

تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک مناطق شمال کشور با استفاده از فرایند تحلیل شبکه مطالعه موردی: استان گیلان

پیام جعفری^۱

سمیه‌سادات شاه زیدی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۴/۳۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۱۸

چکیده

امروزه شهرها، در نقاط مختلف دنیا به دلایل متعدد در معرض آسیب ناشی از مخاطرات طبیعی قرار دارند، این مخاطرات که آسیب‌های جانی و مالی بسیاری با خود به همراه دارند نیازمند اقدامات فوری و پیشگیرانه می‌باشند. بر مبنای برنامه استراتژیک بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل متحد، کلیه مخاطرات دارای دو منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسانی می‌باشد. استان گیلان یکی از استان‌های ساحلی شمال ایران به مرکزیت کلان شهر رشت می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک در استان گیلان می‌باشد. روش انجام این تحقیق به دو صورت توصیفی - تحلیلی و تجربی است که در بخش توصیفی با استفاده از مطالعات اسنادی و در بخش تحلیلی نیز با شناسایی پارامترهای مؤثر در پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک و تلفیق آن با تحلیل‌های فضایی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پهنه‌های آسیب‌پذیر در محدوده مورد مطالعه مشخص گردید. در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر در پهنه‌بندی مخاطرات شناسایی شدند. سپس به منظور سنجش میزان اهمیت هر یک از این عوامل، پرسشنامه‌ای تدوین شد تا با روش ANP و با اخذ نظرات کارشناسان مربوطه در زمینه هر یک از عوامل شناسایی شده، بتوان به اهداف پژوهش دست یافت. پس از اخذ نظرات و با استفاده از روش منطق فازی به ارزش‌گذاری هر یک از معیارها و تعیین ضرایب اهمیت آنها پرداخته شد و براساس نتایج آن، ارزیابی فضایی با استفاده از نرم افزار ARC GIS صورت گرفت و پهنه‌های پر مخاطره مشخص گردید. نتایج نشان داده است که به کارگیری منطق فازی به همراه تحلیل فضایی GIS توانسته است به عنوان ابزاری کارآمد در پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک مورد استفاده قرار گیرد و به خوبی قابلیت و توانایی مدل تحلیلی پژوهش را به اثبات برساند.

واژه‌های کلیدی: مخاطرات ژئومورفیک، امنیت، تحلیل فضایی، منطق فازی، استان گیلان.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشگاه گیلان، گیلان، ایران

۲- استادیار، ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه گیلان، رشت، ایران (نویسنده مسئول)، Shahzeidi2012@yahoo.com

مقدمه

این شهرستان در پهنه‌ای با خطر زیاد تا نسبتاً زیاد واقع شده است و ۶۲ درصد از جمعیت شهرستان و ۷۸ روستایی که در اطراف گسل تبریز زندگی می‌کنند، از خطر پذیری بسیار بالایی برخوردارند. فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی خطر زمین با استفاده از منطق فازی در منطقه رودبار پرداختند و نتایج حاصله از منطقه مورد مطالعه را به صورت نقشه پتانسیل خطر زمین لغزش تهیه و ارائه دادند. نقشه‌های ارائه شده شامل نقشه‌های خطر لغزش‌های خاکی و سنگی و ریزش و... می‌باشد و نتایج حاصله بیانگر وقوع ۶۸/۳۰ درصد از خطرات زمین در سطحی برابر ۴۴/۷۹ درصد بوده و تراکم آن در رده‌های با خطر بسیار بیشتر از مقدار آن در رده‌های خطر پایین است. میرصفاری و مقیمی (۱۳۸۸) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب پذیری ناشی از زمین لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان شهر تهران پرداختند و نتایج حاصله نشان داد که برخی از محدوده‌های کوهستانی کلان شهر تهران مستعد حرکات لغزشی با خطر متوسط به بالا هستند. در زمان حاضر حدود ۸۷۵ هکتار از مناطق مسکونی محدوده‌های کوهستانی شهر در پهنه‌های با خطر متوسط به بالا توسعه یافته اند که در نتیجه آن خساراتی به برخی از واحدهای مسکونی وارد شده است. کامردهال (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با هدف تهیه نقشه‌های وقوع خطر زمین لغزش در مناطق کوهستانی (هیمالیا) پرداخت که این نقشه‌ها ابزار اساسی برای مدیریت بحران در نواحی کوهستانی محسوب می‌شد. وی به این نتیجه رسید که زیان‌های اجتماعی و اقتصادی از مخاطرات زمین (پدیده زمین لغزش) را می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثر کاهش داد که این رویکردها را محدودیت توسعه در مناطق مستعد؛ استفاده از حفاری، درجه‌بندی، محوطه‌سازی و ساخت و ساز، کدبندی، استفاده از اقدام‌های فیزیکی مانند زهکشی، اصلاح مورفومتری شیب، برای جلوگیری از حرکات دامنه‌ای یا کنترل آن و توسعه سیستم‌های هشدار دهنده دانست. پور قاسمی (۱۳۹۱) با هدف پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

ژئومورفولوژی یکی از پویاترین رشته‌های علوم جغرافیایی در زمینه کاربردی است و مطالعات ژئومورفولوژیک ارتباط بین عوامل محیطی و لندفرم‌های زمین را نشان می‌دهد (رامشت و شاه زیدی، ۱۳۹۰: ۱). این ارتباط به حدی است که دانشمندان علوم زمین، پدیده‌های سطح زمین را حاصل دو نیروی شکل‌زای بیرونی و درونی می‌دانند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۲۰). مخاطرات طبیعی در بین محققین علوم مختلف مورد توجه قرار گرفته است و سعی دارد به تحلیل علل این پدیده و تأثیراتی که چنین تغییراتی بر سطح کره زمین می‌گذارد بپردازد و آن را به عنوان یکی از بزرگترین عوامل در عدم توسعه مناطق معرفی می‌کند (حجازی، ۱۳۹۵: ۱۴). ایران با تنوع توپوگرافی و فعالیت‌های زمین‌ساختی و لرزه خیزی، شرایط متنوع اقلیمی و زمین‌شناسی، شرایط طبیعی شامل طیف وسیعی از مخاطرات ژئومورفیک مثل فرسایش، زمین لرزه، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و... است (نصیری، ۱۳۸۳: ۱). در طول تاریخ تمدن بشر، انسان همواره در محیط زندگی خود با مخاطرات طبیعی زیادی رو به رو بوده و عکس‌العمل انسان در برابر مخاطرات به صورت تغییر مکان، کوچ و اسکان در جای امن‌تر مشهود بوده است. اما امروزه انسان سعی در شناخت این پدیده و عوامل به وجود آورنده آن دارد. استان گیلان نیز از مخاطرات ژئومورفیک در امان نبوده است و در مطالعات میدانی و اسنادی و رصد نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای شناخت عوامل مخاطره‌زا بررسی و تأیید شد و سعی گردید این مقاله با روش‌های نوین در نرم افزار جی. آی. اس بررسی شود. در این راستا مطالعات بسیاری صورت گرفته است که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

کرمی و همکاران (۱۳۷۸) در تحقیقی تحت عنوان پهنه‌بندی خطر زمین لرزه در شهرستان بستان آباد به شناسایی و برآورد توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال منطقه پرداختند و نواحی پر خطر تا کم خطر را ترسیم کردند و نتایج این پژوهش نشان داد که ۸۱/۴۳ درصد از مساحت

