سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.11, No. 4, Winter 2020

۱-۱۰

برآورد و پهنه‌بندی فرسایش خاک با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و GIS (مطالعه موردی: حوضه قلعه‌چای)

منیره موسی بیگی[۱]، ایمان بهارلو[۲*]، علیرضا وفائی نژاد[۳]

۱. کارشناس ارشد رشته سنجش از دور و GIS ، گرایش مخاطرات محیطی

۲. دانشجوی دکترا سنجش از دور و GIS، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۳. استادیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۳۰

چکیده

شناسایی عوامل مؤثر در گسترش فرسایش خاک و پهنه‌بندی آن یکی از عوامل اساسی، جهت مدیریت و کنترل این پدیده و تعیین راهکارهای مناسب در مقابله با گسترش آن است. هدف از این پژوهش، پهنه بندی فرسایش خاک در حوضه قلعه‌چای، در غرب استان آذربایجان شرقی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی است. بدین منظور با بررسی منابع و نظر کارشناسان، عوامل مؤثر بر فرسایش خاک از قبیل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، بارندگی سالانه و خاک مورد ارزیابی قرار گرفته و سپس با استفاده از نرم افزار ArcGIS و ضرایب استخراج شده در فرآیند تحلیل شبکه، نقشه پهنه‌بندی فرسایش خاک تهیه و در پنج کلاس، فرسایشی خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم، باز طبقه‌بندی شد. نتایج این تحقیق نشان داد کلاس‌های خطر زیاد و بسیار زیاد، در مجموع ۳۷/۱۲ درصد از مساحت منطقه که ۱۱۸/۵۶ کیلومترمربع را شامل می‌شود، در بر می‌گیرد. همچنین در بخش‌های جنوبی و مرکزی حوضه، مقدار فرسایش خاک زیاد است، این مناطق شرایط بحرانی و حادی را از نظر فرسایش نشان می‌دهند و با توجه به احداث و آبگیری سد قلعه‌چای، می‌بایست در اولویت اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و آبخیزداری قرار گیرند.

کلید واژه‌ها: پهنه‌بندی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، فرسایش خاک، قلعه‌چای، GIS

*نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تهران، حصارک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه سنجش از دور و GIS تلفن: ۰۰۹۸۹۱۳۲۶۹۰۱۱۴+

Email: iman.baharloo@gmail.com

۱- مقدمه

اثرات منفی فرسایش خاک بر اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی، تبدیل به نگرانی بزرگی بین دانشمندان شده است. فرسایش خاک، باعث از دست رفتن مواد مغذی خاک مانند نیتروژن، فسفر و رطوبت خاک شده و باعث کاهش بهره‌وری خاک می‌شود. اثرات منفی فرسایش خاک در خارج از محل وقوع، از طریق آلودگی فیزیکی و شیمیایی منابع آب، رسوب مواد فرسایش یافته در اراضی کشاورزی، صدمه به بسیار از سازه‌ها و تأسیسات ذخیره و انتقال آب، کاهش ظرفیت مخازن و سدها و کاهش ظرفیت عبور آب آبراهه‌ها، کانال‌ها و زهکش‌ها، مشهود است (رفاهی و همکاران، ۱۳۸۵). امروزه بیش از ۸۰ درصد زمین‌های کشاورزی در سراسر دنیا در معرض تهدید فرسایش خاک قرار گرفته‌اند (جردانوا و همکاران، ۲۰۱۴). در ایران نیز برآورد شده است از کل مساحت کشور، حدود ۴۰ درصد دارای فرسایش کم (کمتر ۱۰ تن در هکتار)، ۲۵ درصد مساحت کشور دارای فرسایش متوسط (۱۰ تا ۲۰ تن در هکتار در سال)، ۲۳ درصد مساحت کشور دارای فرسایش زیاد (۲۰ تا ۵۰ تن در هکتار در سال) و ۱۲ درصد نیز دارای فرسایش بسیار زیاد (بیش از ۵۰ تن در هکتار در سال) است (امیدوار، ۱۳۸۶). علاوه بر این، اگر چه جامعه علمی بین‌المللی، فرسایش خاک را به عنوان یک مشکل جدی زیست محیطی به رسمیت می شناسد، با این حال برای تعیین تأثیرات تغییرات آب و هوایی در آینده در مقدار فرسایش خاک و به‌خصوص عواقب اقتصادی و زیست‌محیطی آن دشوار است (کوریا و همکاران، ۲۰۱۶).

به منظور شناسایی مناطق از نظر فرسایش خاک، مطالعات زیادی توسط متخصصان و پژوهشگران انجام گرفته که در ادامه به مواردی از آن‌ها اشاره می‌شود.

