فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال نهم، شماره ۳۳، زمستان ۱۳۹٤

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش بخش مرکزی شهرستان سمیرم

مجتبی رحیمی شهید[۱] و نیما رحیمی[۲]
۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه یزد، Mr619htt@gmail.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی‌اقتصادی، دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۲ تاریخ تصویب: ۹٤/٦/۳۰

چکیده
زمین‌لغزش از جمله بلایای طبیعی به شمار می‌رود که هر ساله خسارت جانی و مالی فراوانی را به همراه دارد. امروزه با پیشرفت علم و فنّاوری، زمینه‌های مناسبی برای شناخت و کاهش این خطرات طبیعی فراهم شده است. در این راستا می‌توان اطلاعات جغرافیایی را همگام با ابزار پشتیبانی تصمیم به‌منظور ارزیابی خطر وقوع زمین‌لغزش به‌کار برد. لذا این پژوهش به‌منظور بررسی میزان تأثیر عوامل مختلف در ایجاد پدیده زمین‌لغزش و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در بخش مرکزی شهرستان سمیرم انجام گرفت. برای این هدف با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی عوامل موردبررسی به‌صورت زوجی مقایسه و وزن هر یک از عوامل که مبین میزان تأثیر آن‌ها است محاسبه شده است. با توجه به مقادیر کمی وزن هر یک از عوامل، نقشه وزنی هر عامل تهیه و در نهایت اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از لایه‌های وزنی و ضریب وزنی مربوط به هر یک از عوامل شده است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این است که روش تحلیل سلسله مراتبی به دلیل استوار بودن بر مبنای مقایسه‌های زوجی موجب سهولت و دقت در انجام محاسبه‌های لازم و ارائه نتایج به دلیل دخالت دادن تعداد زیادی از عوامل در مقایسه با سایر روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش است. نتایج نشان داد که در مدل تحلیل سلسله مراتبی حدود ٤۰/۹۸ درصد حوضه در پهنه-های با خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرد. همچنین جنس مواد و شیب به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع لغزش در منطقه مشخص گردید.

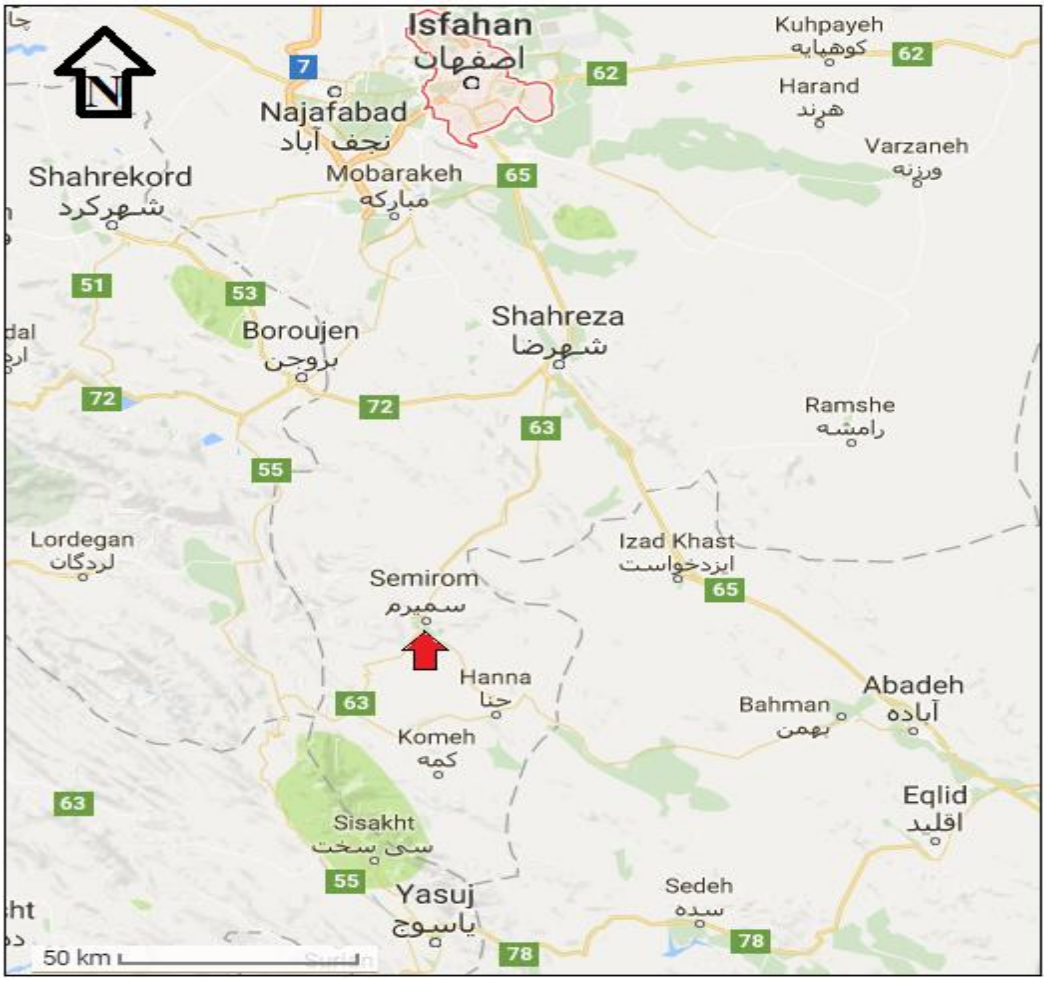
واژگان کلیدی: بخش مرکزی شهرستان سمیرم، پهنه‌بندی، تحلیل سلسله مراتبی، زمین‌لغزش، سنجش از دور.

مقدمه
لغزش به ناپایداری‌هایی با ابعاد مشخص اطلاق می‌گردد که توده‌ای از خاک یا سنگ بر روی سطح گسیختگی به سمت پایین جابه‌جا می‌گردند (حافظی‌مقدس و غفوری ۱۳۸۸). ایران با توپوگرافی کوهستانی در بخش‌های وسیعی، فعالیت‌های زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، شرایط بسیار متنوع اقلیمی و زمین‌ساختی، شرایط مساعدی برای بروز این پدیده دارد و اهمیت آن در مناطق نزدیک به سکونتگاه‌ها و تأسیسات انسانی بیش‌تر احساس می‌شود. بر اساس گزارش کمیته‌ی ملی کاهش آثار بلایای طبیعی وزارت کشور در سال ۱۳۷۳، سهم خسارات سالانه ناشی از حرکت‌های توده‌ای در ایران ۵۰۰ میلیارد ریال برآورد شده است (زکی‌زاده ۱۳۷۳). ارزیابی ناپایداری دامنه‌ای مانند بسیاری از موضوع‌های زمین‌شناسی محیطی از پیچیده‌ترین مسائلی است که به دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری دامنه‌ها است. وجود عدم قطعیت که ناشی از کامل نبودن و مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با پارامترهایی نظیر زمین‌شناسی، هیدرولوژی، ژئومورفولوژی و غیره، در بروز ناپایداری دامنه‌ای هستند که این عوامل لزوم استفاده از روش‌های دقیق را در بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای منطقی می‌کنند (Fatemi Aghda et al. 2006). پیش‌بینی رخداد زمین‌لغزش در یک منطقه در کاهش خطرات و خسارات ناشی از بروز این امر نقش مؤثری دارد. علاوه بر این، حرکات توده‌ای، نقش مؤثری در تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبریز داشته و یکی از مهم‌ترین عوامل تغییردهنده‌ی فعال در لندفرم‌های کواترنری است. از آنجا که پیش‌بینی زمان رخداد زمین‌لغزش‌ها دشوار است، از این‌رو شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش و پهنه‌بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، دارای اهمیت است و تا حد امکان باید از مناطق با احتمال پتانسیل نسبی بالاتر خطر زمین‌لغزش دوری کرد. پیشینه‌ی استفاده از روش‌های آماری برای پیش‌بینی خطر ناپایداری شیب‌ها در دنیا عموماً از دهه‌ی ۱۹۹۰ به بعد دیده می‌شود.