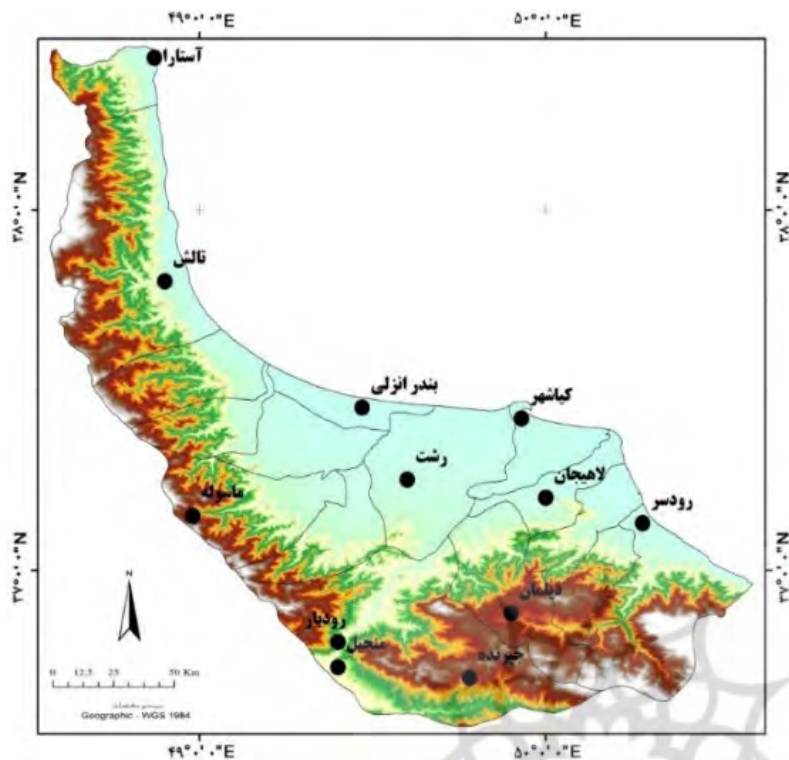
پرداختند و آثار زمین لغزش شهری را بر روند الگوی توسعه شهر رودبار بیان داشتند و نتایج آن‌ها با توجه به ترسیم نقشه نهایی زمین لغزش نشان دهنده سه محدوده به ترتیب درجات کم خطر (۴ درصد)، خطر متوسط (۷۱ درصد) و خطر بالا (۲۵ درصد) است که نشان دهنده فرایندهای مخاطره‌زا در محدوده شهری است. توسط حبیبی و غریب (۱۳۹۴) ارزیابی پتانسیل مخاطرات سیل در حوضه رودخانه شور گناوه با مدل تاپسیس و ای.اچ.پی با هدف شناسایی سکونتگاه‌های در معرض خطر سیلاب صورت گرفت و نتایج به دست آمده با مشاهدات میدانی و اسنادی نشان می‌دهد که تعداد ۳۰ سکونتگاه واقع در بخش شمالی و پایین دست حوضه رودخانه به لحاظ قرارگیری در چاله تکتونیکی و شکست شیب در سطح «بسیار پرخطر» و «پرخطر» قرار گرفته‌اند. شاخص C_i برای این مناطق ۰/۹۹۳-۰/۵۲۸ به دست آمده است. ۲۴/۱۷ درصد گستره این مناطق نشان از خطرات فراگیر سیلاب در این حوضه است و این تحقیق نشان می‌دهد که مدل تاپسیس قابلیت خوبی جهت تعیین حریم رودخانه دارد. بررسی پیشینه فوق نشان می‌دهد که مخاطرات ژئومورفیک به صورت جداگانه بررسی و پهنه‌بندی شده‌اند. بنابراین هدف از این مقاله تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان با مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد. نظر به تأثیرات سوئی که مخاطرات ژئومورفیک بر روی سیستم‌های اجتماعی - اقتصادی و طبیعی (از جمله روستاها و مساکن، راه‌ها و خطوط انتقال آب، نیرو و انرژی، تأسیسات و تجهیزات، فرسایش خاک و تخریب جنگل‌ها و مراتع) دارد، لزوم شناخت نواحی مستعد مخاطرات ژئومورفیک برای اجتناب از خطر، جلوگیری از بروز خسارات مالی، جانی و زیست‌محیطی مشخص می‌شود. شناخت نواحی مستعد وقوع مخاطرات ژئومورفیک می‌تواند مبنایی برای استفاده در سایر برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و عمرانی ناحیه‌ای، محلی، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع طبیعی و محیط زیست، برنامه‌ریزی‌های توریستی و برنامه‌ریزی‌های توسعه فضایی و کالبدی باشد.

با استفاده از تئوری بیزین در بخشی از استان گلستان پرداخت و نتایج مدل نشان داد که دقت مدل احتمالاتی تهیه شده با رویکرد دوم مدل‌سازی (حذف عامل جهت شیب از تحلیل‌ها) در منطقه مورد مطالعه ۷۱/۳۷ (خوب) برآورد شده است.

نوروزی خطیری و همکاران (۱۳۹۲) به تحلیل و بررسی ریسک مخاطرات چندگانه (سیل و زلزله) ساختمان‌های منطقه ۲۰ شهر تهران پرداختند و با توجه به عمر مفید ۵۰ ساله، داده‌ها و احتمال خرابی سازه‌ها در سطوح مختلف بر اساس این مخاطرات ارزیابی شدند. با در نظر گرفتن روش‌های احتمالی تعیین ریسک مخاطرات چندگانه میزان ریسک خرابی در نرم‌افزار GIS تعیین گردید و نتایج به دست آمده نشان داد ساختمان‌های آسیب دیده بنایی، فولادی و بتونی به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۲۶ و ۱/۵ برابر افزایش می‌یابد. اکبری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود با هدف ارزیابی خطر زمین لغزش به کمک مدل فازی دانش مبنای و روش ترکیبی فازی - اوزان شاهد در منطقه مسکون جیرفت با دو روش فازی و هیبرید فازی اوزان شاهد، استفاده و به این نتیجه رسیدند روش هیبریدی با احتیاط بیشتر و با توجه به نقاط شاهد، مناطق مستعد لغزش را معرفی می‌کند در نتیجه مناطق معرفی شده نسبت به روش فازی مساحت کمتری اشغال می‌کند.

سوری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی تحت عنوان پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، حوضه کسمت با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی، نقاط مستعد لغزش شناسایی و نقشه پراکنش زمین لغزش تهیه گردید و با قطع نقشه‌های عوامل مؤثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، تأثیر هر یک از عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین شناسی، جاده و آبراه بر ناپایداری شیب‌ها در محیط نرم‌افزار جی آی اس با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین گردید.

مقیمی و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از مدل تحلیل شبکه



نگاره ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه
 (منبع Dem ایران)

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان گیلان یکی از استان‌های ساحلی شمال ایران به مرکزیت کلان شهر رشت می‌باشد. این استان بین دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز و سواحل جنوبی دریای خزر واقع شده‌است. موقعیت جغرافیایی استان، بر روی آب و هوا، پوشش گیاهی، فعالیت‌های انسانی، راه‌های ارتباطی و... تأثیرگذار است. استان گیلان با مساحت ۱۴۰۴۲ کیلومترمربع در شمال کشور و در نوار کوهستانی شمال ایران در کرانه جنوب‌غربی دریای خزر، دامنه‌های شمالی البرز غربی و دامنه‌های شرقی تالش در محدوده جغرافیایی عرض شمالی ۳۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه و طول شرقی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه واقع شده است. پست‌ترین نقطه استان با ارتفاع ۲۷ متر در سواحل دریای خزر و بلندترین نقطه در ارتفاع ۳۶۸۷ متر از سطح دریا واقع شده است. بدین ترتیب اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقطه ۳۷۱۴ متر می‌باشد (نگاره ۱). منطقه مورد مطالعه در قلمرو چین خوردگی‌های آلپ

و هیمالیا و تحت فشارهای درونی زمین است و گسل‌های متعددی در منطقه وجود دارد. فعالیت این گسل‌ها سبب شکسته‌شدن و ایجاد زمین لرزه‌ها، حرکات دامنه‌ای (لغزش و ریزش‌کوه) و ظهور چشمه‌های متعدد و... شده است. از مهمترین گسل‌های گیلان می‌توان به گسل آستارا، سفیدرود-لاهیجان، گسل میانی البرز غربی و تالش جنوبی اشاره نمود. شکل‌گیری اسکلت ناهمواری‌ها مربوط به حرکات کوهزایی اواخر دوران دوم زمین‌شناسی است که در شکل‌گیری نهایی آنها و کوهزایی آلپی دوره ترشیاری از دوران سوم زمین‌شناسی تأثیر داشته است. در دوران چهارم، عوامل فرسایشی مهمترین تأثیر را در تغییر فرم زمین در این ناحیه داشته‌اند.

در این استان دو مورفولوژی متفاوت حاکم است. در بخش جنوبی استان ارتفاعات بلند و خشن البرز شمالی است در حالی که کوهپایه‌ها و دشت ساحلی خزر مورفولوژی تپه‌ماهوری و دشت گونه دارند که با پادگانه‌های دریایی و یا نهشته‌های آبرفتی جوان زمان حال پوشیده شده‌اند و در تقسیمات ساختمانی ایران در بخش البرز قرار می‌گیرد.