بیات و جعفری اردکانی (۱۳۹۳) در پژوهشی، برای بررسی و اولویت بندی استان هرمزگان از نظر وضعیت فرسایش خاک، از مدل EPM و فن‌آوری‌های RS و GIS استفاده کرده‌اند. نتایج نشان داد میانگین ضریب فرسایش (Z) ۰/۸۲، میانگین شدت فرسایش ۹ تن در هکتار و ۶۵/۱ درصد از سطح استان در طبقه فرسایش زیاد قرار دارد. عمده مناطق دارای اولویت جهت برنامه‌ریزی و حفاظت خاک و منابع طبیعی در شرق و غرب استان پراکنده هستند. پژوهش و داودیان دهکردی (۱۳۹۳) به‌منظور پهنه‌بندی عامل فرسایش‌پذیری خاک در دشت لاله استان چهارمحال و بختیاری، از تکنیک زمین‌آمار استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد الگوی کروی برای عامل فرسایش‌پذیری و درصد سیلت، بهترین مدل برازش داده شده، برای این متغیرها است. کمانگر و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به واسنجی معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح‌شده (RUSEL) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوضه آبخیز سیخوران هرمزگان پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که بیشترین میزان فرسایش متوسط سالیانه در حوضه آبخیز سیخوران، مربوط به مناطق جنوبی است. همچنین نتایج این پژوهش، با یکی از ایستگاه‌های رسوب سنجی منطقه تطبیق داده شد که با همبستگی ۸۲/۷، مؤثر بودن استفاده از فن‌آوری‌های RS و GIS را جهت تخمین کمی مقادیر فرسایش خاک اثبات نمود. حبیبی (۱۳۹۴) در پژوهشی تحت عنوان "برآورد توان تولید رسوب در حوضه شادگان با استفاده از مدل اریفر و پایگانی" با استفاده از دو روش اریفر و روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (پایگانی)، میزان و شدت فرسایش خاک در حوضه شادگان در استان خوزستان را برآورد کرد. برای این منظور، از نقشه‌های مختلف مانند مدل رقومی ارتفاعی، بارش، کاربری اراضی، شاخص پوشش گیاهی و زمین‌شناسی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان داد که حدود ۱۲/۲ درصد از مساحت حوضه، دارای شرایط بحرانی و میزان فرسایش بسیار شدید و شدید است. بابایی و همکاران (۱۳۹۵) به منظور پهنه‌بندی فرسایش خاک در حوزه آبخیز کن از مدل RUSLE 3D استفاده کردند. در این پژوهش، مقادیر فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از اطلاعات نمونه برداری خاک در قالب نقشه واحدهای قابلیت

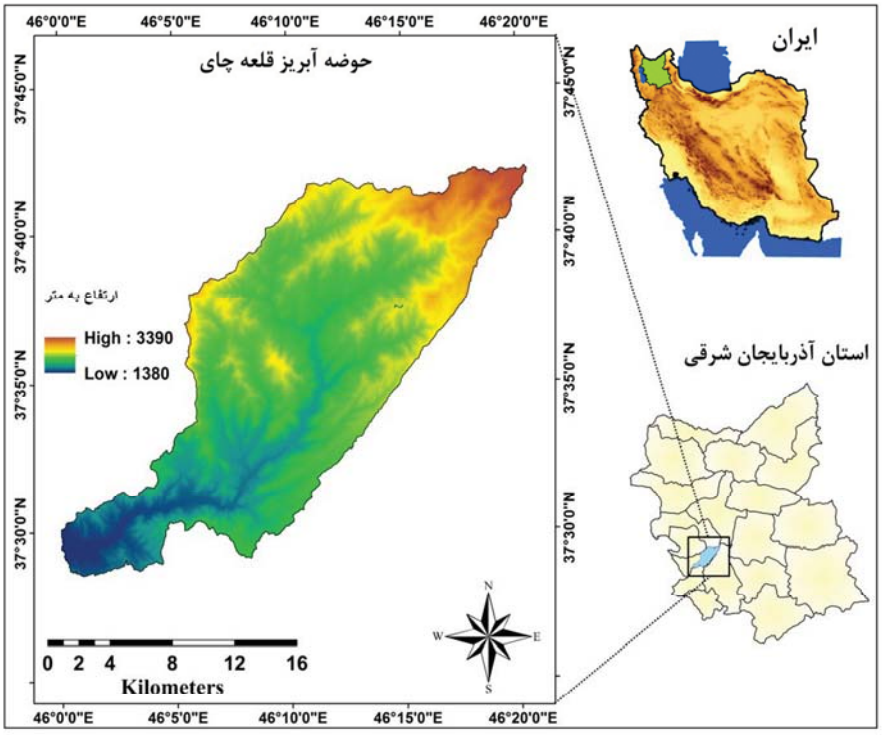
اراضی محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار میانگین سالانه فرسایش ۲۰/۲۲ تن در هکتار در سال است.

هدف از این پژوهش، تعیین شدت و نحوه پراکندگی فرسایش خاک در حوضه قلعه‌چای با تهیه نقشه پهنه‌بندی فرسایش خاک با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه است. حوضه قلعه‌چای با مساحت حدود ۳۱۹/۷۹ کیلومتر به علت ساختار خاص سازندهای رسوبی مستعد در این حوضه، به همراه شرایط اقلیمی و نوع پوشش زمین، دارای شرایط فرسایشی است، از سوی دیگر به دلیل احداث سد قلعه چای در این حوضه، لزوم انجام مطالعات برآورد شدت فرسایش خاک و پهنه‌بندی آن ضروری به نظر می‌رسد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