از نمونه کارهای علمی تحقیقاتی جدید انجام شده در این رابطه به مواردی چون(قبادی و همکاران ، ۱۳۹۳)، (عرب عامری و حلبیان ، ۱۳۹٤)، (کرنژادی و همکاران ، ۱۳۹٤)، (Khanlari et al, 2014) می‌توان اشاره کرد. هدف از این پژوهش، شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در بخش مرکزی شهرستان سمیرم با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تکنیک سنجش از دور می‌باشد؛ بنابراین، انتخاب معیارها و استانداردها، تهیه‌ی لایه‌های رقومی عوامل، تعیین وزن عوامل، هم‌پوشانی لایه‌ها و تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی از محورهای اصلی این پژوهش بوده تا مناطق حساسی که بیش‌ترین احتمال خطر وقوع زمین‌لغزش در آن‌ها وجود دارد، تعیین شود.

مواد و روش‌ها

شهرستان سمیرم در جنوب غربی استان اصفهان در مجاورت سه استان چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و فارس واقع شده است. این شهرستان از شمال به شهرضا، از شرق به آباده و اقلید و از جنوب غربی و غرب با مرز طبیعی رشته‌کوه‌های دنا به استان کهگیلویه و بویراحمد، از غرب به بروجن و لردگان (چهارمحال و بختیاری) محدود می‌شود. این شهرستان به‌طور عمده به دو بخش مرکزی و پادنا تقسیم می‌گردد که منطقه موردبررسی در این مطالعه بخش مرکزی آن می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی شهرستان سمیرم

روش تحقیق

ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی، محدوده موردمطالعه موردبررسی قرار گرفت و تعیین حدود شد. جهت تدوین هدف ۹ معیار و ٦۱ رده طراحی گردید. تهیه‌ی لایه‌های موردنیاز در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.1 به‌صورت موارد زیر انجام گرفت. نخست

مدل ارتفاع رقومی منطقه از مدل ارتفاع رقومی ایران جدا و بر اساس شکست‌های طبیعی که در ارتفاع‌های منطقه وجود دارد به ۵ رده ارتفاعی طبقه‌بندی شد. لایه‌های شیب و جهت شیب از روی مدل ارتفاعی رقومی منطقه تهیه گردید. لایه‌های فاصله از آبراهه، فاصله از گسل و فاصله از سکونتگاه‌ها از طریق رقومی کردن لایه‌ی آبراهه‌های اصلی و فرعی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، رقومی‌شدن گسل‌های اصلی و فرعی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و رقومی کردن لایه‌ی سکونتگاه‌های شهری و روستایی تهیه گردید. لایه‌های سنگ‌شناسی و کاربری اراضی به ترتیب از رقومی شدن جنس مواد در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه کاربری اراضی تهیه شد.

لایه بارندگی با استفاده از میان‌یابی به روش کریجینگ تهیه شد. در نهایت با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به تجزیه‌وتحلیل کمی معیارها و گزینه‌ها، تلفیق لایه‌ها در محیط ArcGIS 10.1، نسبت به ارائه مدل و پهنه-بندی منطقه موردبررسی به لحاظ وقوع رخداد زمین‌لغزش مبادرت گردید.

لایه‌های اطلاعاتی

در این پژوهش لایه‌های اطلاعاتی فاصله از سکونتگاه، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، ارتفاع، جهت شیب، شیب، بارندگی، کاربری اراضی و سنگ‌شناسی در نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. در ادامه به تشریح این ۹ عامل پرداخته می‌شود.

- **فاصله از سکونتگاه‌ها**: فعالیت‌های انسانی همیشه نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات محیطی ایفا می‌کند. در بسیاری از موارد مکان گزینی این کاربری‌ها به‌اندازه‌ای نامناسب بوده که باعث ایجاد نابسامانی‌ها و اختلال در اکوسیستم طبیعی می‌شود (کلارستاقی و همکاران ۱۳۸٦). لایه فاصله از سکونتگاه منطقه موردنظر در نرم‌افزار ArcGIS 10.1 با اعمال تابع Distance تهیه شده است. این لایه به ۵ رده تقسیم شده است (شکل ۲). با افزایش فاصله از سکونتگاه‌ها خطر وقوع زمین‌لغزش کاهش می‌یابد.

- **فاصله از آبراهه**: با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌ی آبراهه‌های منطقه موردمطالعه تهیه شد. سپس در نرم‌افزار ArcGIS 10.1 و اعمال تابع Distance نقشه فاصله از آبراهه در ۵ رده مطابق با (شکل ۳) تهیه شد. با افزایش فاصله از آبراهه، پتانسیل وقوع زمین‌لغزش کاهش می‌یابد.

- **فاصله از گسل**: برای تهیه نقشه گسل‌های منطقه از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور و اعمال تابع Distance بهره جسته شده است. سپس در محیط ArcGIS 10.1 طبقات فاصله از گسل به ۵ رده تقسیم شد (شکل ٤). با افزایش فاصله از گسل پتانسیل وقوع زمین‌لغزش کاهش می‌یابد.

- **طبقه‌های ارتفاعی**: برخی از پژوهشگران از ارتفاع به‌عنوان یک عامل کنترلی در وقوع زمین‌لغزش‌ها استفاده می‌کنند (Yilmaz, 2010).

تغییرات ارتفاعی هر منطقه به‌عنوان عامل مؤثر در ایجاد حرکت‌های توده‌ای محسوب می‌شود. این عامل، جهت رواناب‌ها و میزان تراکم شبکه زهکشی را کنترل می‌کند و میزان رطوبت خاک (به‌عنوان عامل مؤثر در حرکت‌های توده‌ای) و میزان شیب دامنه‌ها تأثیر بسزایی دارد (Hosseinzadeh et al. 2009). در منطقه موردبررسی جهت تهیه نقشه طبقه‌های ارتفاعی، مدل رقومی ارتفاعی بر اساس شکست‌های طبیعی که در ارتفاع‌های منطقه وجود دارد به ۵ رده تقسیم شده است (شکل ۵).

- **جهت شیب**: جهت دامنه یکی از عوامل تعیین‌کننده در حرکت‌های توده‌ای سازندهای مارنی به شمار می‌رود. در دامنه‌های شمالی و غربی به دلیل برخورداری از رطوبت بیش‌تر، مقدار زمین‌لغزش بیش‌تر بوده و در دامنه‌های شرقی و جنوبی به دلیل حداکثر جذب انرژی و حداقل آب باقی‌مانده در خاک، کم‌ترین حرکت توده‌ای مشاهده می‌شود. با توجه به اهمیت این موضوع در پدیده لغزش، منطقه موردمطالعه به ۹ گروه شمال، شمال غربی، جنوب، جنوب شرقی، جنوب غربی، غرب، شرق، شمال شرقی و هموار تقسیم شدند (شکل ٦).