روش و فرآیند پژوهش

شبکه‌ای را پایه‌ریزی و ارائه نموده است (لی و کیم، ۲۰۰۱: ۳۷۴). بدین ترتیب روش ANP به عنوان تعمیمی از AHP ارائه گردید. همان طور که AHP بستری را برای ساختارهای سلسله مراتبی با روابط یک سویه فراهم می‌کند، ANP نیز امکان روابط پیچیده داخلی بین سطوح مختلف تصمیم و معیارها را مهیا می‌سازد. رویکرد بازخوردی^۶ ANP ساختار شبکه‌ای را با ساختار سلسله مراتبی جایگزین کرده و حاکی از آن است که روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری را نمی‌توان به سادگی بالا-پایین، غالب-مغلوب یا مستقیم-غیرمستقیم تصور کرد. به طور کلی، مدل ANP از سلسله مراتب کنترل، خوشه‌ها، عناصر، روابط متقابل بین خوشه‌ها و عناصر تشکیل می‌شود (سارکس، ۲۰۰۲: ۲۳؛ ارتای و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۴۷). برای ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان در ۶ مرحله صورت گرفت. (ساعتی، ۱۳۹۲)

۱- گام اول: در ابتدا با توجه به مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای و همچنین کارشناسان امر عناصر مرتبط با تحقیق از چهار خوشه با ۱۱ عنصر تعریف شد. با استفاده از تحلیل همبستگی روابط بین متغیرها و خوشه‌ها مشخص شد. این عناصر علاوه بر آن که در داخل خوشه به هم مرتبط می‌باشند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند (جدول ۱).

جدول ۱: معیارهای مؤثر در وقوع مخاطرات ژئومورفیک

منطقه مورد مطالعه

فرسایش	پوشش گیاهی، زمین شناسی، کاربری زمین، توپوگرافی
زمین لرزه	گسل، لرزه خیزی
سیلاب	شبکه آبراهه‌ها، لرزه خیزی
حرکات دامنه‌ای	جهت شیب، شیب، نقاط لغزش

۲- گام دوم، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی: تعیین وزن نسبی در ANP شبیه به AHP است به عبارتی از طریق مقایسه زوجی می‌توان وزن نسبی معیارها و زیر معیارها را مشخص کرد. مقایسه‌های زوجی عناصر در هر سطح با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به معیار کنترل،

روش انجام این تحقیق به صورت توصیفی - تحلیلی است که با استفاده از مطالعات اسنادی اطلاعات و داده‌های مورد نیاز گردآوری شده است. در این مطالعه سعی شده است تا مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان مورد بررسی قرار گیرد. در ابتدا محدوده مورد مطالعه مشخص گردید. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی از قبیل شیب، توپوگرافی، پوشش گیاهی، نقشه ارتفاعی کاربری اراضی و ... با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰، مدل ارتفاعی رقومی ایران (DEM)^۱ تهیه گردید و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده مؤثر با نظر کارشناسان و بررسی‌های میدانی و اسنادی به دست آمدند و در قالب مدل تحلیل شبکه مورد بررسی قرار گرفتند.

فرآیند تحلیل شبکه یا (ANP)^۲ یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری است. وقتی که چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته شود کار ارزیابی پیچیده می‌شود و زمانی که معیارها از جنس‌های مختلف باشند، کار پیچیده‌تر خواهد شد و ارزیابی و مقایسه از حالت تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است خارج شده و به یک ابزار تحلیل عملی قوی نیازمند می‌باشد. بنابراین فرآیند تحلیل شبکه‌ای قادر به انجام این کار است. (شادفر و همکاران، ۱۳۸۶: ۶۶).

فرآیند تحلیل شبکه یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. این مدل بر مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی طراحی شده است و شبکه را جایگزین سلسله مراتب می‌کند. فرض اصلی در AHP بر روی عملکرد مستقل گروه‌های بالایی سلسله مراتبی از همه قسمت‌های پایینی آن و از معیارهای هر سطح و طبقه بنا نهاده شده است (چانگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۲ و دی سون، ۲۰۰۴: ۶۳۶). ساعتی^۵ استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را برای حل مسائل با معیارها و راه حل‌های مستقل و وابسته پیشنهاد و مدل تحلیل

^۱ - Digital Elevation Model

^۲ - Analytical Network Process

^۳ - Chung.et

^۴ - Dyson

^۵ - Saaty

^۶ - Lee & Kim

^۷ - Feedback

^۸ - Sarkis

^۹ - Ertay and et al.

توجه به هر معیار، مقایسه زوجی در دو مرحله انجام می‌شود که نتایج حاصل از مقایسه‌ها در سوپرماتریس وارد خواهد شد. ۳- گام سوم، تشکیل سوپرماتریس اولیه: عناصر ANP با یکدیگر در تعامل قرار دارند. این عناصر می‌توانند واحد تصمیم گیرنده، معیارها، زیر معیارها، نتایج حاصل، گزینه‌ها و هر چیز دیگری باشند. وزن نسبی هر ماتریس براساس مقایسه زوجی شبیه روش AHP محاسبه می‌شود، وزن‌های حاصل در سوپر ماتریس وارد می‌شوند که رابطه متقابل بین عناصر سیستم را نشان می‌دهند. قالب عمومی سوپرماتریس در نگاره (۲) نشان داده شده است. در این تصویر CN نشان دهنده خوشه N ام، eNn عنصر n ام در خوشه N ام، Wij ماتریس بلوک شامل وزن‌های نسبی بردارهای w تأثیر عناصر در خوشه N ام نسبت به خوشه J ام است. اگر خوشه N ام هیچ تأثیری بر خوشه i ام خودش نداشته باشد (حالت وابستگی داخلی)، Wij صفر می‌شود. سوپر ماتریس به دست آمده در این مرحله سوپرماتریس اولیه معرفی می‌شود.

۴- گام چهارم، تشکیل سوپرماتریس وزنی: ستون‌های سوپرماتریس از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هر کدام از بردارها برابر یک است. بنابراین، این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپرماتریس اولیه بیش از یک باشد. برای آن که از عناصر ستون متناسب با وزن نسبی فاکتور گرفته شود و جمع ستون برابر یک شود، هر ستون ماتریس، استاندارد می‌شود. در نتیجه ماتریس جدیدی به دست می‌آید که جمع هر یک از ستون‌های آن برابر یک خواهد بود. به ماتریس جدید، ماتریس وزنی گفته می‌شود (فرجی سیکبار و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۶).

۵- گام پنجم، محاسبه بردار وزنی عمومی: در مرحله بعد، سوپرماتریس وزنی، به توان حدی رسیده تا عناصر ماتریس همگرا شود و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. براساس ماتریس به دست آمده بردار وزنی عمومی مشخص می‌شود.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} w^k$$

ماتریسی که در نتیجه به توان رسیدن ماتریس وزنی به دست می‌آید، ماتریسی حدی است که مقادیر هر سطر آن با هم برابر می‌باشد. اگر سوپر ماتریس اثر زنجیره‌واری داشته

شبیه روش AHP انجام می‌شود. سستی برای مقایسه زوجی دو مؤلفه یک مقیاس نه تایی را معرفی نموده است. مقدار a_{ij} در ماتریس مقایسه زوجی اهمیت نسبی مؤلفه در سطر i با توجه به ستون را نشان می‌دهد؛ به عبارتی $a_{ij} = w_i / w_j$ را مشخص می‌کند. به طوری که عدد ۱ مشخص کننده اهمیت مساوی بین دو عنصر و عدد ۹ مشخص کننده بیشترین اهمیت ممکن یک عنصر نسبت به عنصر دیگر است. از ارزش معکوس ($1/a_{ij}$) زمانی استفاده می‌شود که z مهمتر از مؤلفه i باشد. اگر n مؤلفه وجود داشته باشد، در این صورت n مؤلفه با هم مقایسه خواهند شد نگاره (۲).