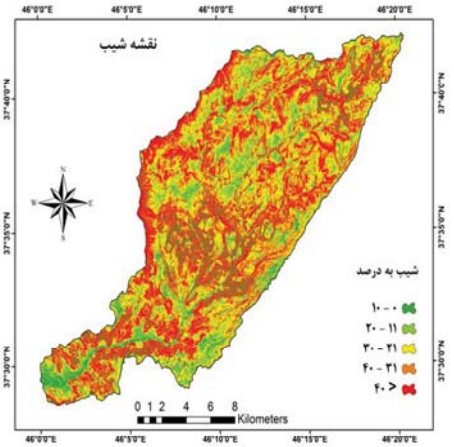
حوضه آبریز قلعه‌چای، یکی از زیر حوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه است که در شمال غربی ایران و در مختصات جغرافیایی ´۲۸ - °۳۷ تا ´۴۲ - °۳۷ عرض شمالی و ´۵۹ - °۴۵ تا ´۲۰ - °۴۶ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این حوضه به مساحت ۳۱۹/۷۹ کیلومترمربع در استان آذربایجان شرقی و شهرستان عجب‌شیر واقع شده است. بیشترین ارتفاع حوضه ۳۳۹۰ متر و کمترین ارتفاع آن معادل ۱۳۸۰ متر از سطح دریا است. رودخانه قلعه‌چای یکی از شبکه‌های رودخانه‌ای شعاعی است که از ارتفاعات آذرین سهند سرچشمه می‌گیرد و پس از زهکشی محیط پیرامونی خود، به دریاچه ارومیه می‌ریزد. شاخه اصلی رودخانه قلعه‌چای به طول تقریبی ۶۰ کیلومتر از ارتفاعات ۳۴۱۲ متری (کوه میدان داغ) سرچشمه گرفته و به ارتفاع ۱۲۷۰ متر در دشت عجب‌شیر ختم می‌شود (روستایی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین این حوضه در سیستم مختصات UTM در زون ۳۸ شمالی قرار دارد.



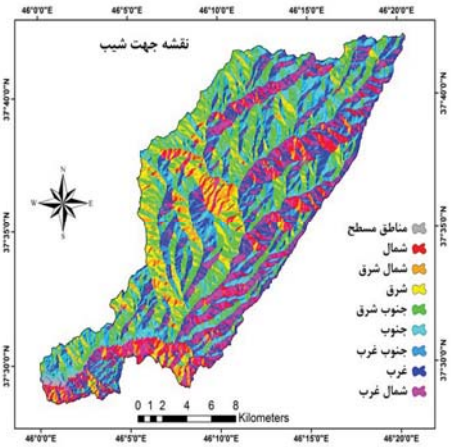
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲-۲- داده‌ها و لایه‌های مورد استفاده

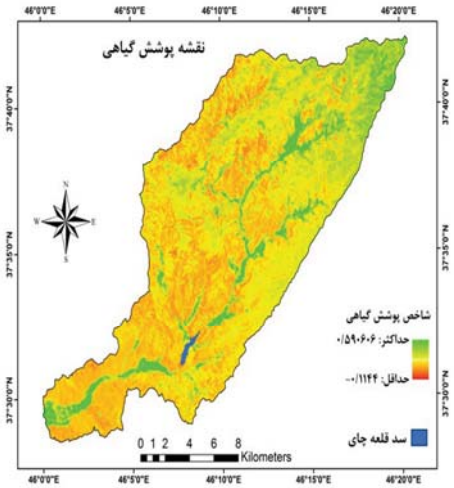
در این پژوهش، داده‌های مورد نیاز برای برآورد و پهنه‌بندی فرسایش خاک در حوضه قلعه‌چای شامل نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌ی ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان آذربایجان شرقی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۷ (ETM^{+}) و داده‌های اقلیمی هستند. سپس با بررسی منابع کتابخانه‌ای، مطالعات میدانی و استفاده از نظرات کارشناسان متخصص در این زمینه لایه‌های اطلاعاتی شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی و شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)، بارندگی سالانه و خاک در نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS تهیه شدند. همچنین لازم به توضیح است که داده‌های اقلیمی بارندگی سازمان هواشناسی کشور در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ بوده و شامل ایستگاه‌های تبریز، سهند، عجب شیر، بناب و مراغه می‌شود و برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های سطحی و تهیه نقشه رستری از روش کریجینگ ساده به دلیل دقت بیشتر نسبت به دیگر روش‌های درون‌یابی استفاده شده است.