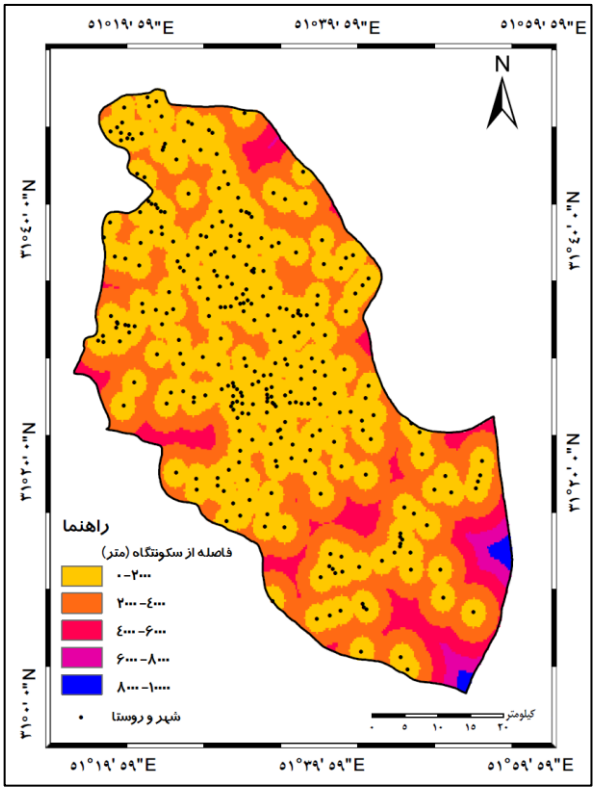
- **شیب**: بررسی وضعیت شیب از آن جهت با اهمیت است که مکانیسم بسیاری از جابه‌جایی‌ها مربوط به مواد سطحی

و فرآیندهای حمل، تابع میزان شیب است. در این رابطه می‌توان گفت که با توجه به دامنه ارتفاعی بسیار زیاد بخش‌های مرتفع بسیار جوان و پر شیب بوده لذا دارای سیمای فرسایشی شدید و قابل توجهی هستند. نقشه شیب با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی (DEM) در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.1 تهیه شد. این نقشه بر حسب درصد به ۵ رده تقسیم می‌شود (شکل ۷).

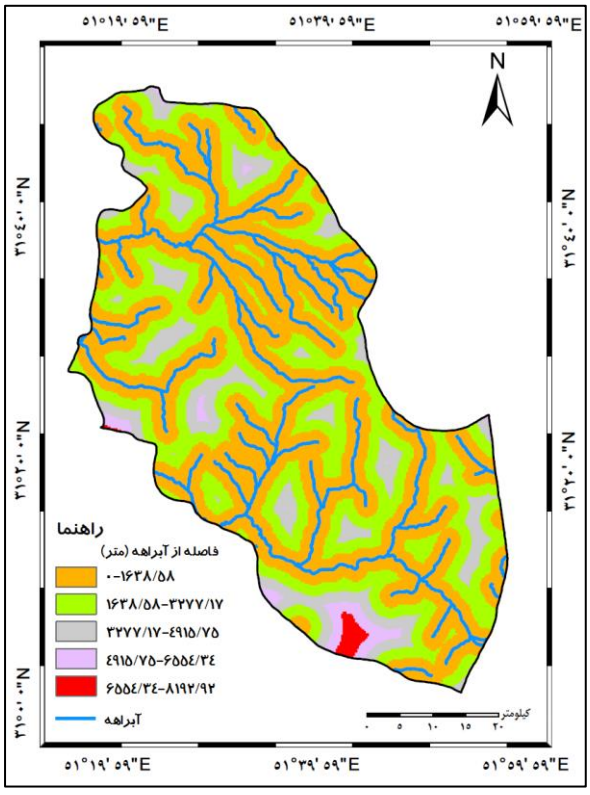
– **بارندگی**: بارندگی، یکی از عوامل بسیار مهم در ایجاد و تسریع زمین‌لغزش‌هاست. نقش آب در گسیختگی شیب‌ها و رخداد لغزش و همچنین به‌صورت عامل کاهش‌دهنده مقاومت برشی سطوح است (Ercanogla, 2002) نقشه بارندگی سالانه بر اساس آمار ۱۵ ساله ایستگاه‌های واقع در محدوده موردمطالعه تهیه شد. رسم منحنی‌های هم‌باران با استفاده از روش آماری میان‌یابی کریجینگ صورت گرفت (شکل ۸).

– **کاربری اراضی**: از آنجا که نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین‌ها در رخداد پدیده زمین‌لغزش مؤثر است، بنابراین با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه کاربری اراضی تهیه شد (شکل ۹). در محدوده مطالعاتی، می‌توان پوشش‌های مختلفی را تعیین کرد (شکل ۹). مناطق کشاورزی به دلیل اثرات ناشی از آبیاری و زهکشی و مرتع فقیر بیش‌ترین پتانسیل را در وقوع زمین‌لغزش دارند.

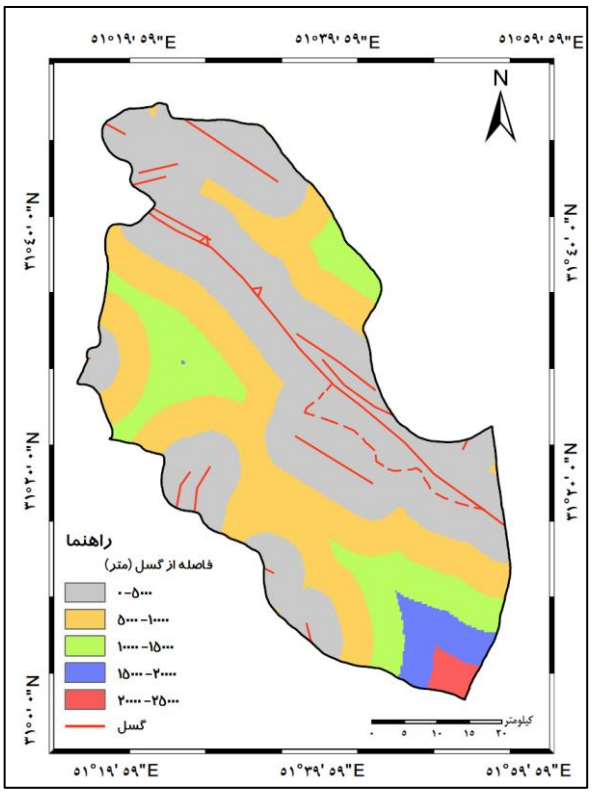
– **سنگ‌شناسی**: شرایط سنگ‌شناسی از جمله شرایط مستعد کننده‌ی وقوع لغزش است. سنگ‌شناسی شامل ترکیب و بافت بر رفتار فیزیکی و شیمیایی سنگ و خاک تأثیر دارد. خواص مکانیکی سنگ‌ها و خاک‌ها شامل مقاومت برشی، نفوذپذیری، دانسیته و مقاومت در برابر هوازدگی تابعی از جنس سنگ و بافت آن است. نوع و درصد کانی‌های رسی عامل مهمی در پایداری دامنه‌ها می‌باشد. مقاومت برشی سنگ‌ها و خاک‌های واجد کانی‌های رسی با افزایش درصد رطوبت به‌شدت کاهش یافته و موجب ناپایداری می‌گردد (حافظی‌مقدس و غفوری ۱۳۸۸). نقشه سنگ‌شناسی گستره موردبررسی پس از انجام بررسی‌های دقیق نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد (شکل ۱۰).



