduated of Remote Sensing & Geographic Information Systems, Tabriz University   |
| 3 | Zeinali, B.               | Assistance Professor, Department of Climatology, Faculty of Literature and Humanities, Mohaghegh ardabili University  |
| 4 | Belvasi, I.               | M.Sc. Graduated of Remote Sensing & Geographic Information Systems, Tabriz University   |
| 5 | Davoodi, A.               | M.Sc. Graduated of Geomorphology, Kharazmi University   |

#### Abstract

The erosion is one of the waster factors of land sources. Understanding of erosion danger provides possibility of identifying critical regions and priority of administrative and protective plans. The aim of this research is providing of soil Endanger map by GIS, RS and multi criteria division systems in Doab basin of Lorestan province. For purpose, data of 8 important factors in soil erosion including: slope aspect, slope, lithology, land use, vegetation cover, precipitation, soil was provided by GIS. Then weight of each factor and weight of classes each layer was calculated in super division by Analytic network process and pair comparison methods. Then, case study was classified for each factor by GIS overlaying functions. Finally, final map was provided in 5 classes of very much danger, much danger, middle danger, low danger, and very low danger by classified maps combination based on obtained weight from Analytic network process method. Results indicated that %11, %13, %16, %28, and %32 of case study are very much danger, much danger, middle danger, low danger, and very low danger respectively. Also, for results validity, position of 93 points of erosion was determined in field investigation with GPS. Then, these points compared with erosion map by ArcGIS overlaying functions. Results of this overlay indicated that from these points, %24, %51, %13, 3 and 9 point has laid in very much danger, much danger, middle danger, low danger and very low danger respectively. So Data obtained during the field study is accordance with ANP method results that are indicator precision of Analytic network process method in investigation of erosion.

**Keywords:** Erosion, Network Analysis, RS & GIS, Doab Basin, Multi Criteria Division.