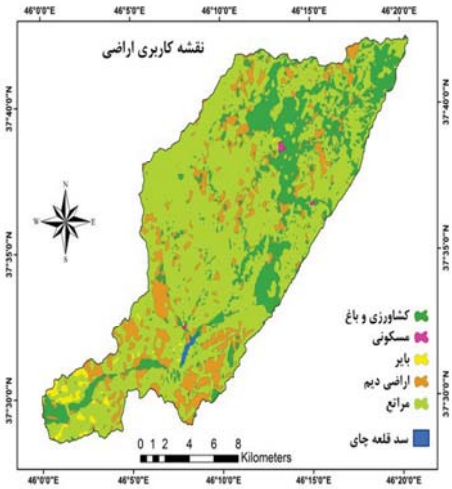
شکل ۳. نقشه شیب



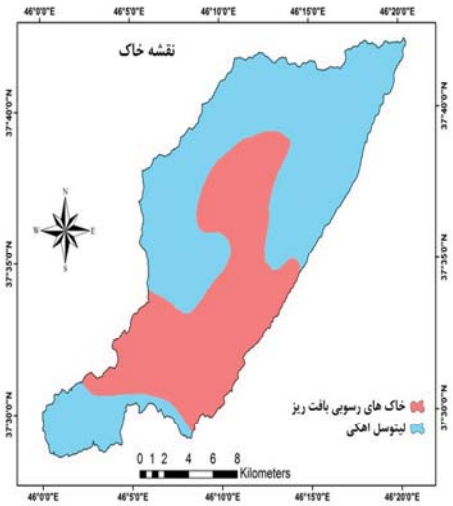
شکل ۲. نقشه جهت شیب



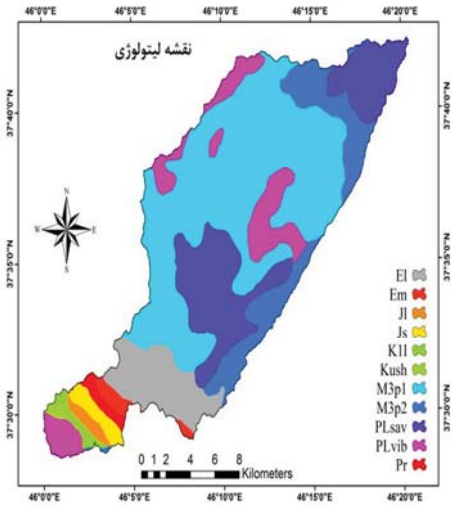
شکل ۵. نقشه شاخص پوشش گیاهی



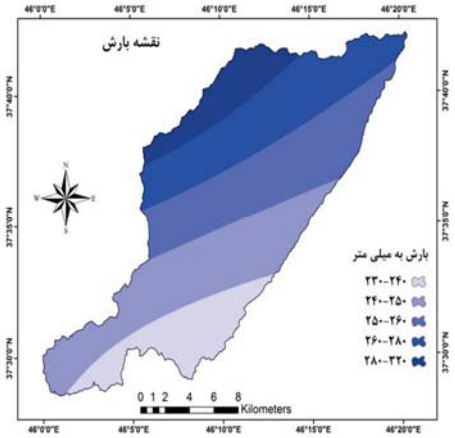
شکل ۴. نقشه کاربری اراضی



شکل ۷. نقشه پهنه بندی خاک



شکل ۶. نقشه پهنه بندی لیتولوژی



شکل ۸. نقشه هم بارش

۲-۳- فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

توماس ال.ساعتی، فرایند تحلیل شبکه‌ای را به‌منظور غلبه بر مسائل مربوط به وابستگی و بازخورد میان معیارها و زیر معیارها در سال ۱۹۹۶ پیشنهاد کرده است (هانگ و همکاران، ۲۰۰۵). او در مقدمه مقاله "اصول فرآیند تحلیل شبکه‌ای" خود بیان می کند که ANP یک مرحله اساسی و ضروری در فرآیند تصمیم گیری به حساب می آید که به دلیل اهمال و قصور رویکرد سنتی ناشی از ساختار خطی‌اش، ساختار بازگشت پذیری را مورد توجه قرار داده که با در نظر گرفتن تمامی جوانب مثبت و منفی‌اش می توان آن را یک مرحله گم‌شده در فرایند تصمیم‌سازی به حساب آورد (ساعتی، ۱۹۹۹؛ داداش پور و همکاران، ۱۳۹۱). روش فرایند تحلیل شبکه‌ای، هر موضوع و مسئله‌ای را به مثابه "شبکه‌ای" از معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها (همه این موارد عناصر نامیده می‌شوند) در نظر می گیرد که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند. تمامی عناصر در یک شبکه می توانند به هر شکل دارای ارتباط با یکدیگر باشند. به عبارتی، در یک شبکه، بازخورد ۹ و ارتباط متقابل میان خوشه‌ها امکان‌پذیر است. سادگی و انعطاف‌پذیری، به‌کارگیری معیارهای کمی و کیفی به‌طور هم‌زمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت‌ها ازجمله ویژگی‌های روش ANP است (زبردست، ۱۳۸۹). فرایند محاسبه وزن نهایی برای پهنه‌بندی

فرسایش خاک در مدل ANP به شرح زیر است:

ایجاد مدل و ساختار موضوع: موضوع بـه وضـوح بیان شده و در درون سیسـتمی منطقـی نظیـر شـبکه، تجزیه و تحلیـل مـی‌شـود. **تشـکیل مـاتریس‌هـای مقایسه دودویی و استخراج بردار اولویت آن‌ها:** در این مرحله ابتدا میزان اهمیت یا ارجحیـت معیارهـا یـا زیر معیارها، با توجه به معیار کنترل در بازه ۱ الی ۹ (و یـا بـا مقـدار عـددی معکـوس) توسـط کارشناسـی یـا کارشناسان مورد سؤال و سنجش قرار گرفته مـی‌شـود. سپس میزان ناسازگاری قضاوت‌ها توسط ضریبی که بـه نام ضریب ناسازگاری (IR) شناخته شده، مورد سنجش قرار می‌گیرد. در صورتی که ایـن ضـریب کوچـک‌تـر از ۰/۱ باشد، سـازگاری در قضـاوت‌هـا مـورد قبـول اسـت وگرنه باید در قضـاوت‌هـا تجدیـد نظـر شـود. از طریـق روابـط ۱ و ۲ مـی‌تـوان شـاخص و نـرخ سـازگاری را محاسبه نمود (ولی سامانی و دلاور، ۱۳۸۹).