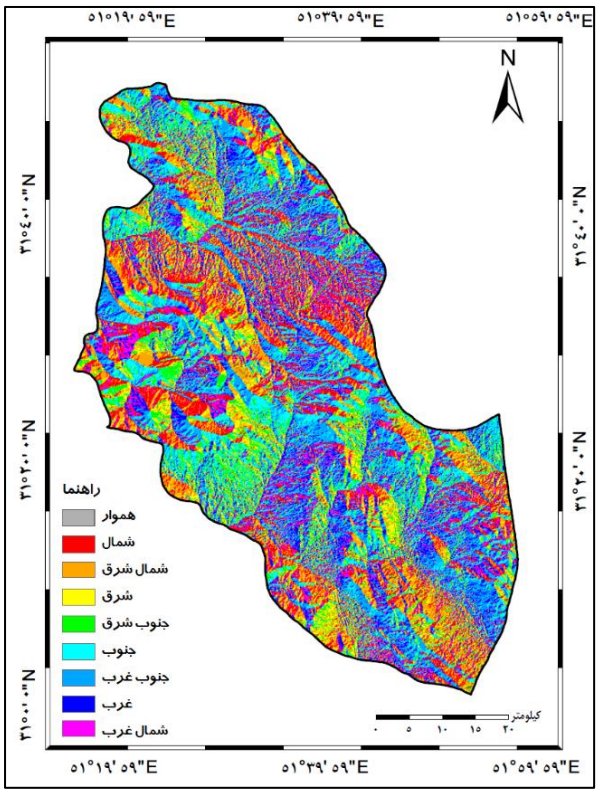
شکل ۲- فاصله از سکونتگاه



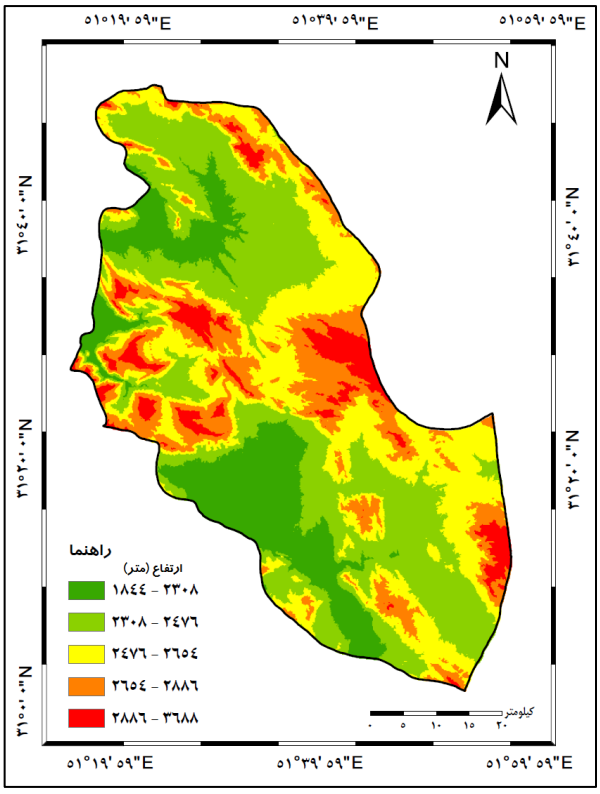
شکل ۳- فاصله از آبراهه



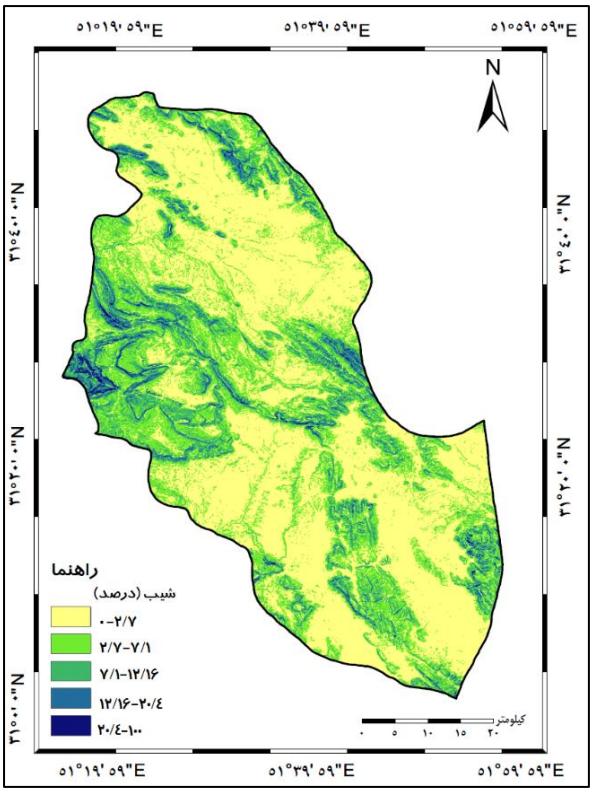
شکل ٤- فاصله از گسل



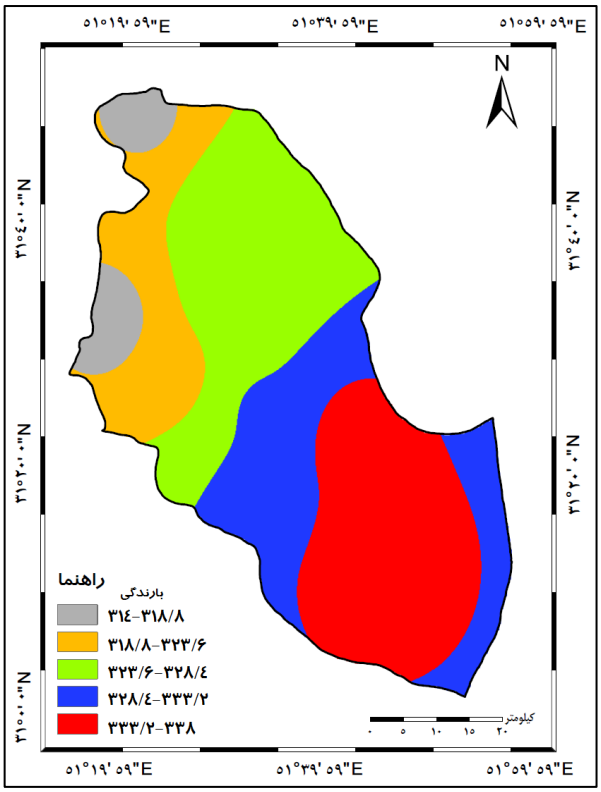
شکل ٦- نقشه جهت شیب



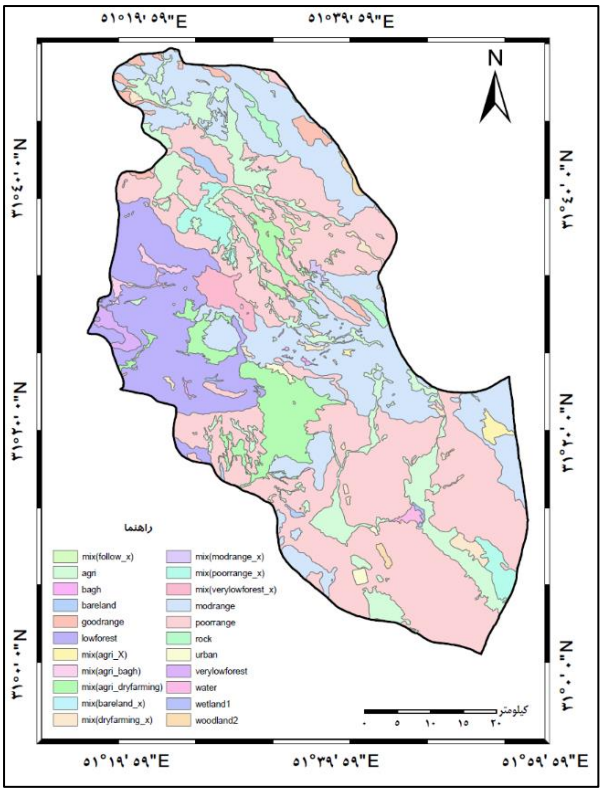
شکل ۵- طبقه‌های ارتفاعی



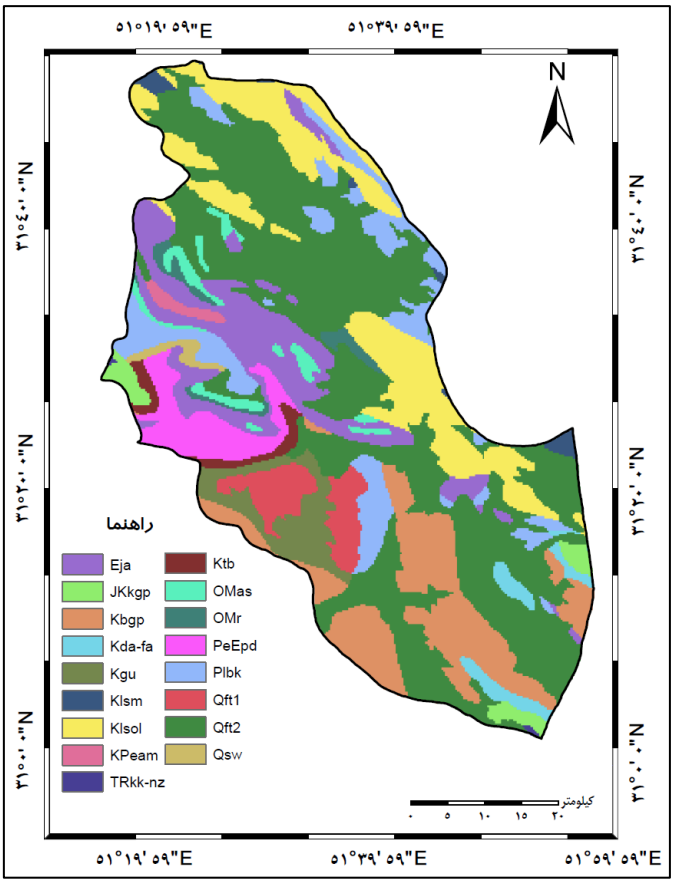
شکل ۷- نقشه شیب



شکل ۸- نقشه بارندگی



شکل ۹- نقشه کاربری اراضی

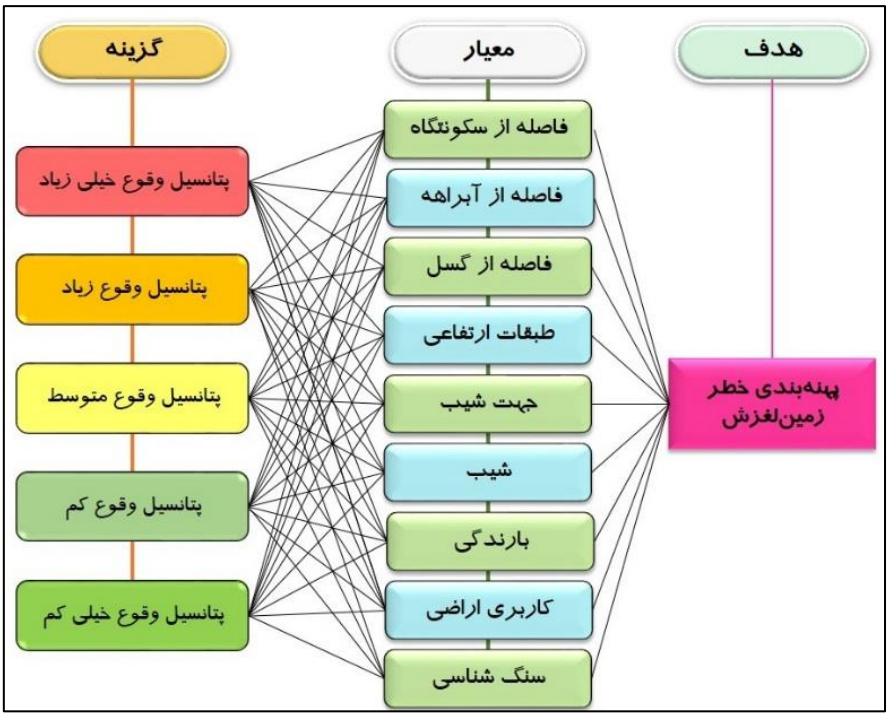


شکل ۱۰- نقشه سنگ‌شناسی

بحث و نتایج

نقشه‌های پهنه‌بندی کمک شایانی به طراحان در زمینه‌ی انتخاب مکان مناسب برای اجرای طرح‌های عمرانی است. علاوه بر آن افزایش آگاهی از اهمیت اقتصادی – اجتماعی زمین‌لغزش‌ها و افزایش تراکم حاصل از توسعه و شهرسازی تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی را انکارناپذیر می‌سازد (Aleotti & Chawdhury, 1999). این پژوهش قصد دارد تا با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در بخش مرکزی شهرستان سمیرم بپردازد. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، همانند تئوری تصمیم‌گیری و تحلیل ناسازگاری، اندازه‌گیری را بر روی معیارهای با قابلیت کمی شدن و غیر عینی انجام می‌دهد (Vargas, 1990). روش تحلیل سلسله مراتبی یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره است که استفاده کننده را برای رسیدن به یک مقیاس ترجیحی از مجموعه‌ای از متغیرها توانا می‌سازد. این روش کاربرد زیادی در انتخاب سایت، ساده‌سازی تحلیل‌ها و تحلیل حساسیت به زمین‌لغزش دارد (Ayalew et al. 2005). مزایای استفاده از این روش از دیدگاه بنیان‌گذار منطق