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & & & C_k & & & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1m1} & \dots & e_{k1} & e_{k2} & \dots & e_{kn} \\ e_{21} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{1m1} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{k1} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{k2} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{kmk} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{n1} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{n2} & & & & & & & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{nmn} & & & & & & & & \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ \vdots \\ C_k \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} \end{matrix} \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1k} & \dots & w_{1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{k1} & \dots & w_{kk} & \dots & w_{kn} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & \dots & w_{nk} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix}$$

نگاره (۲): فرمت استاندارد یک سوپرماتریس A

در روش AHP مقایسه‌های وزنی برای مؤلفه‌های i و j به جای اختصاص وزن w_i و w_j از وزن نسبی، w_i/w_j استفاده می‌شود. بعد از آن که مقایسه زوجی به صورت کامل انجام شد، بردار وزن (w) محاسبه می‌شود که سستی روش زیر را پیشنهاد نموده است:

$$A \times W = \lambda_{max} \times W$$

که در آن λ_{max} بزرگترین مقدار ویژه ماتریس A است. بردار W با استفاده از $\sum_{i=1}^n w_i \alpha =$ نرمال می‌شود. نتیجه آن W واحد است، به عبارتی جمع هر ستون در ماتریس برابر یک می‌شود. برای تعیین میزان سازگاری مقایسه‌ها از شاخص سازگاری وزن معیارها استفاده می‌شود که این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

در کل اگر CI کمتر از ۰/۱ باشد مقایسه تأیید می‌شود. با

استفاده از تکنیک منطق فازی به ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان مبادرت گردید.

در نهایت برای به دست آوردن ضریب نهایی هر عنصر، باید ضرایب به دست آمده از جدول سوپر ماتریس حدی را در ضریب خوشه‌ها ضرب کرد تا ضریب نهایی هر عنصر به دست آید. همان طور که جدول (۵) نشان می‌دهد عناصری که مخاطره‌زا می‌باشند را می‌توان کاربری اراضی، پوشش گیاهی، لرزه‌خیزی و به مراتب دیگر بارش، گسل و زمین‌شناسی دانست که بیشترین نقش را در مخاطرات فرسایش و سیلاب بر عهده دارند.

پس از به دست آوردن ضرایب نهایی هم ارزش شده هر عنصر با مدل NAP، این ضرائب باید بر لایه اطلاعاتی هر عنصر اعمال شده و نقشه نهایی در نرم افزار جی.آی. اس ترسیم شود.

خصوصیات لایه‌ها در جدول (۶) ارائه شده است. با توجه به هدف پژوهش حاضر که پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک بوده است، لایه‌های رقوم هر یک از پارامترهای شیب، جهت شیب، همبارش، زمین لغزش و... استخراج گردید و سپس نقشه‌های ترسیم شده در قالب نقشه‌های ۳ تا ۱۳ نمایش داده شده است.

جدول ۲: سوپر ماتریس غیر وزنی عناصر منطقه مورد مطالعه در وقوع مخاطرات ژئومورفیک

خوشه	عنصر	زمین لرزه		حرکات دامنه‌ای				سیلاب				فرسایش			
		گسل	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی	لرزه خیزی
زمین لرزه	گسل	۰	۰/۳	۰/۱	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۷۵	۰/۴	۰/۵	۰/۳				
	لرزه خیزی	۰/۳	۰	۰/۱	۰/۶	۰/۷	۰/۶۱	۰/۲۳	۰	۰/۴	۰/۵۷				
حرکات دامنه‌ای	شیب	۰/۲	۰/۴	۰	۰/۴۵	۰	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۶	۰/۲	۰/۲۲				
	جهت شیب	۰	۰/۳	۰	۰/۲	۰/۱	۰/۴۰	۰/۱۱	۰/۱	۰/۴۹					
	نقاط لغزش	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۳۸	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۵	۰/۲۱				
سیلاب	بارش	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۲۶	۰	۰/۱۲	۰	۰/۱	۰					
	آبراهه	۰	۰/۹	۰/۴	۰/۰۴	۰/۰۱	۰	۰/۳۵	۰/۳	۰/۶	۰/۴				
فرسایش	پوشش گیاهی	۰/۸	۰	۰/۵	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۵۹	۰	۰/۲	۰					
	توپوگرافی	۰	۰/۳	۰/۳	۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۳۶	۰	۰/۱	۰/۰۱				
	کاربری زمین	۰/۳	۰/۷	۰/۱	۰/۲	۰/۱۱	۰/۰۲	۰	۰/۱	۰					
	زمین شناسی	۰/۳	۰/۸	۰/۵	۰/۶	۰	۰/۳۴	۰/۴۹	۰/۲	۰/۲	۰				

باشد، ممکن است دو یا چند سوپر ماتریس داشته باشیم و به صورت زیر سوپر ماتریس وزنی همگرا می‌شود.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) \sum w_i^k$$

۶- گام ششم، محاسبه وزن نهایی معیارها: در نهایت وزن هر یک از معیارهای مؤثر به دست می‌آید. پس از تعیین ساختار مدل و تعیین سوپر ماتریس‌های وزنی و حد، وزن هر یک از شاخص‌های مؤثر به دست می‌آید. پس از وزن دهی به معیارهای طبیعی مؤثر در پهنه‌بندی شاخص‌های مؤثر، در این مرحله با استفاده از تکنیک منطق فازی به ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان مبادرت می‌شود.

یافته‌های تحقیق

ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک در استان گیلان

پس از تعیین روابط بین معیارهای مؤثر در خطر مخاطرات ژئومورفیک، نظر کارشناسان، ماتریس مقایسات زوجی و برآورد وزن نسبی، تشکیل سوپر ماتریس اولیه، تشکیل سوپر ماتریس وزنی، محاسبه بردار وزنی عمومی، محاسبه وزن نهایی معیارها با استفاده از عملیات ریاضی در نرم‌افزار آرک.جی.آی. اس صورت گرفت و سپس با

جدول ۳: سوپرماتریس وزنی منطقه مورد مطالعه در وقوع مخاطرات ژئومورفیک

خوشه	عنصر	زمین لرزه		حرکات دامنه‌ای			سیلاب		فرسایش		
		گسل	لرزه خیزی	تپش	نقط لغزش	بارش	آبراهه	پوشش گیاهی	توپوگرافی	کاربری زمین	زمین شناسی
زمین لرزه	گسل	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲	۰/۵	۰/۱۳
	لرزه خیزی	۰/۱	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۲۰	۰/۳۱	۰/۱۷	۰	۰/۲	۰/۳۵
حرکات دامنه‌ای	شیب	۰/۳	۰/۱	۰	۰/۲	۰	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱	۰/۱	۰/۲۷
	جهت شیب	۰	۰/۳	۰/۲	۰	۰/۲	۰/۴۰	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۱۹
	نقاط لغزش	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۹	۰	۰/۲	۰	۰/۲۱
سیلاب	بارش	۰/۱	۰/۱	۰	۰/۳	۰	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۳	۰	۰
	آبراهه	۰	۰/۴	۰/۱	۰/۲	۰/۰۲	۰	۰/۰۴	۰/۱	۰/۳	۰/۲
فرسایش	پوشش گیاهی	۰/۴	۰	۰/۲	۰	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۱۷	۰	۰/۱	۰
	توپوگرافی	۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۲۰	۰	۰/۱	۰/۰۲
	کاربری زمین	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۱	۰	۰
	زمین شناسی	۰/۱	۰/۴	۰/۲	۰/۳	۰	۰/۱۸	۰	۰/۱	۰/۱	۰

جدول ۴: سوپرماتریس حد منطقه مورد مطالعه در وقوع مخاطرات ژئومورفیک

خوشه	عنصر	زمین لرزه		حرکات دامنه‌ای			سیلاب		فرسایش		
		گسل	لرزه خیزی	تپش	نقط لغزش	بارش	آبراهه	پوشش گیاهی	توپوگرافی	کاربری زمین	زمین شناسی
زمین لرزه	گسل	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
	لرزه خیزی	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۴
حرکات دامنه‌ای	شیب	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳۱
	جهت شیب	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲
	نقاط لغزش	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶
سیلاب	بارش	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
	آبراهه	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹
فرسایش	پوشش گیاهی	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶
	توپوگرافی	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۳
	کاربری زمین	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸
	زمین شناسی	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸

ادامه جدول ۵

جهت شیب	۰/۰۵۴
کاربری اراضی	۰/۱۱۸
شیب	۰/۰۸۳
زمین شناسی	۰/۰۹۹
بارش	۰/۱۰۹
گسل	۰/۱۰۱
آبراهه	۰/۰۶۲