رابطه (۱) $CI = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$

رابطه (۲) $CR = \frac{CI}{RI}$

تشکیل ابر ماتریس: ابر ماتریس، مفهومی مشـابه با زنجیره مارکوف دارد. برای این منظور، جهت محاسبه اولویت‌های نهایی مؤلفه‌ها در سیستم‌هایی با متغیرهای وابسته، تمامی بردار اولویت‌های اولیه بـه دسـت آمـده از ماتریس‌های مقایسه دودویی، به درون ماتریسـی سـتونی وارد می‌شوند (یوکسل و همکاران، ۲۰۰۴). در این مرحله سه ابر ماتریس غیر وزنی، وزنی و حدی محاسبه می‌شود.

لازم به توضیح است که پس از محاسبه ابر ماتریس وزنی نوبت به تشکیل ابر ماتریس حدی است، برای این منظور ابرماتریس وزن‌دهی شده به توان حدی می‌رسـد تا عناصر ماتریس همگرا شده، به عبارتی دیگـر مقـادیر سطری ماتریس با هم برابر شوند (رابطه ۳).

رابطه (۳) $W_L = \lim_{k\to\infty} W^K$

با محاسـبه رابطـه فـوق اعـداد واقـع در سـطرهای ابرماتریس با یکدیگر برابـر مـی‌شـوند. در ایـن صـورت، اعـداد واقـع در سـطرهای ابرمـاتریس محـدود، میـزان ضرایب اهمیت عوامل را نشان می‌دهند.

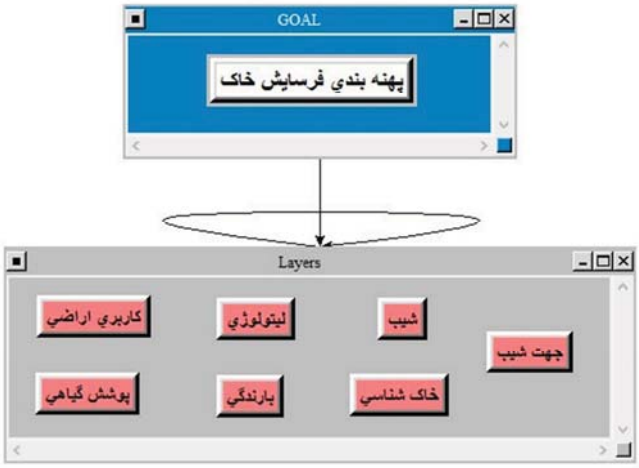
۳- یافته‌ها

در این پژوهش، با توجه به موضوع تحقیـق، یـک مـدل شبکه‌ای سه لایه متشکل از لایه هدف، لایه خوشه‌هـا و لایه معیارها طراحی و سازمان‌دهی شد (شکل ۹).

جدول ۱. میانگینRI برای ماتریس‌هایی با اندازه‌های مختلف

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
(RI)	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۱	۱/۴۸

مأخذ: (ساعتی، ۱۹۸۰)



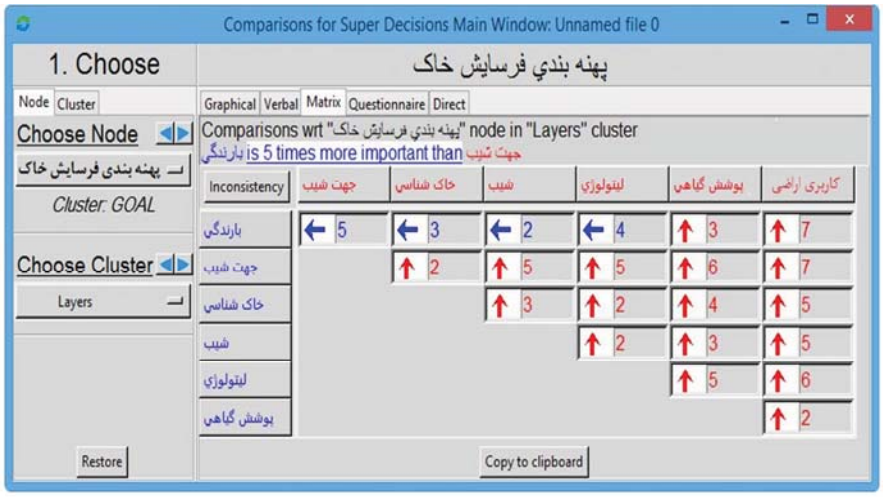
شکل ۹. مدل شبکه ای برای پهنه‌بندی فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه

سپس مقایسه زوجی خوشه‌ها با استفاده از روابط به‌دست آمده از طریق پرسشنامه و تکنیک دیماتل که توسط متخصصان و کارشناسان در این زمینه تهیه شده است (شکل ۱۰)، در محیط نرم‌افزاری Super Decision انجام و سه ابر ماتریس غیر وزنی، وزنی و حدی، به همراه و ضرایب هر یک از عوامل مؤثر در فرسایش خاک به دست آمد.

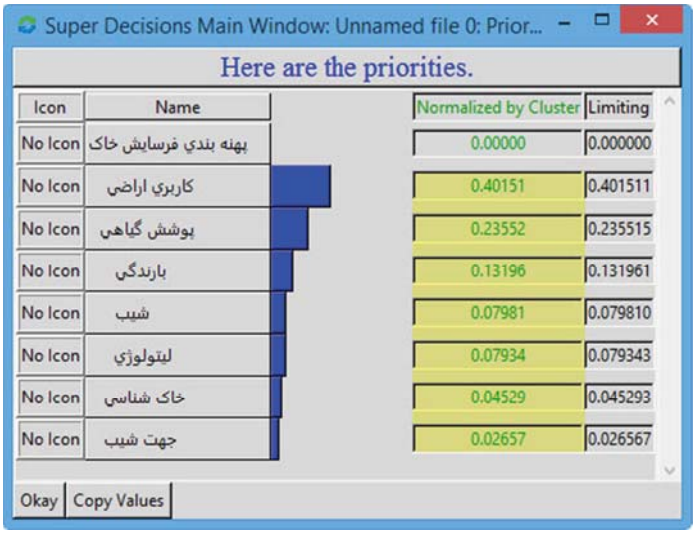
در مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای، میزان نرخ ناسازگاری نباید بیش از ۰/۱ باشد که برای مدل انجام شده برابر ۰/۰۸۴۰۱ بوده و قابل قبول است.