فازی (Saaty, 1980) عبارت‌اند از؛ یگانگی، پیچیدگی، همبستگی متقابل، ساختار سلسله مراتبی، اندازه‌گیری، سازگاری، تلفیق، تعادل، قضاوت گروهی و تکرار. مراحل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به‌منظور پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در منطقه موردبررسی طبق مراحل زیر می‌باشد.

– **ساختن سلسله مراتب:** در اولین قدم، ساختار سلسله مراتبی مربوط به موضوع موردبررسی در (شکل ۱۱) ارائه شده است. در این شکل یک سلسله مراتب ۳ سطحی شامل هدف، معیار و گزینه ارائه شده است. تبدیل موضوع موردبررسی به یک ساختار سلسله مراتبی مهم‌ترین قسمت تحلیل سلسله مراتبی محسوب می‌شود، زیرا در این قسمت با تجزیه مسائل مشکل و پیچیده فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مسائل پیچیده را از طریق تجزیه آن به عناصر جزئی که به‌صورت سلسله مراتب به هم مرتبط بوده و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین سطح سلسله مراتبی مشخص است به شکل ساده‌تر در می‌آورد.



شکل ۱۱- ساختن سلسله مراتب جهت پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش گستره موردبررسی

– **تعیین ضرایب اهمیت معیارها:** بعد از تجزیه مسئله به سلسله مراتب عناصر سطوح مختلف به‌صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان اهمیت دو معیار ارزش‌گذاری می‌شوند. واژه‌ی غربال کردن که توسط

ساعتی ارائه شده است (جدول ۱) بر اساس ارزیابی میزان اهمیت دو معیار استفاده می‌شود. مزیت اصلی استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی آن است که به تصمیم گیران کمک می‌کند تا یک مسئله پیچیده را به‌صورت ساختار سلسله مراتبی درآورده و سپس به حل آن بپردازند.