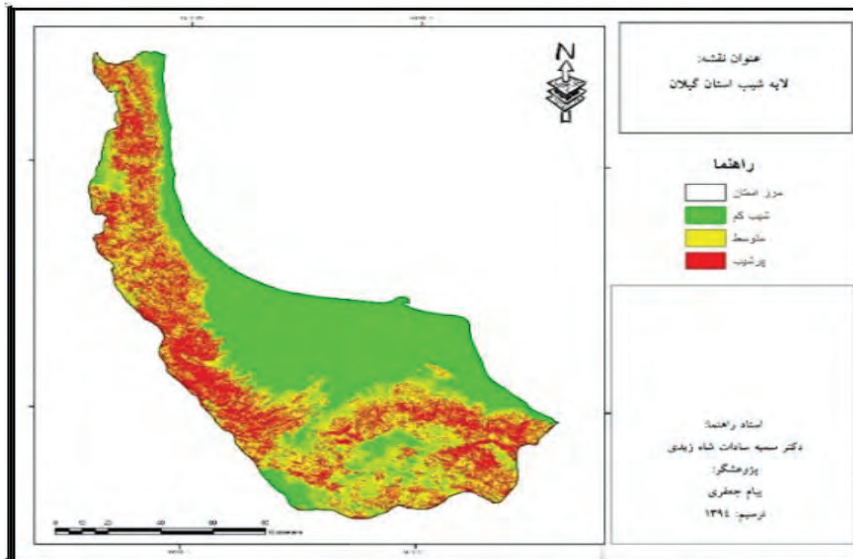
جدول ۵: وزن نهایی شاخص‌های مؤثر در پهنه‌بندی

مخاطرات ژئومورفیک منطقه مورد مطالعه

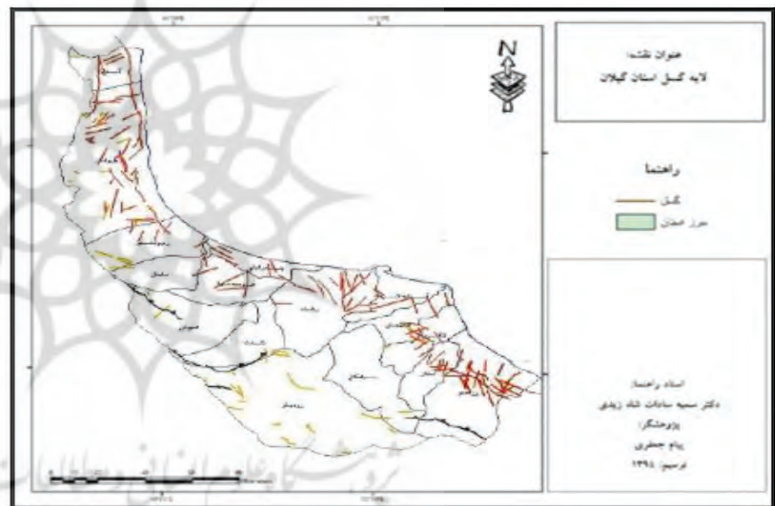
عنصر	وزن نهایی-ANP
توپوگرافی	۰/۰۶۶
نقاط لغزشی	۰/۰۷۷
پوشش گیاهی	۰/۱۱۶
لرزه خیزی	۰/۱۱۴

جدول ۶: خصوصیت لایه‌های مؤثر در وقوع مخاطرات ژئومورفیک استان گیلان

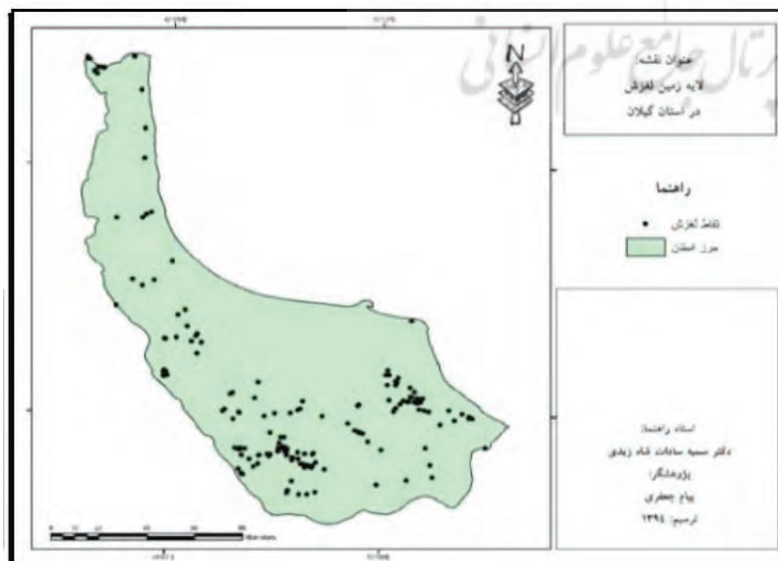
توضیح	لایه
در لایه میزان شیب ۳ طبقه شیب در نظر گرفته شد که میزان شیب کم یعنی کمتر از ۳۰ درصد، ۵۱/۷۹ درصد از منطقه؛ شیب ۳۰-۶۵ درصد، ۳۴/۷۵ درصد از منطقه و بالای ۶۵ درصد ۱۳/۴۵ درصد از منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است. هرچه میزان شیب بیشتر باشد میزان حرکات دامنه ای و فرسایش بیشتر خواهد بود.	میزان شیب
جهت شیب به ۵ طبقه، مسطح، شمالی، جنوبی، شرقی، غربی تقسیم بندی شده است. دامنه هایی که میزان تبخیر بیشتر باشد و رطوبت کمتری دارند پایدارتر هستند. جهت شیب یکی از عناصری است که میزان خطر حرکات دامنه ای و فرسایش را افزایش می دهد و در طبقات مسطح آب گرفتگی را در این مناطق در پی دارد.	جهت شیب
کاربری زمین منطقه از چند بخش تشکیل شده است که به ترتیب می توان به دریاچه و خلیج، جنگل‌های راش و بلوط و پهن برگ، مراتع کوهستانی، اراضی کشاورزی آبی و دیم، مراتع مرغوب و استپی، دشت های شور، دامنه های بایر و پراکنده و تپه های شنی اشاره کرد. این لایه ها بر حسب نوع ارزش هر کاربری طبقه بندی می شوند. زمین های بایر بیشترین خطر حرکات دامنه ای، فرسایش و سیلاب را دارند و سپس زمین های زراعی و رودخانه ای در طبقات بعدی هستند.	کاربری زمین
از خصوصیات منطقه تنوع سنگ‌ها و سازندهای آن است که انواع سنگ‌های رسوبی دگرگونی و آتشفشانی در آن یافت می‌شود. شیست و گنایس با سنگ های اولترابازیک پرکامبرین زیرین، مجموعه دگرگونی پالئوزوئیک، سنگ‌آهک به همراه آذرین و ماسه‌سنگ کربونیفر زیرین تا پرمین بالایی، کوارتزیت مزوزوئیک، سنگ‌های آتشفشانی و توف‌های آندزیتی ائوسن و الیگوسن و نهشته‌های آبرفتی- دریایی- دلتایی- ساحلی کواترنر است. با توجه به تنوع ترکیب واحدهای زمین‌شناسی و حساسیت متفاوت نسبت به حرکات دامنه ای و فرسایش عامل لیتولوژی بسیار تاثیرگذار است. بارش‌های زیاد، شیب زیاد، محدوده با پوشش درختان پهن برگ و در برخی از اراضی کشاورزی، مراتع، فرسایش و حرکات دامنه‌ای به چشم می‌خورد.	لیتولوژی
این منطقه در بخشی از پهنه وسیع سلسله جبال البرز قرار گرفته است گسل‌ها در استان گیلان در قسمت غربی دارای روند شمالی جنوبی، در قسمت شرقی با روند شمال شرق-جنوب غرب و در قسمت مرکزی با جهت شرقی- غربی است. گسل‌ها در منطقه باعث ناپایداری و گسستگی دامنه‌ها شده و فرسایش و حرکات دامنه ای را افزایش می دهد. مناطق نزدیک به گسل می‌تواند آسیب پذیری بیشتری داشته باشد.	گسل و فاصله از آن
تراکم زیاد آبراهه‌ها در منطقه نشان می‌دهد که مناطق کوهستانی دارای دامنه‌های ناپایدار و نامتعادلی هستند و این امر موجب تشدید حرکات دامنه‌ای و فرسایش خواهد شد.	آبراهه ها
این منطقه دارای شرایط اقلیمی متفاوت و نوسان بارش قابل توجهی است. افزایش بارش موجب رانش تپه ها، حرکت سنگ‌های معلق و تخریب مناطق کشاورزی و خطر آبگرفتگی و سیل می شود که خسارات جبران ناپذیری را به دنبال دارد. نزولات جوی بیشتر از میزان متعارف (سال ۱۳۷۲) در چند منطقه استان در شهرستان‌های رودسر، لنگرود، صومعه‌سرا، آستارا و لاهیجان از جمله مناطقی بودند که متحمل خسارات سنگین شدند.	میانگین بارش سالانه
لرزه خیزی در تمام محدوده مورد مطالعه با اهمیت است و در مناطقی که سطح آب زیر زمینی بالاست پدیده روان‌گرایی خاک صورت می‌گیرد. این عامل در اثر اشباع خاک از رطوبت است و در اثر تنش شدیدی که به آن وارد می‌شود مقاومت و سختی خود را به طور کامل از دست داده و مانند یک مایع رفتار می‌کند و در مناطق مستعد برای ساختمان‌های بلند مشکل آفرین است و خسارات زیادی بر سازه‌ها، تأسیسات حیاتی، زمین‌های کشاورزی و ... وارد می‌کند که در زلزله رودبار و آستانه و بخش‌های تابعه این شهر و شهرهای اطراف خسارات زیادی را به بار آورد.	لرزه خیزی
بارش، شیب، لرزه خیزی، لیتولوژی، توپوگرافی از عواملی هستند که در تشدید ناپایداری دامنه‌ها چون لغزش، ریزش، روانگرایی، سولیفلیکسیون، خزش تأثیرگذار هستند. ترکیب مجموعه‌ای از عوامل طبیعی با برخی دخالت‌های انسانی موجب بروز این پدیده در مناطق حساس استان گردیده است. این پدیده تأثیر زیادی بر روی اراضی زراعی مخصوصاً مزارع چای، موجب مدفون شدن روستاها (فتلک و فیشم)، فرسایش خاک در حجم وسیع، منطقه گردیده است.	لغزش
عامل توپوگرافی یا تأثیرات شکل و فرم زمین در میزان مخاطرات طبیعی تأثیرگذار است و نشان می‌دهد مناطق کوهستانی که دارای دامنه‌های ناپایدار و نامتعادل هستند موجب تشدید حرکات دامنه‌ای، فرسایش دامنه‌ها و ایجاد رواناب، فرسایش خاک خواهد شد.	توپوگرافی