پس از به دست آمدن ضرایب عوامل مؤثر در فرسایش خاک در حوضه قلعه‌چای (شکل ۱۱)، این ضرایب با دستور Raster Calculate در ArcGIS بر روی لایه‌ها اعمال و در نهایت نقشه پهنه‌بندی شده، به دست آمد. نقشه فوق، در ۵ کلاس بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم طبقه‌بندی و نحوه اعمال ضرایب بر روی لایه‌ها به صورت رابطه زیر انجام شد.

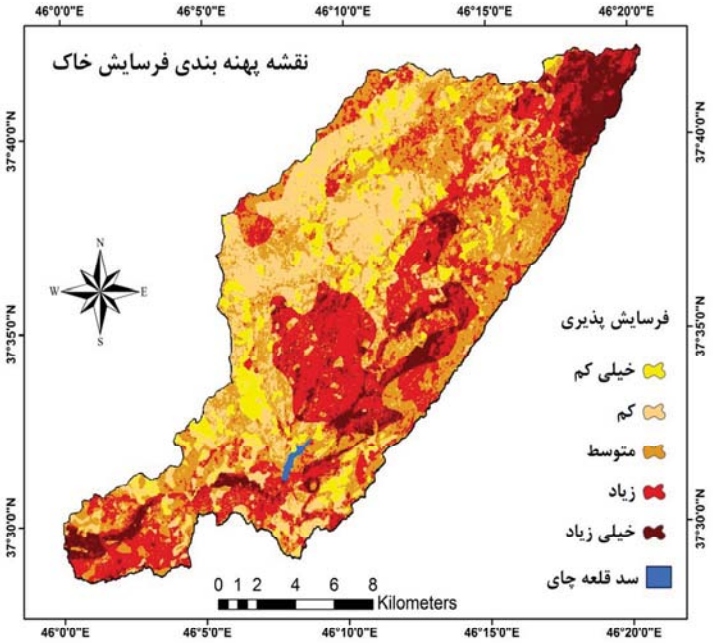
$$ANP = (\text{شیب} \times ۰/۰۷۹۸۱) + (\text{جهت شیب} \times ۰/۰۲۶۵۷) + (\text{کاربری اراضی} \times ۰/۴۰۱۵۱) + (\text{لیتولوژی} \times ۰/۰۷۹۳۴) + (\text{شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده} \times ۰/۲۳۵۵۲) + (\text{خاک} \times ۰/۰۴۵۲۹) + (\text{بارندگی سالانه} \times ۰/۱۳۱۹۶)$$



شکل ۱۰. مقایسه زوجی معیارها در نرم افزار Super Decision



شکل ۱۱. وزن نهایی عوامل مؤثر در فرسایش خاک



شکل ۱۲. نقشه پهنه‌بندی فرسایش خاک حوضه قلعه‌چای با روش ANP

بررسی نقشه پهنه‌بندی تهیه شده نشان می‌دهد که به ترتیب ۳۱/۵۳، ۸۷/۰۳، ۹۵/۴، ۷۹/۴۶، ۲۶/۱۹ کیلومتر مربع از سطح حوضه قلعه‌چای در کلاس‌های خطر خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم قرار دارد. همچنین قسمت‌های جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب حوضه، دارای پتانسیل بالای فرسایش خاک و قسمت‌های شمال و شمال غرب دارای کمترین پتانسیل فرسایش خاک است.

جدول ۲. مساحت و درصد مساحت

طبقات پهنه‌بندی	مساحت طبقه (کیلومترمربع)	درصد مساحت
خیلی کم	۲۶/۱۹	۸/۱۹
کم	۷۹/۴۶	۲۴/۸۵
متوسط	۹۵/۴	۲۹/۸۶
زیاد	۸۷/۰۳	۲۷/۲
خیلی زیاد	۳۱/۵۳	۹/۹۲
جمع	۳۱۹	۱۰۰

۴- نتیجه گیری

کاهش سطح اراضی زراعی و تولیدات کشاورزی، پر شدن مخازن سدها، تخریب جنگل‌ها و مراتع و مهاجرت روستاییان از جمله آثار فرسایش خاک است. از این‌رو به منظور تمرکز بر روی عملیات حفاظت خاک در مناطق با فرسایش زیاد، نقشه پهنه‌بندی شده فرسایش خاک در حوضه قلعه‌چای با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و GIS تهیه شد. بررسی وزن‌های نهایی استخراج شده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای نشان داد در رابطه با فرسایش خاک، معیارهای کاربری اراضی با ضریب ۰/۴۰۱۵۱ و پوشش گیاهی با وزن ۰/۲۳۵۵۲، از بیشترین میزان اهمیت و تأثیر برخوردار هستند و بر عکس، معیارهای جهت شیب با ۰/۰۲۶۵۷ و خاک شناسی با ۰/۰۴۵۲۹ نسبت به عوامل دیگر دارای اهمیت کمتری هستند. در ادامه، جهت انجام این تحقیق تمام لایه‌ها برای ایجاد نقشه خطر فرسایش در محیط GIS با هم تلفیق شدند و توزیع مکانی فرسایش خاک برای منطقه مورد مطالعه به دست آمد. نتایج نشان داد به ترتیب ۹/۹۲، ۲۷/۲، ۲۹/۸۶، ۲۴/۸۵ و ۸/۱۹ درصد از مساحت کل منطقه در طبقات