جدول ۱- مقیاس قضاوت شفاهی برای مقایسه زوجی (Saaty 1980)

اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر	مقدار عددی
اهمیت مساوی	۱
اهمیت نسبتاً بیش‌تر	۳
اهمیت بیش‌تر	۵
خیلی مهم‌تر	۷
بسیار مهم‌تر	۹
اهمیت بین فواصل	۲، ٤، ٦ و ۸

- **تهیه ماتریس مقایسه‌ی دوتایی:** در این مرحله با استفاده از روش مقایسه‌ی زوجی برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد ۹×۹ ایجاد شد و معیارهای مختلف دوبه‌دو با هم مقایسه گردید و مقادیر مربوط بر اساس غربال ساعتی اختصاص یافت (جدول ۲). برای محاسبه وزن هر معیار، میانگین هندسی هر سطر از ماتریس بر مجموع میانگین هندسی ستون‌ها تقسیم شد. عدد حاصل برای شاخص سازگاری (CR) در ماتریس حاصل برابر با ۰/۰۳ است که نشان‌دهنده‌ی سطح قابل قبولی از نتایج وزن دهی است. شاخص (CR) شاخص پایندگی از یک ماتریس مقایسه‌ی دوبه‌دو است که به‌صورت تصادفی ایجاد شده است و میزان آن به تعداد عناصر و میزان ارزش آن‌ها وابسته است. این شاخص به‌گونه‌ای تعیین می‌شود که اگر CR<۰/۱۰ باشد، در آن صورت این نسبت نشانگر سطح قابل قبولی از پایندگی در مقایسه‌ی دوبه‌دو است و در غیر این صورت ارزش‌های نسبت بیانگر قضاوت‌های ناپاینده هستند (Ramcharen, 2000).

همان‌گونه که در جدول (۲) مشاهده می‌شود دو عامل سنگ‌شناسی و شیب به ترتیب با داشتن وزن‌های ۰/۳۱۲ و ۰/۲۲۲ مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار در فرآیند وقوع زمین‌لغزش در منطقه محسوب می‌شوند. به‌طور مشابه در (جدول‌های ۳ تا ۱۱) مقادیر وزنی رده‌های ۹ پارامتر مؤثر در رخداد زمین‌لغزش ارائه شده است. در (جدول ۱۲) نرخ ناسازگاری برای ماتریس رده‌های ۹ عامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش ارائه شده است. نتایج بیانگر سازگاری ماتریس‌های رده‌های عوامل مؤثر در پهنه‌بندی می‌باشد.

جدول ۲- وزن دهی به معیارهای مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

معیارها	سنگ‌شناسی	شیب	بارندگی	کاربری اراضی	فاصله از سکونتگاه	فاصله از آبراهه	جهت شیب	طبقات ارتفاعی	فاصله از گسل	وزن
سنگ‌شناسی	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۹	۰/۳۱۲
شیب	۰/۵	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۸	۰/۲۲۲
بارندگی	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۷	۰/۱۵۵
کاربری اراضی	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	٤	۵	٦	۰/۱۰۸
فاصله از سکونتگاه	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	٤	۵	۰/۰۷٤
فاصله از آبراهه	۰/۱٦۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	٤	۰/۰۵۱
جهت شیب	۰/۱٤۳	۰/۱٦۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۳	۰/۰۳۵
طبقات ارتفاعی	۰/۱۲۵	۰/۱٤۳	۰/۱٦۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۲	۰/۰۲۵
فاصله از گسل	۰/۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱٤۳	۰/۱٦۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۵	۱	۰/۰۱۸
جمع	۲/۸۳	٤/۷۱	۷/۵۹	۱۱/٤۵	۱٦/۲۸	۲۲/۰۸	۲۸/۸۳	۳٦/۵	٤۵	۱

جدول ۳- رده‌های فاصله از سکونتگاه (متر)

رده‌های فاصله از سکونتگاه	۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۰۰۰	۴۰۰۰-۶۰۰۰	۶۰۰۰-۸۰۰۰	۸۰۰۰-۱۰۰۰۰
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

جدول ٤- رده‌های فاصله از آبراهه (متر)

رده‌های فاصله از آبراهه	۰-۱۶۳۸/۵۸	۱۶۳۸/۵۸-۳۲۷۷/۱۷	۳۲۷۷/۱۷-۴۹۱۵/۷۵	۴۹۱۵/۷۵-۶۵۵۴/۳۴	۶۵۵۴/۳۴-۸۱۹۲/۹۲
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

جدول ۵- رده‌های فاصله از گسل (متر)

رده‌های فاصله از گسل	۰-۵۰۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰-۲۰۰۰۰	۲۰۰۰۰-۲۵۰۰۰
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

جدول ٦- طبقه‌های ارتفاعی (متر)

طبقه‌های ارتفاعی	۱۸٤٤-۲۳۰۸	۲۳۰۸-۲٤۷٦	۲٤۷٦-۲٦٥٤	۲٦٥٤-۲۸۸٦	۲۸۸٦-۳٦۸۸
وزن	۰/۵۱۳	۰/۲۶۱	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳	۰/۰۳۳

جدول ۷- رده‌های مختلف جهت شیب در منطقه موردمطالعه

جهت شیب	شمال	شمال غرب	غرب	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	هموار
وزن	۰/۳۱۲	۰/۲۲۲	۰/۱۵۵	۰/۱۰۸	۰/۰۷٤	۰/۰۵۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	۰/۰۱۸

جدول ۸- رده‌های درصد شیب در منطقه موردمطالعه

رده‌های درصد شیب	۰-۲/۷	۲/۷-۷/۱	۷/۱-۱۲/۱٦	۱۲/۱٦-۲۰/٤	۲۰/٤-۱۰۰
وزن	۰/۰۳۳	۰/۰٦۳	۰/۱۲۹	۰/۲٦۱	۰/۵۱۳

جدول ۹- رده‌های بارندگی

رده‌های بارندگی	۳۱٤-۳۱۸/۸	۳۱۸/۸-۳۲۳/٦	۳۲۳/٦-۳۲۸/٤	۳۲۸/٤-۳۳۳/۲	۳۳۳/۲-۳۳۸
وزن	۰/۰۳۳	۰/۰٦۳	۰/۱۲۹	۰/۲٦۱	۰/۵۱۳

جدول ۱۰- رده‌های کاربری اراضی

رده‌های کاربری اراضی	نام کاربری اراضی	وزن
Poorrange	مرتع فقیر	۰/۳۱۲
Agri	زمین کشاورزی	۰/۲۲۲
Mix (agri - bagh)	کشاورزی و باغ	۰/۱۵۵
Mix (agri - dayfarming)	کشاورزی و دیم	۰/۱۰۸
Bagh	باغ	۰/۰۷٤
Mix (very low forest - x)	جنگل خیلی ضعیف و مرتع	۰/۰۵۱
Very low forest	جنگل خیلی ضعیف	۰/۰۳۵
Goodrange	مرتع خوب	۰/۰۲۵
Rock	صخره	۰/۰۱۸

جدول ۱۱- واحدهای سنگ‌شناسی در منطقه موردمطالعه

واحد سنگ‌شناسی	نام طبقه	وزن
Qsw ،Qft2 ،Qft1	آبرفت	۰/۲۱۳
PeEpd	شیل و مارن با میان لایه‌های سنگ‌آهک رسی (سازند پابده)	۰/۱۷۰
OMr	مارن سیلتی با میان لایه‌های سنگ‌آهک سیلتی و ماسه‌سنگ (سازند رازک)	۰/۱۳۷
Kgu	مارن، شیل و لایه نازک آهک رسی (سازند گورپی)	۰/۱۰۹
Klsm	مارن، شیل، سنگ‌آهک ماسه‌ای و دولومیت ماسه‌ای	۰/۰۸۷
Kbgp	اساساً سنگ‌آهک و شیل (گروه بنگستان)	۰/۰٦۹
Ktb OMas	سنگ‌آهک شیلی و رسی (سازند تاربور) سنگ‌آهک شیلی (سازند آسماری)	۰/۰۵۵
TRkk-nz	دولومیت، شیل سبز و سنگ‌آهک رسی (سازند خامه کت و نیریز)	۰/۰٤٤
Eja	دولومیت (سازند جهرم)	۰/۰۳۵
Kda-fa	سنگ‌آهک دارای مقدار ناچیز مارن (سازند فهلیان و داریان)	۰/۰۲۸
JKkgp Klsol	سنگ‌آهک سنگ‌آهک اوربیتولین‌دار	۰/۰۲۲
KPeam	سیلتستون، ماسه‌سنگ با کنگلومرای چرتی و سنگ‌آهک شیلی (سازند امیران)	۰/۰۱۷
Plbk	کنگلومرا و ماسه‌سنگ (سازند بختیاری)	۰/۰۱٤