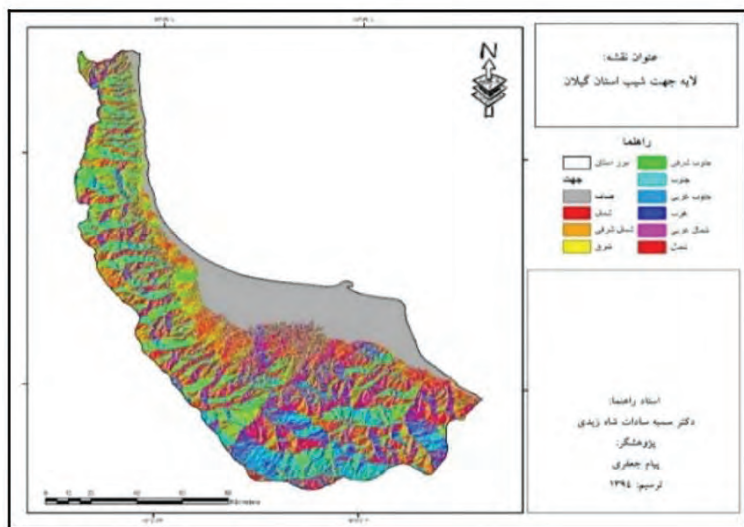
نقشه ۳: گسل
 (منبع: نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰)



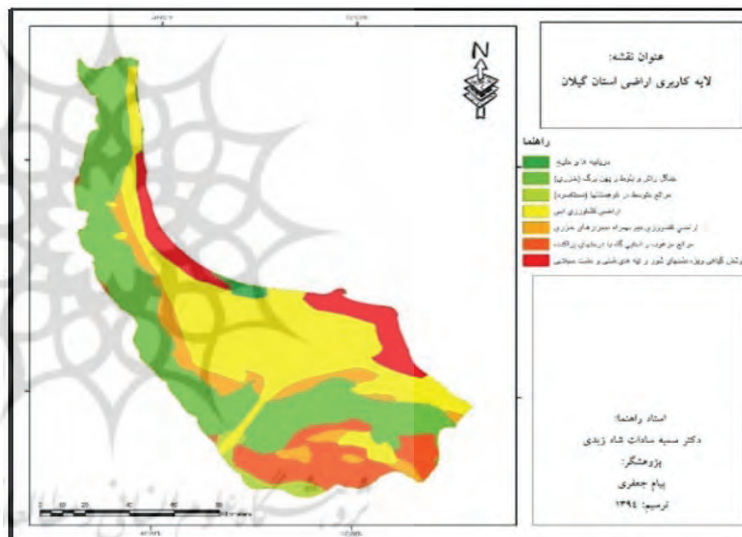
نقشه ۴: شیب
 (منبع: Dem ایران)



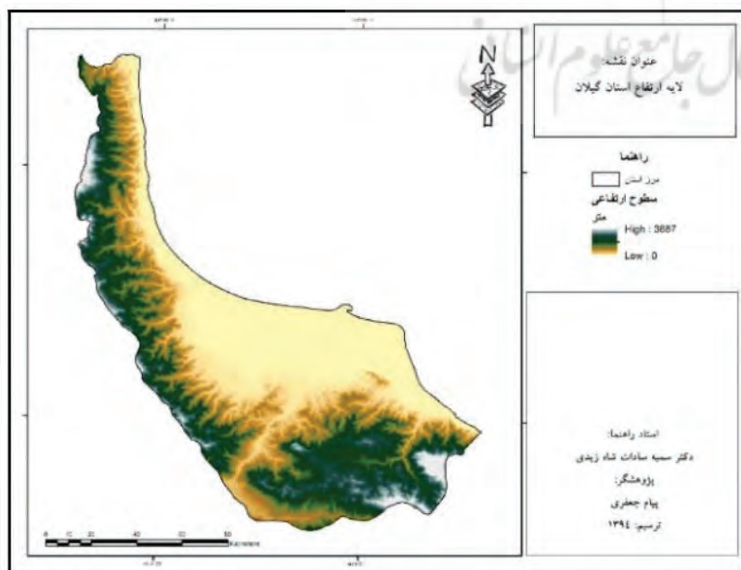
نقشه ۵: جهت شیب
 (منبع: Dem ایران)



نقشه ۶: زمین لغزش
 (برداشت از گوگل ارث و مطالعات میدانی)