فرسایشی خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم قرار گرفته‌اند. با توجه به نقشه پهنه‌بندی، قسمت‌های شمالی و مرکزی حوضه در کلاس فرسایش خیلی زیاد قرار دارد که دلیل آن وجود سازندهای سست مثل Plsav و Plvib (لاهار، خاکسترهای آتشفشانی و آهک) که در برابر آب مقاومت کمی دارند، شیب زیاد در این قسمت‌ها و همچنین کاربری مرتعی است که به دلیل چرای بیش از حد باعث از بین رفتن پوشش گیاهی شده و این قسمت از حوضه را در برابر فرسایش آسیب‌پذیر کرده است. همچنین نتیجه حاصل از پهنه‌بندی نشان می‌دهد که بیشترین میزان فرسایش در درجه اول در مراتع و در درجه دوم در کاربری کشاورزی آبی و دیم قرار دارد. بنابراین با توجه به نتایج حاصله پیشنهاد می شود، اقدامات حفاظتی از جمله تراس بندی، باغ کاری و احیای جنگل در اراضی با شیب بیشتر از ۴۰ درصد برای کنترل و حفاظت از اراضی حوضه در برابر فرسایش انجام شود. کنترل فرسایش رودخانه‌ای به‌خصوص در مسیر رودخانه اصلی حوضه (قلعه‌چای) از طریق انجام اقدامات فنی مثل استفاده از پوشش سنگ‌چین کناره‌ها و انحراف آب از کناره‌های حساس و فرسایش پذیر و کاشت گونه‌های درختی مقاوم ضروری است. همچنین اجرای دامداری متمرکز و صنعتی به‌جای سیستم دامداری سنتی در محل‌های مناسب جهت جلوگیری از روند رو به افزایش تخریب و فرسایش خاک ضروری است.

۵- منابع

امیدوار، ک .، ۱۳۸۶، **مقدمه ای بر آبخیزداری**، انتشارات دانشگاه یزد، چاپ اول.

بابایی، م.، حسینی، س.ز.، نظری سامانی، ع.ا. و المدرسی، س.ع.، ۱۳۹۵، **پهنه‌بندی فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE 3D، مطالعه موردی: حوزه آبخیز کن**، نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، جلد ۸، شماره ۲، صص ۱۶۵-۱۸۱.

بیات، ر. و جعفری اردکانی، ع.، ۱۳۹۳، **بررسی و اولویت بندی استان هرمزگان از نظر وضعیت فرسایش خاک به کمک فن آوری های RS و GIS**، فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال پنجم، شماره دوم، صص ۱۵-۲۴.

پژوهش، م. و داودیان دهکردی، ع.، ۱۳۹۳، **پهنه‌بندی عامل فرسایش پذیری خاک با استفاده از تکنیک زمین آمار (مطالعه موردی: دشت لاله استان چهارمحال و بختیاری)**، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال سوم، شماره ۱، صص ۱۴۷-۱۵۸.

داداش‌پور، ه.، خدابخش، ح.ر. و رفیعیان، م.، ۱۳۹۱، **تحلیل فضایی و مکان‌یابی مراکز اسکان موقت با استفاده از تلفیق فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP و سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS**، مجلّه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱، صص ۱۱۱-۱۳۱.

حبیبی، ع.، ۱۳۹۴، **برآورد توان تولید رسوب در حوضه شادگان با استفاده از مدل اریفر و پایگانی**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۳، صص ۱۷۱-۱۸۴.

رفاهی، ح.، ۱۳۸۵، **فرسایش آبی و کنترل آن**، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۶۷۱.

روستایی، ش.، رسولی، ع.ا. و احمد زاده، ح.، ۱۳۸۹، **مدل سازی فرسایش و رسوب حوضه آبریز قلعه چای عجب شیر با استفاده از داده های ماهواره ای در محیط GIS**، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۸، شماره ۱۸، صص ۱۵۹-۱۷۸.

زبردست، ا.، ۱۳۸۹، **کاربرد فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای**، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۴۱، صص ۹۰ – ۷۹.

کمانگر، م.، فرج زاده، م.، بداغی، م. و کرمی، پ.، ۱۳۹۴، **واسنجی معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح شده (RUSEL) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیخوران هرمزگان)**، فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره‌ی ۵۱، صص ۱۹۱-

Babaei, M., Hosseini, S.Z., Nazari Samani, .a. & Almodaresi, S., 2016, **Mapping of soil erosion by using RUSLE 3D model, Case Study: Kan Watershed extent**, Journal of Research Engineering and watershed management, Volume 8, No 2, Pages -181-165.

Baiat, R. & Jafari ardakani, A., 2014, **Review and prioritize the Hormozgan province in terms of soil erosion with help of RS and GIS technology**, Journal of Iranian natural ecosystems, Vol II, No 2, pp. –24-15.