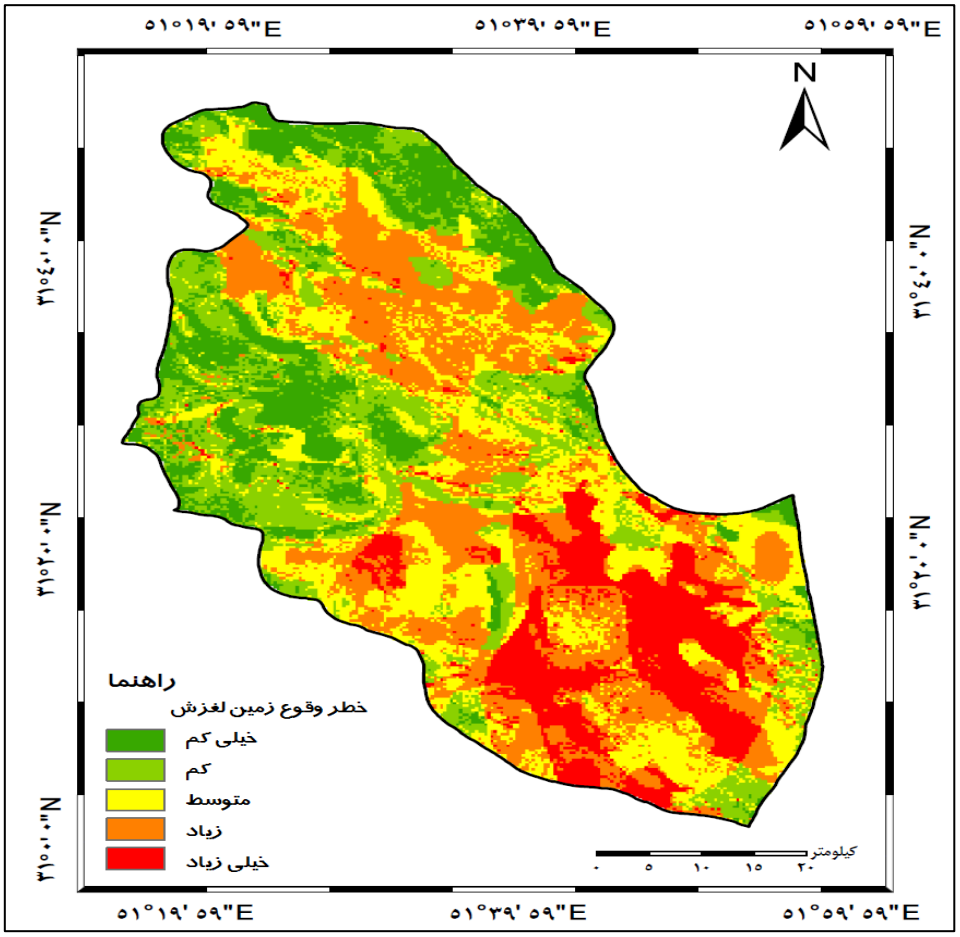
جدول ۱۲- نرخ ناسازگاری ماتریس‌های رده‌های عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش

ماتریس	نرخ ناسازگاری	ماتریس	نرخ ناسازگاری
فاصله از سکونتگاه	۰/۰۵	شیب	۰/۰۵
فاصله از آبراهه	۰/۰۵	بارندگی	۰/۰۵
فاصله از گسل	۰/۰۵	کاربری اراضی	۰/۰۳
طبقات ارتفاعی	۰/۰۵	سنگ‌شناسی	۰/۰۲
جهت شیب	۰/۰۳	معیارها	۰/۰۳

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، سطح زمین را به نواحی ویژه و مجزایی از درجه‌های بالفعل و یا بالقوه خطر از هیچ تا بسیار زیاد تقسیم می‌کند (رامشت و شاه‌زیدی ۱۳۷۵).

نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی زمین‌لغزش می‌تواند به‌عنوان اطلاعات پایه‌ای جهت کمک به مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی مورد استفاده قرار گیرد (Pradhan, 2011). پس از تأیید معنی‌داری ماتریس‌های عوامل مؤثر در رخداد زمین‌لغزش، وزن نهایی معیارها جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی منطقه به لایه‌های متناظر اعمال شد. جهت اعمال صحیح اوزان به‌دست‌آمده در محیط ArcGIS 10.1 از روش Raster Calculator بهره گرفته شده است. نتایج حاصل به‌صورت (شکل ۱۲) و (جدول ۱۳) بوده که نقشه پهنه‌بندی خطر رخداد زمین‌لغزش بخش مرکزی شهرستان سمیرم را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲- نقشه پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش در بخش مرکزی شهرستان سمیرم

جدول ۱۳- مساحت وقوع زمین‌لغزش در گستره موردبررسی

حساسیت رده خطر	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
وسعت زمین‌لغزش (Km)	٤٩١/٨٧	٦٥٢/٩٩	٨٠٥/١٠	٩٢٣/٣٥	٤٣٠/٩٣
درصد مساحت زمین‌لغزش	١٤/٨٨	١٩/٧٦	٢٤/٣٦	٢٧/٩٤	١٣/٠٤

نتیجه‌گیری

تلفیق تکنیک سنجش از دور و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای برنامه‌ریزان این امکان را فراهم می‌سازد که با استفاده از توابع تجزیه‌وتحلیل معیارها و رتبه‌بندی آنالیزها، مناسب‌ترین گزینه را که در این پژوهش پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش است، انتخاب نمایند. منطقه موردبررسی بر اساس عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در قالب لایه-های مختلف اطلاعاتی پهنه‌بندی شد و نهایتاً وقوع پهنه-های زمین‌لغزشی از پتانسیل وقوع خیلی کم تا خیلی زیاد شناسایی گردید. در بین عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش، معیارهای جنس مواد و شیب با اوزان به ترتیب ۰/۳۱۲ و ۰/۲۲۲ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل در ایجاد زمین‌لغزش در منطقه موردبررسی شناسایی شدند. یافته‌های حاصل از نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهد که ۱۳/۰٤ درصد از منطقه موردبررسی در معرض خطر خیلی زیاد قرار دارد. این نواحی عمدتاً بخش جنوبی گستره موردبررسی را دربر می‌گیرد. همچنین ۲۷/۹٤ درصد از مساحت منطقه دارای خطر زیاد می‌باشد. در مجموع می‌توان بیان کرد که حدود ٤۰/۹۸ درصد از منطقه دارای پتانسیل وقوع زمین‌لغزش بالا می‌باشد که بیانگر خطر جدی زمین‌لغزش برای تأسیسات موجود در منطقه می‌باشد و منطقه موردبررسی نیازمند مدیریت صحیح جهت مقابله با وقوع زمین‌لغزش می‌باشد.

منابع

- **امیراحمدی، ا.، شکاری بادی، ع.، معتمدی‌راد، م.، بینقی، م.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ANP (مطالعه موردی: حوضه پیوه‌ژن دامنه جنوبی بینالود)"، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۳، ص ۲۱٤-۲۳۰.

- **انتظاری، م.، غلام حیدری، ح.، آقایی‌پور، ی.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزه با استفاده از مدل آنتروپی حوضه موردمطالعه: آبریز زرآب"، فصلنامه فضای جغرافیایی، شماره ۵۰، ص ۱۰۷-۱۲۳.