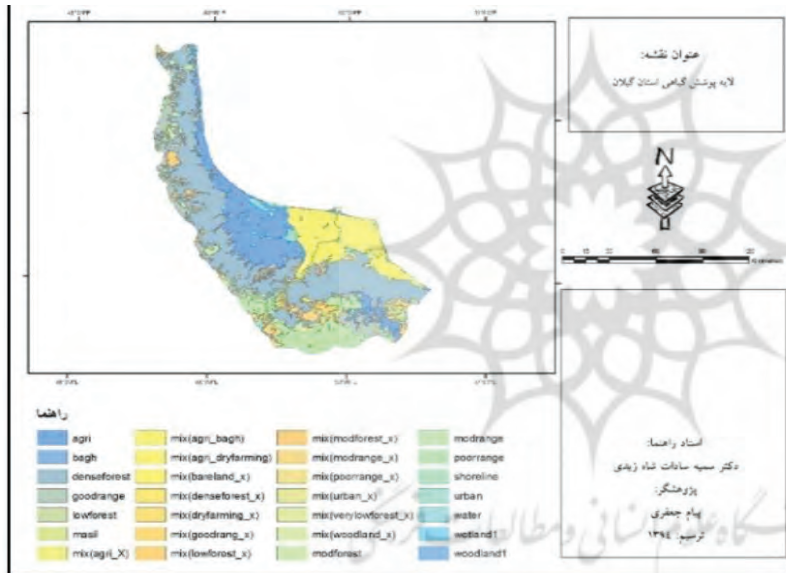
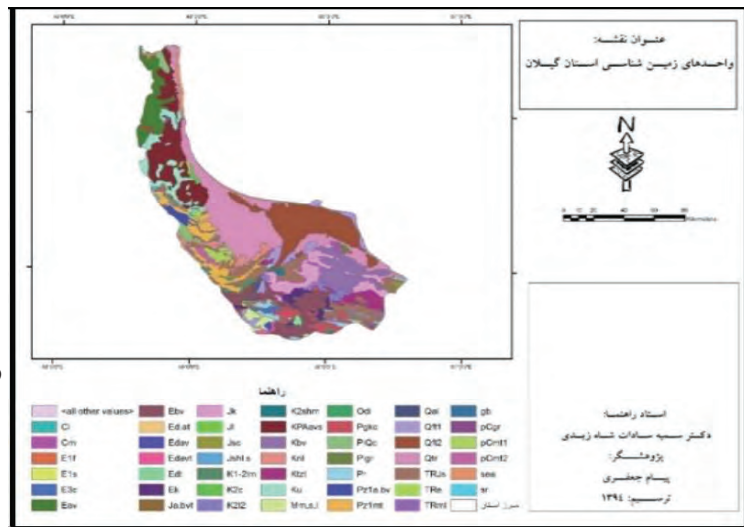
نقشه ۷: ارتفاعی
 (منبع: Dem ایران)



نقشه ۸: کاربری اراضی
 (منبع: نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰،
 نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰)

نقشه ۹: زمین شناسی

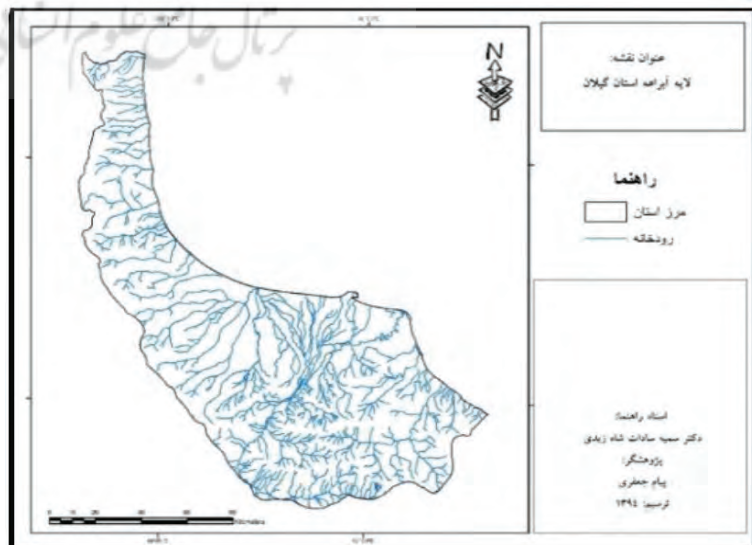
(منبع: نقشه‌های زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰)



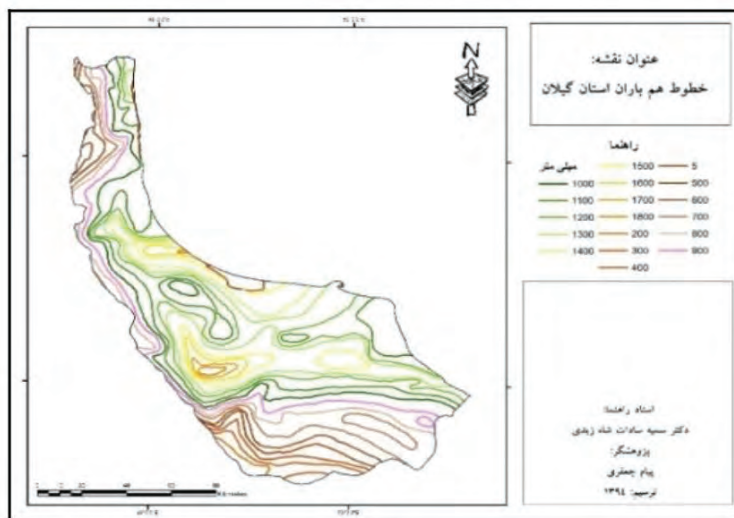
نقشه ۱۰: پوشش گیاهی

(منبع: سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور)

نقشه ۱۱: همباران



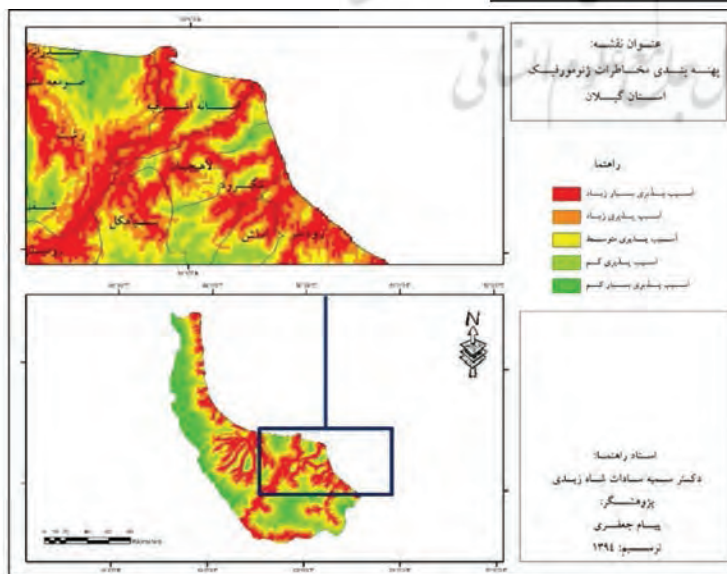
فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سیر)
 تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک ... / ۲۰۵



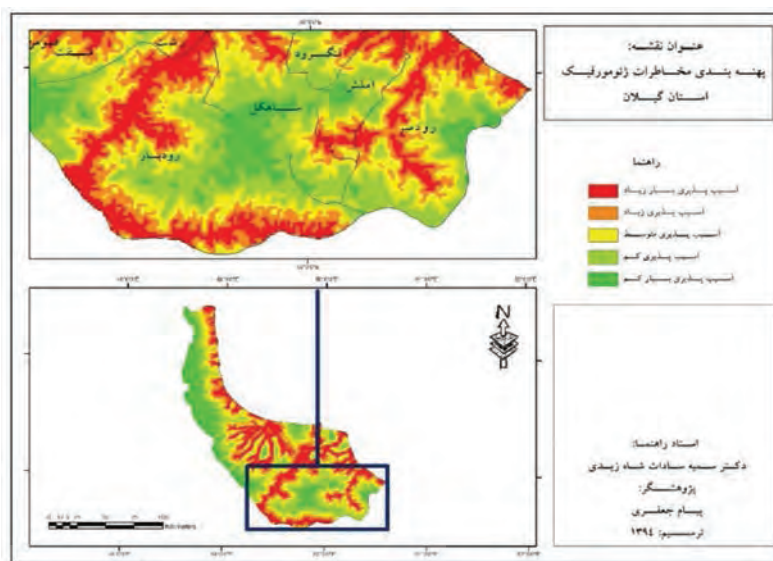
نقشه ۱۲: شبکه آبراهه
 (منبع: نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰)



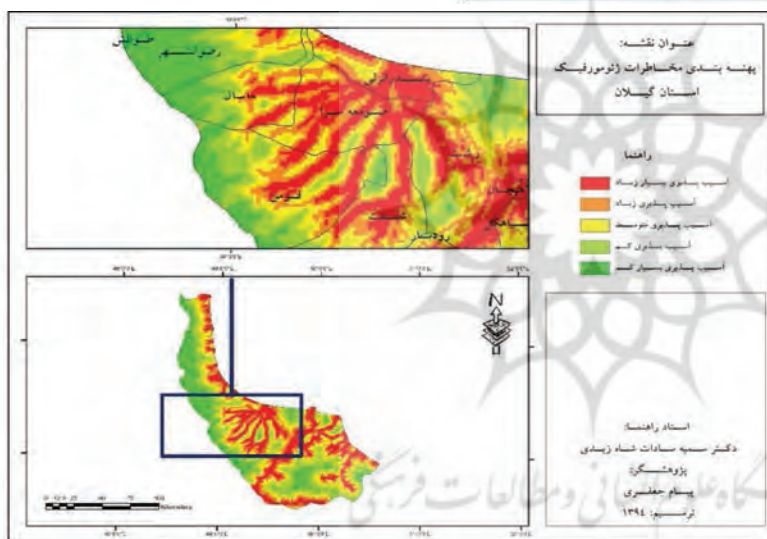
نقشه ۱۳: زلزله
 (منبع: سازمان زمین شناسی کشور)