Correa, S.W., Mello, C.R., Chou, S.C., Curi, N. & Norton, L.D., 2016, **Soil erosion risk associated with climate change at Mantaro River basin, Peruvian Andes**, CATENA, 147, pp.110-124.

Dadashpoor, H., Khodabakhash, H.r. & Rafieian, M., 2012, **Spatial analysis and positioning temporary accommodation centers using a combination of ANP and ANP geographical information system GIS**, Journal of Geography and environmental hazards, No. 1, pp. 111-131.

Guo, T., Wang, Q., Li, D., Zhuang, J. & Wu, L., 2013, **Flow hydraulic characteristic effect on sediment and solute transport on slope erosion**, Catena, 107, pp.145-153.

Habib, A., 2015, **Estimation of sediment in Shadegan yield using Aryfr and hierarchical model**, Geographical Research Quarterly, Vol. 30, No. 3, pp. –184-171.

Hung, S.J., 2011, **Activity-based divergent supply chain planning for competitive advantage in the risky global environment: A DEMATEL-ANP fuzzy goal programming approach**, Expert Systems with Applications, 38(8), 9053-9062.

Jordanova, D., Jordanova, N. & Petrov, P., 2014, **Pattern of cumulative soil erosion and redistribution pinpointed through magnetic signature of Chernozem soils**, Catena, 120, pp.46-56.

Kamangar, M., Farajzadeh, M., Bodaghi, M. & Karami, P., 2015, **World Soil erosion calibration equation modified (RUSEL) using GIS and Remote Sensing (Case Study: Sikhuran watershed of Hormozgan)**, Journal Fslnamh¬Y geographical space, No 51, Vol 15, pp.- 191. 206.

Omidvar, K., 2007, **Introduction to the watershed**, Yazd University Press, first edition.

Pajohesh, M. & Davoudian dehkordi, A., 2014, **Mapping of soil erodibility using geostatistical techniques (Case study: Plain tulips Chaharmahal and Bakhtiari Province)**, Research of quantitative geo-morphology Vol 31, No 1,Pages -158-147.

Rostaie, Sh., Rasoli, A, Ahmad Zadeh, H., 2010, **Modeling the Erosion and sediment catchment area Chaie Castle Ajabshir using satellite data in GIS**, Journal of Geography and Development, Volume 8, No 18, pp. -178. 159.

Saaty L. Thomas, 1999, **Fundamental of the Analytic Network Process**, ISAHP, Kobe Japan.

Saaty TL, 1980, **The analytic hierarchy process**, McGraw-Hill, New York.

Saaty TL, 1980, **The analytic hierarchy process**, McGraw-Hill, New York.

Teramage, M.T., Onda, Y., Kato, H., Wakiyama, Y., Mizugaki, S. & Hiramatsu, S., 2013, **The relationship of soil organic carbon to 210 Pb ex and 137 Cs during surface soil erosion in a hillslope forested environment**, Geoderma, 192, pp.59-67.

Teramage, M.T., Onda, Y., Kato, H., Wakiyama, Y., Mizugaki, S. and Hiramatsu, S., 2013, **The relationship of soil organic carbon to 210 Pb ex and 137 Cs during surface soil erosion in a hillslope forested environment**, Geoderma, 192, pp.59-67.

Vali Samani, J, Delaware, M.,2010, **The application of network analysis process (ANP) in prioritizing the construction of shrimp**, Iran Water Resources Research, Vol. 6, No. 2, pp. 56-46.

Yüksel, İ. and Dagdeviren, M., 2007, **Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis–A case study for a textile firm**, Information Sciences, 177(16), pp. 3364- 3382.

Zebardast, E.,2010, **the application of network analysis process (ANP) in urban and regional planning**, fine arts publication, Issue 1, pp. - 79-90.

سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال یازدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.11, No. 4, Winter 2020

1-10

Estimation and Zoning Soil Erosion using the Analysis Network Process and GIS (Case Study: Ghale Chai Basin)

Mosabeigi, M.[1], Baharloo, I.[*2], Vafaeinezhad, A.[3]

1. Master of Remote Sensing and GIS
2. PhD Student GIS , Science and Research Branch, Islamic Azad University Tehran, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract

Identify factors contributing to the spread of soil erosion, and zoning is an important tool to manage and control this phenomenon and to determine appropriate ways are to deal with spreading this phenomenon. In this research, using analysis network process model and GIS has been estimated zoning map of soil erosion in the catchment tea castle in West, East Azerbaijan Province. For this purpose, by examine the sources and expert opinion, effective factors such as slope, aspect, lithology, land use, normalized difference vegetation index (NDVI), annual precipitation and soil is provided of the geographic information system environment. Then, using Arc GIS software and extracted coefficient, the analysis network process prepared to zone map soil erosion and in five classes: very high, high, medium, low and very low. The results showed that 37.12 percent of the area that includes 118.56 square kilometers, is located in risk classes the high and very high. Furthermore, necessary to explain that in the southern and central parts of the basin is the amount of soil erosion high. These areas showed critical situations and acute erosion. And due to dam construction, Ghale Chai should be placed the priority programs and plans of soil conservation and watershed management.

Key word: Zoning, Analysis Network Process, Soil Erosion, Ghale Chai, GIS

Correspondence Address: Department of Remote Sensing and GIS Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Tell: +989132690114
Email: iman.baharloo@gmail.com