- **پورهاشمی، س.، امیراحمدی، ا.، اکبری، ا.، (۱۳۹٤)**، "مدل‌سازی و برآورد حجم پهنه‌های زمین‌لغزش بر پایه مساحت (مطالعه موردی: حوضه بقیع نیشابور)"، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، ص ۸۱-۹۸.

- **حافظی‌مقدس، ن.، غفوری، م.، (۱۳۸۸)**، "زمین‌شناسی زیست‌محیطی"، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود، ص. ۲۷۰.

- **رامشت، م.، شاه‌زیدی، س.، (۱۳۷۵)**، "کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی ملی، منطقه‌ای و اقتصادی"، انتشارات دانشگاه اصفهان، ص. ۳۹۲.

- **زارعی، پ.، علایی طالقانی، م.، طالبی، ع.، (۱۳۹٤)**، "بررسی علل وقوع زمین‌لغزش‌های سطحی در منطقه جوانرود با استفاده از مدل فرایند محور"، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، ص ۱۳۸-۱۵۳.

- **زکی‌زاده، ح.، (۱۳۷۳)**، "بررسی عوامل مؤثر در حرکت توده‌ای حوضه آبخیز دریاچه ولشت و نحوه پیشگیری و کنترل آن"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

- **سیف، ع.، راهدان مفرد، م.، (۱۳۹٤)**، "بررسی پتانسیل زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (AHP و TOPSIS) در استان چهارمحال و بختیاری"، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۲، ص ۳۱-۴۸.

- **طیبا، ع.، داداشی، م.، نوربخش، س.ف.، جمالی، ع.ا.، حسن‌آبادی، ع.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی (SMCE) (مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز شهرستان بن استان چهارمحال و بختیاری)"، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۱، ص ۱۰۵-۱۱۶.

- **عابدینی، م.، بهشتی جاوید، ا.، فتحی، م.ح.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آماری دومتغیره و منطق فازی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز رودخانه بالخلو)"، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، ص ۴۳-۶۰.

- **عابدینی، م.، قاسمیان، ب.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان بیجار به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)"، نشریه علمی – پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۲، ص ۲۰۵-۲۲۷.

- **عالی انوری، ع.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محدوده مخزن سد بختیاری"، فصلنامه بین‌المللی پژوهشی تحلیلی زمین‌پویا، شماره ۳، ص ۴۰-۴۹.

- **عرب عامری، ع.، حلبیان، ا.ح.، (۱۳۹٤)**، " پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل آماری دو متغیره وزنی AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه زرند)"، فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ۲۸، ص ۶۵-۸۵.

- **علی‌پور، ح.، ملکیان، آ.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه‌ی آبخیز جهان اسفراین خراسان شمالی"، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۹، ص ۱۶۵-۱۸۰.

- **قبادی، م.ح.، بهزادتبار، پ.، خدابخش، س.، ایزدی‌کیان، ل.، (۱۳۹۳)**، "مطالعه عوامل زمین‌شناسی موثر بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه زمان آباد، جنوب شرق همدان"، مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، شماره ۳ و ٤، ص ۱-۱٤.

- **کرنژادی، آ.، اونق، م.، سعدالدین، ا.، (۱۳۹٤)**، "پهنه‌بندی خطر و خسارت زمین‌لغزش، مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز زیارت، استان گلستان"، دو فصلنامه علمی – پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۷، ص ۵۱-۶۲.

- **کلارستاقی، ع.، حبیب‌نژاد، م.، احمدی، ح.، (۱۳۸۶)**، "مطالعه وقوع زمین‌لغزش‌ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده‌سازی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تجن – ساری)"، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، ص ۸۱-۹۱.

- **متولی، ص.، حسین‌زاده، م.م.، اسماعیلی، ر.، درفشی، خ.، (۱۳۹٤)**، "ارزیابی دقت روش‌های رگرسیون چندمتغیره (MR)، رگرسیون لجستیک (LR)، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی (FL) در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه آبخیز طالقان"، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۱، ص ۱-۲۰.

- **مددی، ع.، غفاری گیلانده، ع.، پیروزی، ا.، (۱۳۹٤)**، "ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور (مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز آق لاقان چای)"، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ٤، ص ۱۲٤-۱٤۱.

- **Aleotti, P., and Chawdhury, R., (1999)**, "Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives", Bulletin of Engineering

Regression Model", IRAN Geology Quarterly, 11, pp. 27-37.

- **Khanlari1, G.R., Abdilor, Y., Babazadeh, R., (2014)**, " Landslide hazards zonation using GIS in Khoramabad, Iran", Journal of Geotechnical Geology, 4, pp. 343-352.

- **Pradhan, B., (2011)**, "An Assessment of the Use of an Advanced Neural Network Model with Five Different Training Strategies for The Preparation of Landslide Susceptibility Maps", Journal of Data Science, 9, pp. 65-81.

- **Saaty, T., (1980)**, "The analytical hierarchical process: planning, priority setting resource allocation", New york, Mc Graw-Hill, p. 287.

- **Vargas, L.G., (1990)**, "An Overview of The Analytic Hierarchy Process and Its Application's", European Journal of Operational Research, 48, pp. 2–8.

- **Yilmaz, I., (2010)**, "Landslide Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio, Logistic Regression, Artificial Neural Networks and Their Comparison", A Case Study From Kat Landslides (Tokat-Turkey). Computers and Geosciences, 35, pp. 1125-1138.

Geology and the Environment, 58, pp. 21-44.

- **Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., and Kanno, T., (2005)**, "Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping With Comparisons of Results From Two Methods and Verifications", Engineering Geology, 81, pp. 432–445.

- **Cornforth, D.H., (2005)**, "Landslides in Practice, john wiley & sons Inc", p. 591.

- **Dey, P.K., and Ramcharan, E.K., (2000)**, "Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for Limestone Quarry Expansion in Barbados", Journal of Environmental Management, 88, pp. 1384–1395.

- **Ercanogla, M., and Cokceoglu, C., (2002)**, "Assessment of landslide susceptibility for a landslide pron area north of yenice, NW turkey by fuzzy Approach", Environmental geology, 41, pp. 720-730.

- **Fatemi Aghda, M., Ghiomian, J., and Eshgheli Farahani, A., (2006)**, "Investigation Landslide hazard Using Fuzzy Logic (Case Study: Roudbar area)", J, Science Tehran U university, 31, pp. 43-64.

- **Hosseinzadeh, M., Servati, M. R., and Mansouri, A., (2009)**, "Zonation of Mass Movements Occurring Risk using Logistic

Landslide Hazard Zoning central part of the Semirom city

Mojtaba Rahimi Shahid[1], Nima Rahimi[2]
1- MSc. Engineering Geological, Yazd University, Mr619htt@gmail.com
2- MSc. Student of Economic Geology, University of Tehran, Tehran, I.R. Iran

Abstract

Natural hazards such as Landslide is as the nature disasters that have many financial and human losses every year. Today advances in science and technology, provided appropriate fields for the study and reduce these natural hazards. In this respect, the geographic information along with decision support tool used to assess the risk of landslides. The aim of this study was to investigate the effects of different factors in the creation and landslide hazard zonation of landslides in Central part of the Semirom city. For this purpose affecting factors were binary compared using analytical method by indicating the weight of each factor as indicator for their effects in occurrence of landslide. Accordingly, the landslide regionalization hazard map was prepared to the use of weighed information layer and weighted coefficient of each factor. Results of this study show that the analytical hierarchy method is precise method for evaluation of landslide potential due to the use of binary comparison affecting factors and considering numerous factors for landslide evaluation at the same time in comparison to the other prevalent method .The results indicates that the percentage of high and very high hazard class is 40.98 percent in AHP method .As well as material and slope were identified as the most important factors in landslide occurrence in the region.

Key words: Central part of the Semirom city, Zoning, Analytic Hierarchy Process, Landslide, Remote sensing.