نقشه ۱۴: پهنه‌های پرمخاطره شمال شرقی استان گیلان



نقشه ۱۵: پهنه های پر مخاطره جنوب استان گیلان



نقشه ۱۶: پهنه های پر مخاطره مرکز استان گیلان

با توجه به ترکیب تمام لایه ها و اعمال ضرائب به دست آمده از مدل تحلیل شبکه نقشه نهایی پهنه بندی مخاطرات ژئومورفیک ترسیم شد که سه پهنه آسیب پذیر به دست آمد. پهنه اول- شمال شرق استان: این پهنه از استان به دلیل قرارگیری در مسیر سیلاب و ویژگی های زمین شناختی پر مخاطره می باشد (نقشه ۱۴).

نتیجه گیری

بررسی موقعیت و ارزش محیط های انسانی آسیب پذیر در برابر انواع مخاطرات ژئومورفولوژیک بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد. مخاطرات طبیعی به خصوص مخاطرات ژئومورفیک خسارات جانی و مالی بسیاری را به همراه داشته و دارد. براین اساس مخاطرات طبیعی به عنوان یکی از مطالعات

پهنه دوم- جنوب استان: در حوالی شهرستان های رودبار و رودسر و تا حدودی املش، جزء پهنه های پر مخاطره استان به شمار می رود. از ویژگی های این پهنه نزدیکی به گسل و شیب نسبتاً بالا می باشد (نقشه ۱۵).
 پهنه سوم- مرکز استان: در حوالی شهرستان های بندرانزلی،

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۳۳)

تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک ... / ۲۰۷

شور گناوه با استفاده از مدل تاپسیس، فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۵، شماره ۵۲، صص ۵۵-۷۳

۳- حجازی، سیدیدالله (۱۳۹۵)، ارزیابی مخاطرات طبیعی ناشی از فرآیندهای دامنه‌ای در سکونتگاه‌های روستای حوضه آبریز ایلگینه چای با استفاده از عملگرهای فازی و GIS، مسکن و محیط روستا، شماره ۱۵۳، صص ۸۳-۹۶.

۴- رامشت، شاه‌زیدی؛ محمدحسین، سمیه سادات (۱۳۹۰)، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی، انتشارات دانشگاه اصفهان، صص ۱-۳۹۲.

۵- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰).

۶- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.

۷- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰.

۸- سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه.

۹- ساعتی، توماس.ال، (۱۳۹۲)، نظریه و کاربردهای فرایند تحلیل شبکه‌ای: تصمیم‌گیری به کمک سودها، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسک‌ها، ترجمه عزیز و همکاران، انتشارات دانشگاه تهران، صص ۱-۳۴۰.

۱۰- شادفر، یمانی؛ صمد، مجتبی (۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطرزمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چالکروود تنکابن)، مجله منابع طبیعی، شماره ۷۵، صص ۱۱۸-۱۲۶.

۱۱- فرجی‌سبکبار، حسنعلی و همکاران (۱۳۸۹)، سنجش میزان پایداری نواحی روستایی برمبنای مدل تحلیل شبکه، با استفاده از تکنیک بردا، مطالعه موردی: نواحی روستایی شهرستان فسا، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی، دوره ۴۲، شماره ۷۲، ۱۳۵-۱۵۵.

۱۲- فاطمی عقداو همکاران، ۱۳۸۴، بررسی خطر زمین لغزش با استفاده از سیستم فازی در منطقه رودبار، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۱، شماره ۱، صص ۴۳-۶۴.

پایه قرار گرفت تا بتوان به کنترل و کاهش مخاطرات طبیعی دست یافت.

بدین ترتیب پرخطرترین پهنه‌های استان گیلان با مراکز حساس از قبیل معادن استان ادغام گردید. برای مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر نسبی مخاطرات ژئومورفیک در پژوهش حاضر، از مدل تحلیل شبکه ANP استفاده شد. برای هر یک از مقادیر و دامنه‌های مختلف، وزن و امتیازی به دست آمد که مجموع فازی این امتیازها و ادغام هر لایه در وزن به دست آمده، خطر نسبی وقوع مخاطرات ژئومورفیک را مشخص کرد.

نتایج حاصله نشان داد سه پهنه آسیب‌پذیر در شمال شرق، جنوب استان یعنی در حوالی شهرستان‌های رودبار و رودسر و تا حدودی املش و مرکز استان، در حوالی شهرستان‌های بندرانزلی، صومعه سرا مناطق پرخطر می‌باشند که به ترتیب تحت تأثیر مخاطره‌های سیلاب و ویژگی‌های زمین‌شناختی، نزدیکی به گسل و شیب نسبتاً بالا، سیل‌خیزی، فرسایش زیاد و تا حدودی حرکات دامنه‌ای می‌باشند.

منطق فازی به همراه تحلیل فضایی GIS توانسته است به عنوان ابزاری کارآمد در پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک مورد استفاده قرار گیرد. در پایان ذکر این نکته ضروری است که واقع شدن بعضی از پهنه‌ها در سطوح پایین آسیب‌پذیری و خطر، نشان دهنده وضعیت ایده آل در آن‌ها نبوده و فقط جایگاه پهنه مزبور را در ارتباط با سایر پهنه‌ها مشخص می‌نماید.

منابع و مأخذ

۱- پور قاسمی، حمیدرضا و همکاران (۱۳۹۱)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری بیزین، مجموعه علوم و فنون کشاورزی، علوم آب و خاک، سال ۱۶، شماره ۶۲، صص ۱۰۹-۱۲۱

۲- حبیبی، غریب؛ علیرضا، محمدرضا (۱۳۹۴)، ارزیابی پتانسیل مخاطرات سیل سکونتگاه‌ها در حوضه رودخانه

planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York, p 287.

24- Sarkis, J., (2002), A Models for Supplier Selection, Journal of Supply Chain Management, Volume 38, pp 18-28.

۱۳- کرمی، فریبا و همکاران، ۱۳۸۷، خطر زمین لرزه و تحلیل ریسک‌پذیری مراکز جمعیتی از زلزله (شهرستان بستان آباد، آذربایجان شرقی)، تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۴، صص ۷۷-۹۶.

۱۴- مقیمی و همکاران (۱۳۹۲)، ارزیابی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۴، صص ۱۰۳-۱۱۸.

۱۵- نصیری، شهرام؛ (۱۳۸۳)؛ نگرشی بر زمین لغزه‌های ایران (بررسی موردی: ناپایداری شیب‌ها در جاده هراز)؛ پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، ص ۱.

۱۶- نوروزی خطیری، خدیجه و همکاران (۱۳۹۲) تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۲۰ تهران)، فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره هفتم، صص ۶۸-۵۳.

17- Chung, S.H., Lee, A.H.L. & Pearn, W.L. (2005), Analytic Network Process (ANP) Approach for Product Mix Planning in Semiconductor Fabricator, International Journal of Operational Research, Volume 152, pp.631-640.

19- Ertay, T., Ruan, D. & Tuzkaya, U.R. (2006), Integrating Data Envelopment Analysis and Analytic Hierarchy for the Facility Design in Manufacturing Systems, Information Science, Volume 176, pp -262-273.

20- Journal of Production Economics, Volume 96, pp. -36-15.

21- Kkumar Dahal, R., 2008, Predictive Modeling of Rainfall-induced Landslide Hazard in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of-evidence, Geomorphology, Vol. 102, PP.496-510.

22- Lee, L.W. & Kim, S.H. (2001), Using Analytic Network Process and Goal Programming for Interdependent Information System Project Selection, Computers and Operation Research, Volume 27, pp. 382-367.

23- Saaty, T. L. (1980), the analytic Hierarchy Process: