

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش شهرستان نور با استفاده از مدل تحلیل شبکه^۱

حسین شریفی^۱، مهرداد رضانی‌پور^{۲*}، لیلا ابراهیمی^۳، آمنه حقزاد^۴

دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران
استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۷

اطلاعات مقاله	چکیده
دوره ۲، شماره ۶، زمستان ۱۴۰۰ صص ۴۰-۵۵ DOR:20.1001.1.27173747.1400.2.6.4.0	وقوع زمین لغزش و تحمیل خسارت جانی و مالی فراوان، شنا سایی و اولویت بندی مناطق حساس و تدوین برنامه‌های خاص مکانی جهت کاهش وقوع و خسارت های آن در نواحی مستعد را ضرورت بخشیده است. در این راستا هدف از پژوهش حاضر پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهرستان نور با استفاده از مدل تحلیل شبکه می‌باشد. پژوهش حاضر بر اساس هدف، کاربردی و بر اساس ماهیت، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. واحد تحلیل شهرستان نور می‌باشد و داده‌های مورد استفاده با استفاده از روش کتابخانه‌ای-میدانی جمع‌آوری شده‌اند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از روش ANP فازی جهت وزن‌دهی معیارهای پژوهش و از نرم‌افزار ArcGis برای شناسایی مناطق با خطر بالا از نظر خطر زمین لغزش استفاده گردیده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مناطقی که در شمالی، شمال غرب و شمال شرق قرار گرفتند بیش تر زمین لغزش دارا می‌باشد که ۱۴/۹۴ درصد از کل مساحت شهرستان می‌باشد. همچنین حواشی شهر نور نیز بر اساس زمین لغزش در طبقه احتمال کم و احتمال خیلی کم قرار گرفته است که علت آن را می‌توان بارش کم، ارتفاعات و شیب‌های کم و ... عنوان کرد. کلید واژه‌ها: پهنه‌بندی، زمین لغزش، مدل تحلیل شبکه (ANP)، شهرستان نور.

مقدمه

توسعه‌ی شهری از نیاز به تطبیق جمعیت در حال رشد و توسعه‌ی اقتصادی ناشی می‌شود (Chotchaiwong et al, 2019: 1) و به‌طور مداوم در حال رشد است (Ramachandra et al, 2015: 67; Zhang, 2016: 241). به‌گونه‌ای که انتظار می‌رود در آینده جمعیت مناطق شهری از ۳,۶ میلیارد نفر در سال ۲۰۱۱ به ۶,۳ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ افزایش یابد (Poot & Pawar, 2013: 6). به عبارتی پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ حدود ۶۴ درصد جمعیت کشورهای در حال توسعه و ۸۶ درصد جمعیت کشورهای توسعه‌یافته در مناطق شهری زندگی خواهند کرد (Geng et al, 2019: 3)؛ بنابراین به دنبال این افزایش جمعیت در شهرها، تغییرات کاربری زمین (Wang et al, 2019: 1)؛ و رشد کالبدی بدون رعایت اصول برنامه‌ریزی شهری در پهنه‌های در معرض خطر، آسیب‌پذیری و خسارت‌ها را در محدوده‌های موردنظر تشدید می‌کند (فنی، قشمی، ۱۳۹۷: ۷۸). در این رابطه، یکی از مخاطراتی که پس از زلزله و سیل (امیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۶). باعث خسارات گسترده اقتصادی به مناطق مسکونی، زیرساخت‌ها و تلفات انسانی در سراسر جهان می‌گردد، زمین‌لغزش می‌باشد (Arabameri et al, 2019: 48). به‌طوری‌که سالانه میلیاردها تن خاک و سنگ (Abolfathi et al, 2020: 61). بر اثر این پدیده جابه‌جا می‌شود (امیر احمدی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۵۶)؛ و بروز آن ناشی از عوامل متعدد زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژیکی، بیولوژیکی و انسانی می‌باشد (شیرزادی، ۱۳۹۶: ۲۶) و به‌تنهایی ۱۷ درصد از بلایای طبیعی جهان را نیز به خود اختصاص داده است (بیرانوند و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۲).

کشور ایران به‌عنوان یکی از ۱۰ کشور در معرض مخاطرات طبیعی (Hejazi et al, 2020: 52)، مستعد وقوع این پدیده است (قشلاقی و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۵). به‌طوری‌که سالانه حدود ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق زمین‌لغزش بر کشور تحمیل می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۶: ۲)؛ بنابراین با توجه به اینکه زمین‌لغزش نسبت به سایر بلایای طبیعی مدیریت‌پذیرتر می‌باشد لذا شناخت این پدیده در جهت جلوگیری از خسارات ناشی از آن از اهمیت زیادی برخوردار است (رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸: ۱۳۰). مطالعات وسیعی در زمینه شناخت عوامل مؤثر، طبقه‌بندی، پهنه‌بندی و مدل‌سازی این فرآیند صورت گرفته‌شده است که در ادامه به چند نمونه از آن‌ها اشاره شده است:

ایمانی و همکاران (۱۳۹۳) در مقاله خود به ارزیابی ژئومورفولوژیکی پتانسیل حرکات دامنه‌ای تاقدیس سیاه کوه در غرب ایران با مدل آنتروپی به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش پرداختند و دریافتند که ۲۱,۷۶ درصد از منطقه در پهنه‌های کم خط رو ۷۸,۲۳ درصد در پهنه‌های باخطر متوسط و بالا قرار دارند که این عامل پتانسیل بالای منطقه را در رخداد زمین‌لغزش نشان می‌دهد. صفاری و هاشمی (۱۳۹۵) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش در شهرستان کرمانشاه پرداخته‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که پارامترهای لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از جاده، شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی و بارش به‌عنوان مهم‌ترین پارامترهای احتمالی مؤثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه شناسایی شده‌اند. شاه زیدی و حیانی زاده (۱۳۹۸) در مقاله‌ی خود تحت عنوان بررسی زمین‌لغزش‌های منطقه‌ی پشت کوه فریدون‌شهر دریافتند که ۳۱ درصد از دامنه در پهنه‌های کم‌خطر، ۳۳ درصد در منطقه با خطر متوسط و ۳۶ درصد از منطقه در محدوده پرخطر قرار دارند. همچنین می‌توان به تحقیقات دیگری از جمله ریاحی و پاشا زاده (۱۳۸۷)، شیروان یوسف (۱۳۹۱)، قنبری و همکاران (۱۳۹۳)، صفاری و همکاران (۱۳۹۴)، بهاروند و سوری (۱۳۹۴)، صفایی پور و همکاران (۱۳۹۵)، بیرانوند و همکاران (۱۳۹۵)، فنی و قشمی (۱۳۹۷) اشاره کرد.

بنابراین، با توجه به آنچه ذکر شده و مطالعات صورت گرفته، پهنه‌بندی مناطق و شناسایی پهنه‌های مختلف زمین‌لغزش اهمیت فراوانی دارد؛ زیرا مخاطرات در مراکز شهری جهان سوم به دلیل شهرنشینی بدون برنامه، توسعه‌ی شهر در مناطق مخاطره‌آمیز، اقدامات مدیریتی نارسا در شهر و ساخت‌وسازهای نامناسب، افزایش چشم‌گیری داشته است (Lewis and Mioch, 2005: 52). این امر زمانی که جهت گسترش شهرها در محدوده مخاطرات طبیعی از جمله زمین‌لغزش باشد، بحرانی‌تر به نظر می‌رسد. به همین دلیل باید شرایطی را فراهم کرد که بتوان با مکان‌یابی مناسب

سکونت‌گاه‌ها و توسعه منطقی و اصولی آن در محدوده‌های کم‌خطر، شهر را به نحوی ساماندهی کرد که موجب کاهش آسیب‌پذیری و خسارات ناشی از زمین‌لغزش در شهر شود. چراکه عدم سازگاری توسعه شهر با محیط طبیعی، زمینه ایجاد مخاطرات گوناگون طبیعی و انسانی را فراهم می‌آورد و بی‌توجهی به این روند نیز هزینه‌های ساخت‌وساز را به نحو چشم‌گیری افزایش می‌دهد. در این راستا این پژوهش سعی دارد با شناخت پهنه‌های پرخطر با ارائه راهکارهایی به برنامه‌ریزان و مدیران شهری جهت پیش‌گیری و کنترل این پدیده کمک کند زیرا پهنه‌بندی زمین‌لغزش برای مناطق شمالی کشور به‌خصوص استان مازندران و شهر ستان نور با توجه به اهمیت ویژه آن، در گرو سازوکارهای مناسب برنامه‌ریزی با تکیه بر مطالعات تخصصی در این زمینه می‌باشد؛ بنابراین این پژوهش می‌تواند کمک شایانی به سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان و مدیران شهری در جهت تدوین سیاست‌هایی به‌منظور بهبود شرایط توسعه شهرها نماید.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مخاطرات بر اثر فرایند رابطه انسان با محیط تعریف می‌شود. در غیر این صورت پدیده‌هایی که خطر می‌نامیم جزء رفتار معمولی و رایج طبیعت است (علیخانی، ۱۳۹۳: ۲). بر این اساس مخاطرات طبیعی، پدیده‌ای طبیعی هستند که در محدوده‌ی سکونت بشر اتفاق افتاده، زندگی او را مورد تهدید قرار می‌دهند و ممکن است باعث وقوع بلایایی گردند (آزاده و زارعی، ۱۳۹۵: ۱۳۳). در این رابطه، سابقه رویکردهای متعدد به سوانح طبیعی، به عمر این مفهوم یا واقعیت اجتماعی در زندگی انسان برمی‌گردد؛ اما سابقه رویکردهای علمی و تخصصی به سانحه، به دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ برمی‌گردد. در این دوره فجایع و سوانح عمدتاً عامل به تعویق انداختن جریان رشد و توسعه تلقی شده‌اند (نوجوان و همکاران، ۱۳۹۵: ۴). تا اواسط دهه ۱۹۷۰ مکتب غالب در زمینه مخاطرات و سوانح، مکتب رفتاری بود که در آمریکا به وجود آمد. این مکتب بر اساس نظریه‌ی بوم‌شناسی پایه‌ریزی شد بر سازگاری با مخاطرات تأکید داشت و به این علت که به نقش عامل‌های سازمان‌یافته و نهادینه شده و عامل‌های جهانی در افزایش مخاطرات و آسیب‌پذیری بیش‌تر، اشاره‌ای نکرده بود؛ مورد انتقاد قرار گرفت (Emel and Peet: 1989). به دنبال این انتقادات مکتب ساختارگرایی به وجود آمد دیدگاه ساختارگرایی از طریق رابطه بین مخاطرات محیطی و توسعه‌نیافتگی و وابستگی اقتصادی جهان سوم القا شده بود. از اواسط دهه ۱۹۸۰ تلاش‌ها برای یافتن نظریه‌های متعادل برای برقراری تعادل بین نگرش‌های رفتاری و ساختاری آغاز گردید (Adger, 2006: 269). در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، پژوهش‌های مخاطرات، به‌ویژه مخاطرات زلزله، بیش‌تر به معانی جدید در زمینه‌های علوم اجتماعی توجه کرد و بر پاسخ اجتماعی به مخاطرات تأکید داشت. در این دوره زمانی، پژوهش‌ها بر جنبه‌های اجتماعی مخاطرات متمرکز هستند و به اهمیت زمینه‌های محلی برای اولین بار توجه دارند. یکی دیگر از پارادایم‌های مرتبط با مخاطرات محیطی، پارادایم فن محوری می‌باشد که در قرن بیستم ارائه شده است و مبتنی بر پایه نظراتی چون هدف‌گرایی، مادی‌گرایی، اثبات‌گرایی، جبرگرایی و تقلیل‌گرایی می‌باشد. این دیدگاه بر طبیعت خطر فیزیکی، شیوه استقرار جوامع در معرض آن و در نتیجه پیامدهای آن برای واحد در معرض خطر برحسب درجه آسیب محتمل ایده‌های زیان فیزیکی تمرکز می‌کند؛ یعنی بیشتر به مخاطرات طبیعی، زوال محیط زیستی - فیزیکی و آثار و زیان‌های مالی و جانی آن‌ها برای ساکنان توجه دارد (ایمانی و پور خسروانی، ۱۳۹۷: ۱۱۱).

روش پژوهش

روش پژوهش حاضر از لحاظ اجرا تحقیقی^۱ است چون با توجه به داده‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل به یافته‌های جدیدی دست می‌یابد و در این راستا روال تحقیق به دلیل ارتباط متقابل فضاها و توسعه‌ی شهری، با دیدگاه سیستمی پیش می‌رود و از بُعد هدف، کاربردی است. در این پژوهش، برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات لازم رویکردی کتابخانه‌ای، اسنادی و میدانی - پیمایشی مدنظر است که از ابزارهای مناسب استفاده می‌شود. برای تهیه لابه‌های

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

اطلاعاتی، از معیارهای مؤثر مخاطره را که با بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای به دست آمد (از قبیل شیب، مقادیر ارتفاعی، کاربری اراضی و ...) از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ استفاده شد. در مرحله بعد، لایه‌های اطلاعاتی مؤثر که با نظر کارشناسان و بررسی‌های میدانی و کتابخانه‌ای به دست آمدند، در قالب مدل تحلیل شبکه موردبررسی قرار گرفت. در این پژوهش از روش تحلیل شبکه ۱ و نرم‌افزار سوپردسیژن ۲ جهت وزن دهی معیارهای کاربری اراضی، فاصله از شبکه‌های ارتباطی، ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از رودخانه، بارندگی، رده‌بندی خاک، زمین‌لغزش‌های موجود، فاصله از گسل، لیتولوژی استفاده شده است. از نرم‌افزار Arc Gis جهت تلفیق لایه‌ها و شناسایی مناطق با خطر بالا از نظر خطر زمین‌لغزش استفاده می‌گردد. روش تحلیل شبکه شامل یک سری از تکنیک‌ها (از جمله جمع وزن‌ها یا تحلیل‌های همگرایی) است که اجازه می‌دهد، طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث امتیازدهی و وزن دهی شده و سپس به وسیله کارشناسان و گروه‌های ذی‌نفع رتبه‌بندی شوند (Higgs, 2006). فرایند تحلیل شبکه‌ای روش جامع و قدرتمندی برای تصمیم‌گیری دقیق با استفاده از اطلاعات تجربی و یا قضاوت‌های شخصی هر تصمیم‌گیرنده در اختیار نهاده و با فراهم نمودن یک ساختار برای سازمان‌دهی معیارهای متفاوت و ارزیابی اهمیت و ارجحیت هر یک از آن‌ها نسبت به گزینه‌ها، فرآیند تصمیم‌گیری را آسان می‌نمایند.

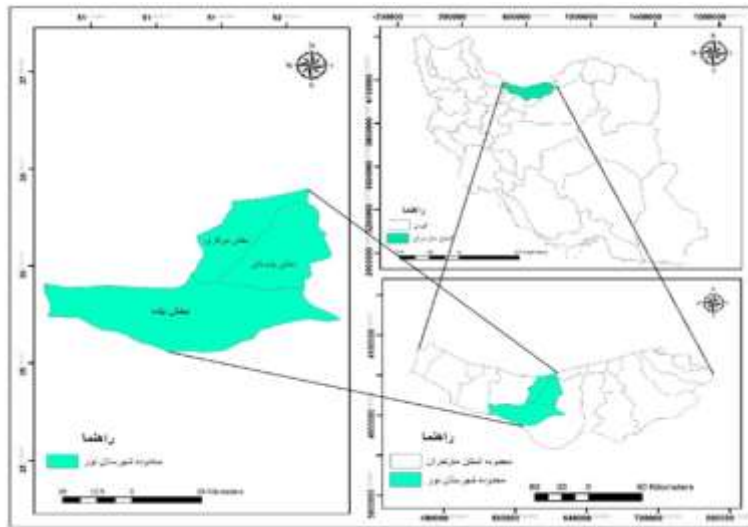
روش ANP از چهار مرحله اصلی تشکیل شده است: گام اول: ایجاد مدل و تدوین مسئله/ موضوع به یک ساختار شبکه‌ای؛ گام دوم: تشکیل ماتریس مقایسه دودویی و تعیین بردارهای اولویت؛ گام سوم: تشکیل سوپر ماتریس و تبدیل آن به تشکیل سوپر ماتریس حد؛ گام چهارم: انتخاب گزینه برتر (زبردست، ۱۳۸۹):

محدوده‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه (شهرستان نور) در استان مازندران و مرکز آن شهر نور است، مساحت شهرستان نور ۹۷۴/۲ کیلومترمربع است که حدود ۱۱/۳ درصد از کل مساحت استان را پوشش می‌دهد (شکل ۱). بلندترین کوه، قله «آزاد کوه» با ارتفاع ۴۷۲۱ متر و مهم‌ترین رودها، «رود نور و لاریج رود» است. میانگین بارندگی در این شهرستان ۳۰۵/۸ میلی‌متر می‌باشد و میانگین بیشینه دما در این شهرستان ۱۶/۲ درجه سانتی‌گراد و میانگین کمینه دما ۲/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این شهرستان دارای سه بخش مرکزی، بلده و چمستان است و جمعیت آن بر اساس اطلاعات سرشماری سال ۱۳۹۵ نزدیک به ۱۲۱۵۳۱ نفر می‌باشد.

1- ANP

2- Super Decision



شکل ۱. موقعیت محدوده‌ی مورد مطالعه

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

یافته‌ها و بحث

با توجه به داده‌ها و اطلاعات موجود و نیز بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در زمین‌لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه، هر یک از معیارهای مورد نظر مورد ارزیابی رتبه‌بندی بر اساس مطالعات پیشین قرار گرفت. در این بخش برای ارزیابی و رتبه‌بندی معیارها از فرایند تحلیل شبکه‌ای استفاده شده است. برای بررسی احتمالی خطر زمین‌لغزش، شناسایی صحیح مناطق لغزشی امری بسیار ضروری به شمار می‌رود. لذا ابتدا معیارها و زیر معیارهای مؤثر در زمین‌لغزش انتخاب گردید. در گام اول پس از تعیین شاخص‌ها با استفاده از مدل فرایند تحلیل شبکه در محیط نرم‌افزار سوپرد سیژن به ارزیابی شاخص‌ها پرداخته شد. در این راستا برای ارزیابی و تعیین وزن نسبی از پرسش‌نامه کارشناسان و از مطالعات میدانی استفاده شد. جدول (۱) وزن معیارها و زیر معیارهای حاصل از مدل ANP را نشان می‌دهد که در آن زیر معیارهای لیتولوژی، شیب و ارتفاع به ترتیب دارای بیش‌ترین ضریب اهمیت بوده و نیز رده‌بندی خاک، فاصله از شبکه‌های ارتباطی و کاربری اراضی از اهمیت کم‌تری در پهنه‌بندی زمین‌لغزش منطقه برخوردار است. همچنین نرخ ناسازگاری کوچک‌تر از ۰/۱ می‌باشد و این نشان‌دهنده سازگار بودن مقایسات دودویی معیارها و زیر معیارها می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱. وزن معیارها و زیر معیارهای پهنه‌بندی زمین‌لغزش

معیارها	وزن معیارها	زیر معیارها	وزن زیر معیارها
انسانی	۰/۱۸۸۶۶	کاربری اراضی	۰/۰۲۹۴
		فاصله از شبکه‌های ارتباطی	۰/۰۲۰۱۶
		ارتفاع	۰/۱۵۳۲۶
توپوگرافی	۰/۳۳۹۱۸	شیب	۰/۱۶۵۷۶
		جهت شیب	۰/۱۲۹۳۷
		فاصله از رودخانه	۰/۰۷۱۵۵
هیدرولوژی	۰/۲۸۴۳۶	بارندگی	۰/۰۸۶۴۲
		رده‌بندی خاک	۰/۰۱۰۵۴
		زمین‌لغزش‌های موجود	۰/۱۰۷۱۶
زمین‌شناسی	۰/۱۸۷۸	فاصله از گسل	۰/۰۴۷۵۴
		لیتولوژی	۰/۱۷۸۸۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

پهنه‌بندی زمین لغزش

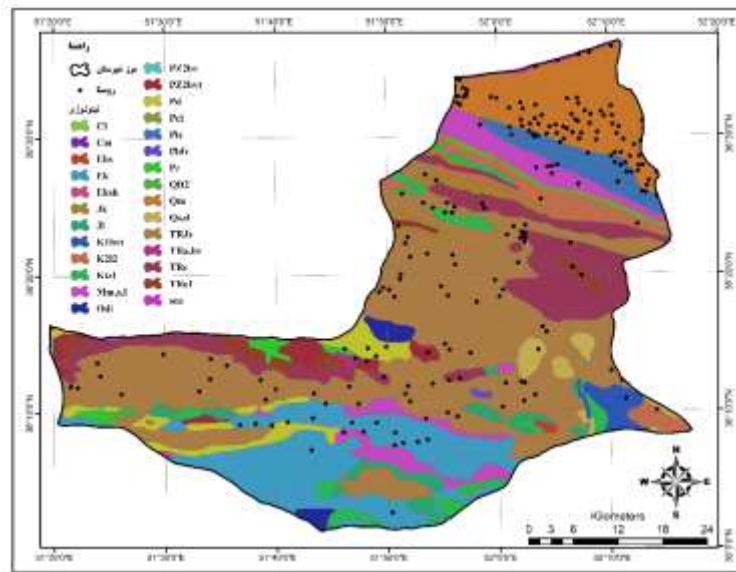
برای بررسی احتمالی خطر زمین لغزش، شناسایی صحیح مناطق لغزشی امری بسیار ضروری به شمار می‌رود. لذا ابتدا معیارها و زیر معیارهای مؤثر در زمین لغزش انتخاب گردید سپس هریک از لایه‌ها بر اساس میزان اهمیت در ۵ کلاس (احتمال خیلی زیاد، زیاد، متوسط، پایین و بسیار پایین) طبقه‌بندی گردید (جدول ۲).

جدول شماره ۲: میزان احتمال زیرمعیارهای مؤثر در پهنه‌بندی زمین لغزش در شهرستان نور

میزان آسیب‌پذیری	۱	۲	۳	۴	۵
زیر معیار	احتمال خیلی زیاد	احتمال زیاد	احتمال متوسط	احتمال کم	احتمال خیلی کم
لیتولوژی	مارن، رسوبات باتلاق و مرداب و ...	کنگومرا، ماسه‌سنگ، شیل و ...	سنگ‌آهک‌های ضخیم، دولومیت و ...	توف‌های آتشفشانی بازالتی، آندزیت و ...	سنگ‌آهک عظیم، سنگ‌بستر و ...
فاصله از گسل	۵۰۰-۰	۲۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۲۰۰۰	۸۰۰۰-۵۰۰۰	>۸۰۰۰
شیب (درصد)	>۴۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۵-۲۰	۰-۱۵
جهت شیب	SE-S	SW	W-E	NW-NE	N
بارندگی	>۳۳۰	۳۳۰-۳۲۰	۳۲۰-۳۱۰	۳۱۰-۳۰۰	۳۰۰-۲۹۰
توپوگرافی	>۲۰۰۰	۱۰-۲۰۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	-۳۲-۱۰	۱۰۰۰-۲۰۰
فاصله از شبکه‌های ارتباطی (متر)	۲۵۰-۰	۵۰۰-۲۵۰	۸۰۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۸۰۰	>۱۵۰۰
رده‌بندی خاک	Coastal Sands	Mollisols	Inceptisols	Rock Outcrops/Entisols	Alfisols
فاصله از رودخانه	۲۵۰-۰	۴۵۰-۲۵۰	۸۰۰-۴۵۰	۱۵۰۰-۸۰۰	>۱۵۰۰
زمین لغزش‌های موجود (متر)	۳۰۰-۰	۵۰۰-۳۰۰	۷۵۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۷۵۰	>۱۵۰۰
کاربری اراضی	مراتع	جنگل تنک	اراضی زراعی	اراضی جنگلی نیمه انبوه	اراضی ساخته‌شده (مسکونی)

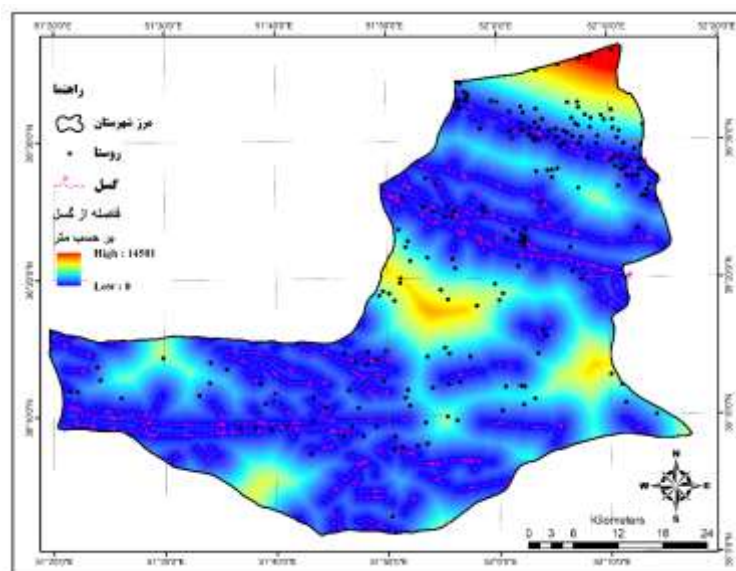
بر اساس وزن‌های محاسبه‌شده در ANP برای هر معیار، اقدام به رستری کردن داده‌ها می‌شود، لذا جهت پهنه‌بندی زمین لغزش ابتدا باید همه‌ی لایه‌های مورد نظر استانداردسازی شوند. به عبارتی دیگر استانداردسازی یا طبقه‌بندی مجدد لایه‌ها، بر اساس حرایم، ضوابط، مقررات و مطالعات پیشین، به لایه‌ها ارزش‌های جدید تخصیص یافته می‌شود و در قالب طبقاتی گروه‌بندی می‌شوند و در نهایت عملیات مبتنی بر هم‌پوشانی لایه‌ها با توجه ضرایب اهمیت زیرمعیارها صورت می‌پذیرد. برای استانداردسازی نقشه‌ها از دستور reclassify در محیط Arc Gis در ۵ کلاس (احتمال بسیار بالا، بالا، متوسط، پایین و بسیار پایین) طبقه‌بندی گردید است که در جدول (۲) اشاره گردید.

لیتولوژی: لیتولوژی و نوع سازندها محدوده‌ی مورد مطالعه اهمیت بسیاری در ایجاد لغزش دارند. سازندهای مارنی و شیلی به دلیل مقاومت کم در برابر رطوبت دارای استعداد زمین لغزش بالا می‌باشند و بعداز آن سازندهای که میان لایه شیل و مارن می‌باشد، از نظر استعداد لغزش متوسط و سازندهای آهکی و توف‌های آتشفشانی به‌ویژه بازالتی و سنگ‌آهک‌ها بدون درز و شکاف دارای کم‌ترین استعداد زمین لغزش می‌باشند. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی تهیه و در محیط Arc Gis رقومی سازی گردید و سپس در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که سازندهای مارنی، باتلاقی بیش‌ترین احتمال را در پهنه‌بندی زمین لغزش دارا می‌باشند (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه‌ی لیتولوژی محدودی مورد مطالعه
 مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

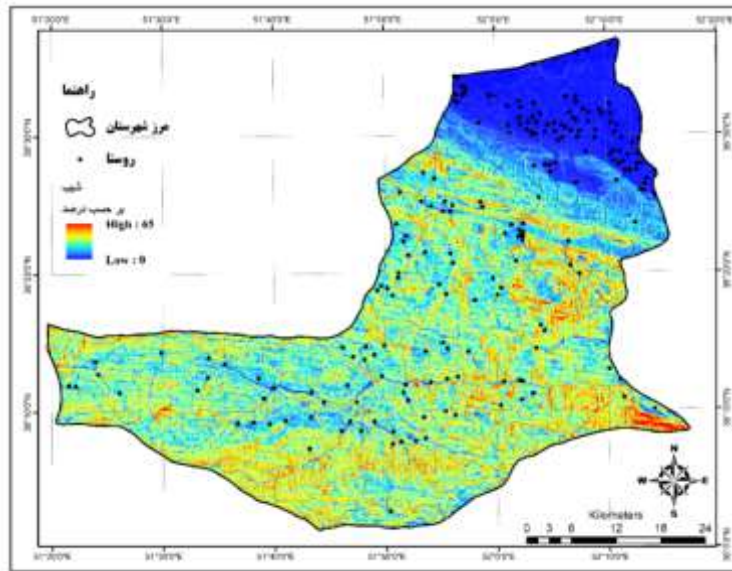
فاصله از گسل: یکی از عوامل ذاتی زمین‌لغزش، ساختار زمین‌شناسی موجود در منطقه می‌باشد که گسل یکی از آن‌هاست. گسل‌ها از دو نظر می‌توانند در ایجاد زمین‌لغزش مؤثر باشند، اول اینکه منشاء زلزله محسوب شده و در صورت وقوع آن دامنه‌های نزدیک انرژی را دریافت نموده و در نتیجه شانس وقوع بیش‌تری جهت گسیختگی و خرد شدن دارند. دوم اینکه مسیری که گسل از آن می‌گذرد، دارای سنگ‌های ضعیف‌تری نسبت به سایر مناطق است که خود عاملی جهت وقوع ناپایداری دامنه‌ها و وقوع زمین‌لغزش است. برای تهیه این لایه اطلاعاتی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی تهیه و در محیط Arc Gis رقومی سازی و در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که بیش‌ترین ناپایداری از نظر گسل در طبقه ۰-۵۰۰ متر می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه‌ی فاصله از گسل محدودی
 مورد مطالعه مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

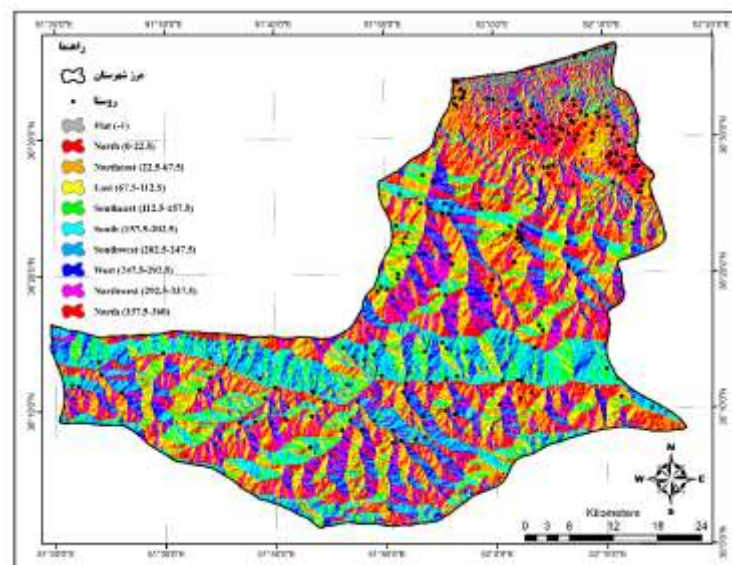
شیب: شیب از جمله عوامل مهم در فرسایش، میزان رواناب، شدت زمین لغزش می‌باشد. افزایش شیب باعث افزایش سرعت حرکت آب و در نتیجه افزایش میزان فرسایش حوضه می‌گردد. برای تهیه نقشه شیب از مدل رقومی ارتفاع مستخرج از سنجدهاستر ۳۰ متری استفاده گردید. سپس در محیط Arc Gis با استفاده از دستور slope در ۵ کلاس طبقه بندی گردید که شیب‌های بالاتر از ۲۰ درصد بیشترین احتمال زمین لغزش را شامل می‌شوند (شکل ۴).



شکل ۴. نقشه‌ی شیب محدوده‌ی مورد مطالعه

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

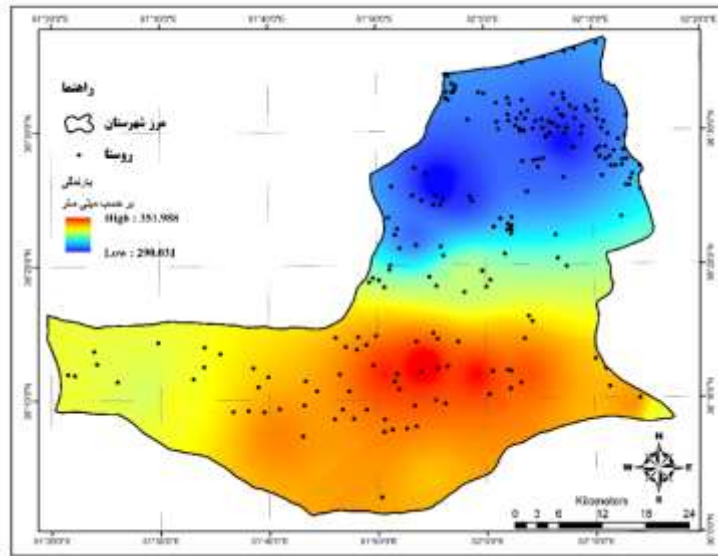
جهت شیب: جهت شیب دامنه به عنوان یک عامل موثر در ایجاد زمین لغزش‌ها مدنظر قرار گرفته است. شیب‌های جنوبی و جنوب غربی نسبت به شیب‌های شمالی و شرقی از تابش بیش‌تری برخوردارند و در نتیجه ذوب برف سریع‌تر بوده و فرسایش عمدتاً به صورت شیاری و خندقی صورت می‌گیرد. برای تعیین تاثیر جهت شیب، نقشه جهت شیب با استفاده از دستور Aspect از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متری در محیط Arc Gis در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که جهت شیب جنوبی بیش‌ترین احتمال زمین لغزش را دارا می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵. نقشه‌ی جهت شیب محدوده‌ی مورد مطالعه

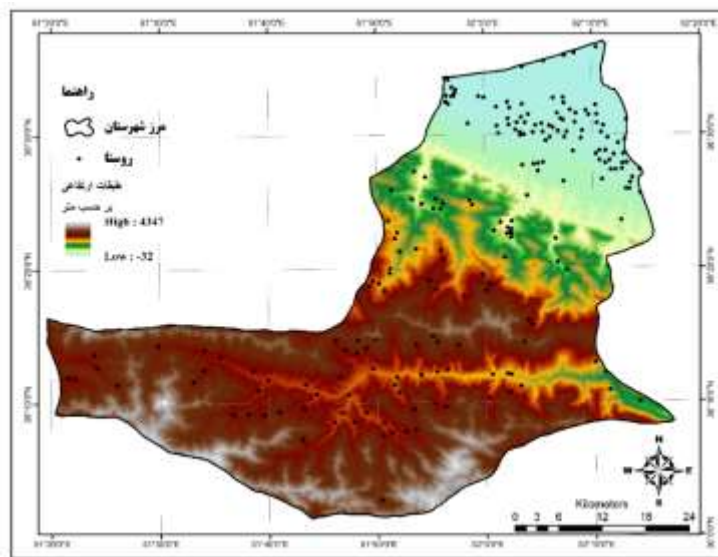
ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

بارندگی: برای تهیه لایه بارندگی از منحنی همباران استفاده گردید. بدین صورت که از اطلاعات فرمول همبستگی آمار بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مجاور و درونیابی بر روی توپوگرافی ۳۰ متری وارد شده و در محیط Arc Gis استخراج گردید. معمولاً هر چه بارندگی زیادتر باشد، میزان لغزش هم بیش‌تر است. در محدوده مورد مطالعه لایه بارندگی در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که بارندگی بیش‌تر از ۳۳۰ به عنوان بیش‌ترین احتمال لغزش را شامل می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶. نقشه‌ی بارندگی محدوده‌ی مورد مطالعه
 ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

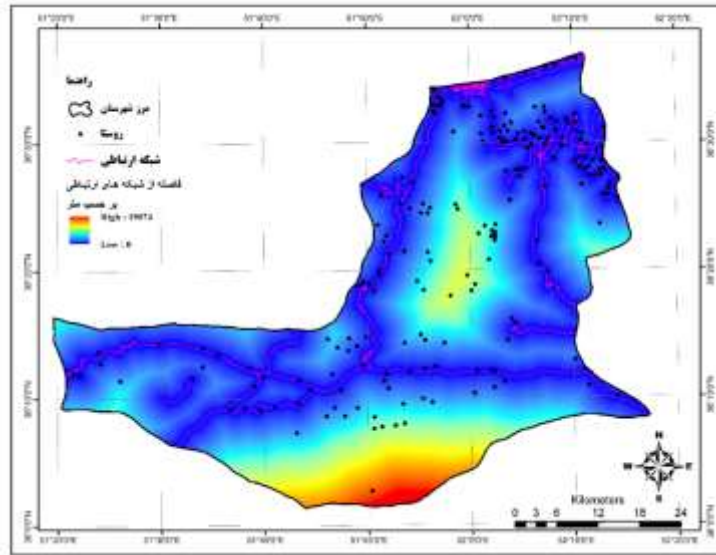
توپوگرافی یا طبقات ارتفاعی: تغییرات ارتفاعی هر منطقه به عنوان عامل موثر در ایجاد حرکات توده‌ای محسوب می‌شود. این عامل جهت رواناب و میزان تراکم شبکه زهکشی را کنترل می‌کند. برای ایجاد نقشه طبقات ارتفاعی از DEM ۳۰ متری سنجنده‌استر در ۵ کلاس در محیط Arc Gis طبقه‌بندی شد که ارتفاع بیش‌تر از ۲۰۰۰ بیش‌ترین احتمال زمین لغزش را شامل می‌شود (شکل ۷).



شکل ۷. نقشه‌ی طبقات ارتفاعی محدوده‌ی مورد مطالعه
 ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

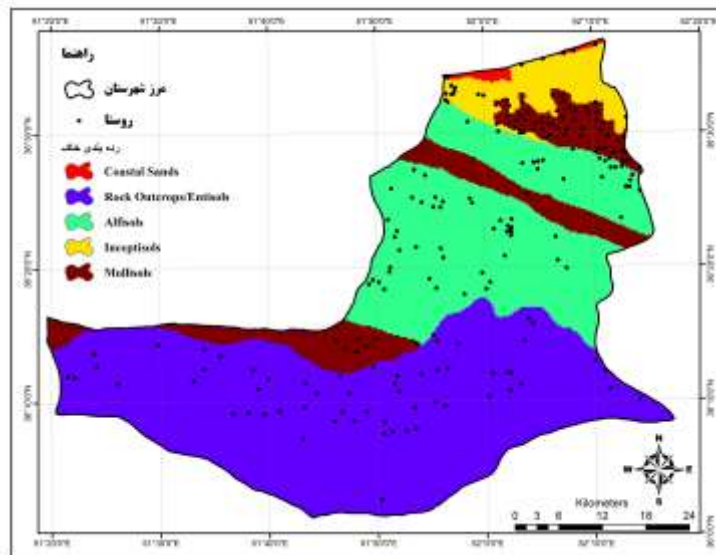
پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

فاصله از شبکه‌های ارتباطی: شبکه‌های ارتباطی از عوامل موثر در ناپایداری است که توسط انسان ایجاد می‌گردد به عبارتی احداث جاده در صورت غیر استاندارد بودن می‌تواند در وقوع زمین لغزش بسیار موثر باشد. در این پژوهش نیز فاصله از شبکه‌های ارتباطی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ در محیط Arc Gis با استفاده از دستور distance در ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید که بیش‌ترین احتمال لغزش در کلاس ۰-۲۵۰ قرار دارد (شکل ۸).



نقشه ۸. نقشه‌ی فاصله از شبکه‌های ارتباطی محدوده‌ی مورد مطالعه
 ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

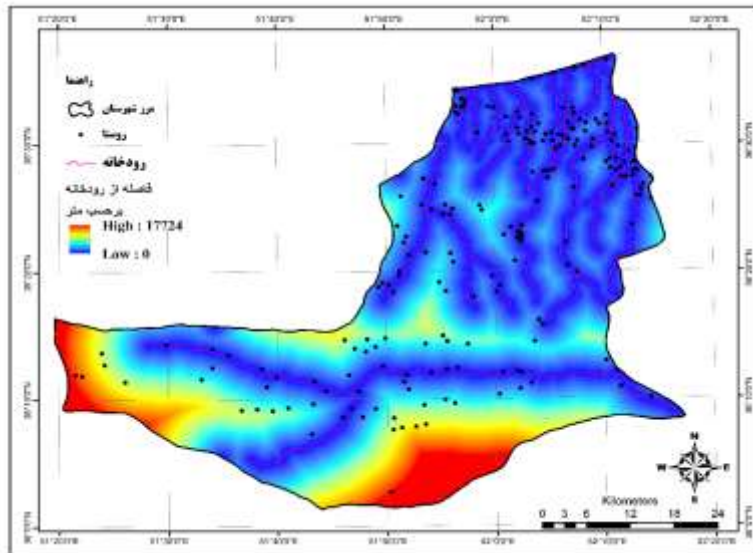
رده‌بندی خاک: یکی دیگر از عوامل موثر در ایجاد زمین لغزش، خاکمی‌باشد. در این پژوهش نیز از رده‌بندی‌های خاک برای تعیین خاک محدوده مورد مطالعه استفاده شد که در ۵ کلاس در محیط Arc Gis طبقه‌بندی شد که خاک‌های Coastal Sands بالاتری در احتمال زمین لغزش نقش ایفا می‌کنند (شکل ۹).



شکل ۹. نقشه‌ی رده‌بندی خاک محدوده مورد مطالعه
 ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

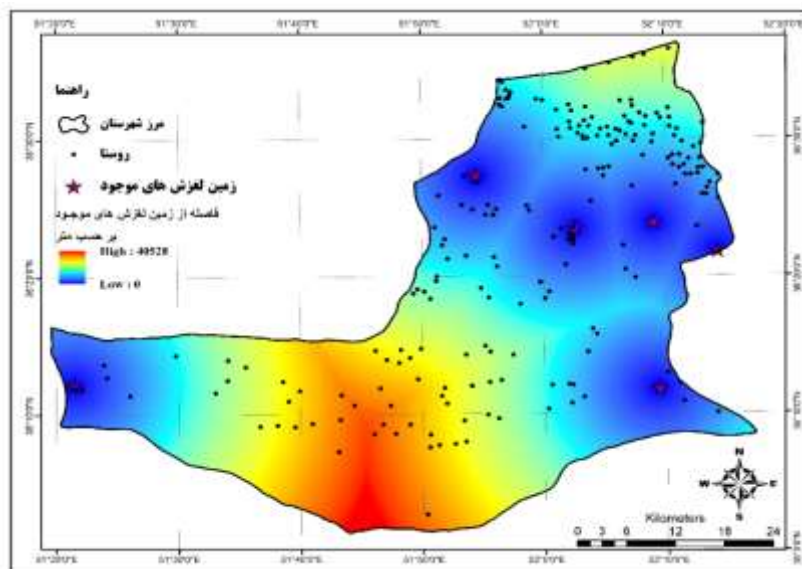
فاصله از رودخانه: آبراهه‌ها به دلیل وجود زهکشی آب و دیوارهای پرشیب معمولاً دارای لغزش بیش‌تری هستند. به عبارتی دیگر وجود آب باعث ناپایدار شدن سازندهای سست و حساس‌پذیر در برابر نفوذ می‌شوند و از طرفی وجود

جریان آب و نفوذ آن به مناطق خرد شده امکان لغزش را افزایش می‌دهند. با فاصله گرفتن از رودخانه مقدار نفوذ آب کمتر و در نتیجه میزان لغزش نیز کاهش می‌یابد. برای تهیه لایه فاصله از آبراهه‌ها از DEM ۳۰ متری استر و اکستنشن arc hydro و دستور distance در محیط gis استفاده گردید. سپس نقشه مورد نظر در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد که کلاس ۰-۲۵ متر بیش‌ترین احتمال زمین لغزش را دارا می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. نقشه‌ی فاصله از رودخانه محدوده‌ی مورد مطالعه
ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

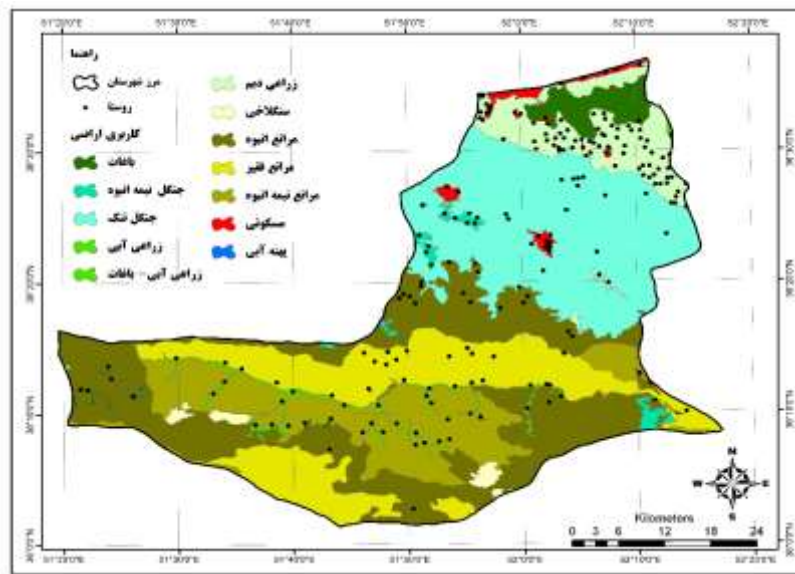
فاصله از زمین لغزش‌های موجود: برای تهیه نقشه‌ی فاصله از زمین لغزش‌های موجود از دستور distance در محیط Arc Gis استفاده گردید. سپس برای تعیین میزان احتمال زمین لغزش مورد نظر به ۵ کلاس طبقه‌بندی شد که طبقه ۰-۳۰۰ متری از مرکز زمین لغزش‌های رخ داده بیش‌ترین احتمال زمین لغزش را دارا می‌باشند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نقشه‌ی فاصله از زمین لغزش‌های موجود در محدوده‌ی مورد مطالعه
ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

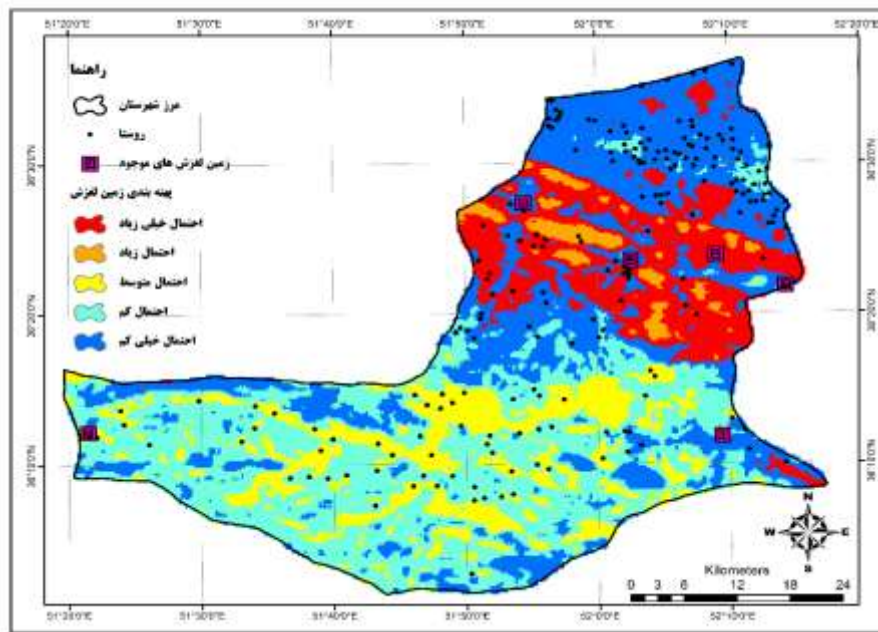
کاربری اراضی: کاربری اراضی یکی از شاخص‌های اصلی در مطالعه پایداری دامنه‌ها و پهنه‌بندی خطر آن‌ها در یک ناحیه است. کاربری زمین ویژگی‌های سطحی زمین را تحت تاثیر قرار می‌دهد و سبب تغییر رفتار آن در مقابل فرایندهای زمین شناسی حاکم بر منطقه از جمله هوازگی و فرسایش می‌شود و در نتیجه ویژگی‌های ذاتی زمین از نظر خواص مهندسی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مواردی تغییر ناآگاهانه‌ی کاربری اراضی سبب آسیب‌پذیری محیط در برابر انواع زمین لغزش می‌شود. میزان و شدت آسیب‌پذیری به طور مستقیم با نوع و چگونگی تغییرات انجام شده در رابط است. در این پژوهش لایه کاربری اراضی محدوده مورد نظر از روی تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. سپس در محیط Arc Gis بر اساس اهمیت به ۵ کلاس (مراتع، اراضی جنگلی تنک، اراضی زراعی، اراضی جنگلی نیمه انبوه و اراضی ساخته شده) طبقه‌بندی شد که کاربری مراتع و اراضی جنگلی تنگ بیش‌ترین میزان زمین لغزش را دارا می‌باشد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. نقشه‌ی کاربری اراضی محدوده‌ی مورد مطالعه

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

نقشه نهایی (پهنه‌بندی زمین لغزش) در ۵ کلاس احتمال خیلی زیاد، زیاد، احتمال متوسط، احتمال کم و احتمال خیلی کم طبقه‌بندی شد. در این نقشه، کلاس احتمال خیلی زیاد با ۱۴/۹۴ درصد مساحت در مناطقی که دارای نسبتاً زیاد، طبقات ارتفاعی بالا و در اراضی جنگلی تنک و مراتع فقیر هستند شامل می‌شود. همچنین کلاس احتمال زیاد با ۲/۵۵ درصد، کلاس احتمال متوسط با ۱۴/۲۷ درصد، کلاس احتمال کم با ۳۶/۷۷ درصد و کلاس احتمال خیلی کم با ۳۱/۴۷ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. مناطقی که در شمالی، شمال غرب و شمال شرق قرار گرفتند بیش‌تر زمین لغزش دارا می‌باشند. همچنین حواشی شهر نور نیز بر اساس زمین لغزش در طبقه احتمال کم و احتمال خیلی کم قرار گرفته است که علت آن را می‌توان بارش کم، ارتفاعات و شیب‌های کم و ... عنوان کرد (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. نقشه پتانسیل احتمال زمین لغزش به روش ANP

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

جدول ۳: مساحت و درصد مساحت کلاس‌های پهنه‌بندی زمین لغزش در روش ANP

ردیف	پتانسیل احتمال زمین لغزش	مساحت (km ²)	درصد مساحت
۱	احتمال خیلی زیاد	۴۰۹/۲۵	۱۴/۹۴
۲	احتمال زیاد	۶۹/۷۶	۲/۵۵
۳	احتمال متوسط	۳۹۰/۷۶	۱۴/۲۷
۴	احتمال کم	۱۰۰۷/۱۳	۳۶/۷۷
۵	احتمال خیلی کم	۸۶۲/۰۶	۳۱/۴۷

ماخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

نتیجه‌گیری

بررسی موقعیت و ارزش محیط‌های انسانی آسیب‌پذیر در برابر انواع مخاطرات طبیعی بسیار مهم و ضروری به نظر می‌رسد. در واقع مخاطرات طبیعی خسارات مالی و جانی بسیاری را به همراه داشته و دارد. بر این اساس مخاطرات طبیعی به عنوان یکی از مطالعات پایه قرار گرفت تا بتوان به کنترل و کاهش مخاطرات طبیعی دست یافت. تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات طبیعی برای برنامه‌ریزی و ارزیابی بیشتر فعالیت‌های توسعه‌ای برای هر منطقه در حال توسعه ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش، به ارائه الگوی پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک در شهرستان نور با استفاده از مدل ANP در محیط نرم‌افزار GIS Arc پرداخته شد. ابتدا با مطالعه کتابخانه‌ای در زمینه پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک، شاخص‌های تأثیرگذار شناسایی شده است.

همانطور که گفته شد با استفاده از مدل ANP به پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته شد. زمین لغزش‌ها یکی از مخاطرات طبیعی است که پس از زلزله و سیل، بیش‌ترین خسارات را به انسان وارد می‌کنند به طوری که سالانه میلیاردها تن خاک و سنگ بر اثر این پدیده‌ها به جامی شود در واقع خسارت‌های وسیعی که زمین لغزش‌ها بر منابع طبیعی، ساختمان‌ها، جاده‌ها و غیره می‌گذارند گاهی مواقع جبران‌ناپذیر است در این رابطه استان‌های شمالی به ویژه مازندران و شهرستان نور، با توجه به شرایط خاص زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، اقلیمی، آب‌های

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

زیرزمینی و سرعت تغییرات کاربری اراضی شاهد وقوع رانش‌های متنوع و فراوان همراه با خسارات مالی، جانی و فرسایش شدید خاک می‌باشند بنابراین دوری جستن از تبعات مخاطرات طبیعی زمانی میسر خواهد بود که درک صحیحی از این مخاطرات صورت پذیرد بهترین عمل ممکن در این امر تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در مقیاس‌های ملی، منطقه‌ای و محلی است تا با بهره‌گیری از آن بتوان مناطق حساس را شناسایی و جلوی بسیاری از خسارات را قبل از وقوع هر گونه حادثه گرفت در این رابطه نتایج نشان می‌دهد که زیر معیارهای لیتولوژی، شیب و ارتفاع به ترتیب دارای بیشترین ضریب اهمیت و رده‌بندی خاک، فاصله از شبکه‌های ارتباطی و کاربری اراضی از اهمیت کم‌تری در پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه برخوردار هستند در ادامه با بهره‌گیری از عوامل مؤثر در پهنه‌بندی زمین لغزش به نمایش آنها بر روی نقشه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS پرداخته است. نتایج نشان‌دهنده این مسئله می‌باشد که در منطقه مورد مطالعه، سازندهایماری و باتلاقی و ماسه سنگ دارای بیشترین پتانسیل زمین لغزش می‌باشند علاوه بر این وجود مراتع وسیع در ارتفاعات و شیب‌های تند و تبدیل زمین‌های بایر به زراعی آبی و دیم، ایجاد کانال‌های آبیاری در دامنه‌های شیب‌دار و آبیاری بیش از حد سبب نفوذ آب به داخل توده‌های آواری و تجمع آن بر روی لایه‌های نفوذناپذیر شده و لغزش را تسهیل کرده است. همچنین اگرچه میزان بارندگی در منطقه خیلی زیاد نیست (۲۹۰-۳۵۲ میلی‌متر در سال) ولی بارندگی‌های شدید در فصول پرباران یکی از عوامل مهم در ایجاد زمین لغزش این شهرستان می‌باشد. از سوی دیگر وجود آبراهه‌ها در ارتفاعات بالا و شیب‌های تند و در دامنه‌های جنوبی، جنوب شرقی و جنوب غربی به افزایش زمین لغزش را در منطقه دامن زده است. نقشه نهایی حاصل از تلفیق معیارهای مختلف پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه نشان می‌دهد که حدود ۱۴/۴۹ درصد از منطقه در رده زمین لغزش با احتمال زیاد قرار دارند که در شمالی، شمال غرب و شمال شرق قرار گرفتند بیش‌تر زمین لغزش دارا می‌باشد. همچنین حواشی شهر نور نیز براساس زمین لغزش در طبقه احتمال کم و احتمال خیلی کم قرار گرفته است که علت آن را می‌توان بارش کم، ارتفاعات و شیب‌های کم و ... عنوان کرد.

منابع

- ابوالفتحی، اصغری، سراسکانرود، صیاد؛ و قلعه، احسان. (۱۳۹۹). بررسی و پتانسیل‌یابی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل منطق فازی در حوضه آبریز کهمان استان لرستان. جغرافیای طبیعی، ۱۳(۴۸)، ۷۴-۶۱.
- آزاده، سید رضا؛ و زارعی، ملیحه (۱۳۹۵)، تحلیل توان‌ها و محدودیت‌های محیطی با تحلیلی لرزه‌ای و نحوه‌ی استقرار مراکز جمعیتی استان زنجان، مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۳۱: ۳۵-۱۴۱.
- امیراحمدی، ابوالقاسم؛ تمسکنی، رامش؛ و محمدنیا. (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین‌رانش و تأثیر آن بر ناپایداری سکونت‌گاه‌های شهری مورد شناسی: زیبا شهر گرگان. فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای، ۵(۱۴)، ۱۵۵-۱۷۶.
- ایمانی، بهرام؛ و پورخسروانی، محسن (۱۳۹۶)، تحلیل فضایی پهنه‌های محاطره آمیز شهرستان اردبیل، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۸، شماره ۲، ۱۰۹-۱۲۸.
- ایمانی، مجتبی؛ گورایی، ابوالقاسم؛ پیرانی، پریسا؛ مرادی پور، فاطمه؛ و شعبانی عراقی، عارفه (۱۳۹۳)، ارزیابی ژئومورفولوژیکی پتانسیل حرکات دامنه‌ای تاقدیس سیاه کوه، غربایران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۸، شماره ۳، ۱۴۷-۱۷۰.
- بهاروند، سیامک؛ و سوری، سلمان (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی و مدل تراکم سطح مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی کاکاشرف، جنوب شرقی خرم‌آباد، زمین شناسی مهندسی، جلد ۹، شماره ۴، ۳۰۹۳-۳۱۱۲.

- بیرانوند، حجت‌الله؛ انتظاری، مژگان؛ و سیف، عبدالله (۱۳۹۵)، برآورد شاخص‌های مورفو متری زمین لغزش کبیرکوه، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۶، شماره ۱، ۴۱-۵۳.
- حجازی، اسدالله؛ روستایی، شهرام؛ و رنجبریان شادباد، مریم (۱۳۹۸). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از مدل ویکور، درحوضه آبریز حاجیلرچای، فصلنامه جغرافیای طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۱، ۴۴-۶۵.
- خدائی قشلاقی، لیلیا؛ روستایی، شهرام؛ و حجازی، اسدالله (۱۳۹۶). ارزیابی روش رگرسی و نلجستیک در بررسی پتانسیل وقوع زمین لغزش مطالعه‌ی موردی: حوضه آبریز رودخانه حاجیلرچای، فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۱، ۳۷-۵۷.
- رضانی، بهمن؛ و ابراهیمی، هدی (۱۳۸۸). زمین لغزش و راهکار تثبیت آن، جغرافیای آمایش، شماره ۷، ۱۲۹-۱۳۹.
- ریاحی، وحید؛ و پاشازاده، اصغر (۱۳۸۷)، تحلیل علل زمین لغزش محله طالقانی شهر گرمی و روشهای کنترل و تثبیت آن، اندیشه جغرافیایی، سال دوم، شماره دوم، ۳۰-۵۰.
- شاه زیدی، سمیه؛ و حیاتی زاده، رویا (۱۳۹۷). بررسی زمین لغزش‌های منطقه‌ی پشت کوه فریدون شهر با استفاده از مدل آنتروپی، جغرافیا و توسعه، شماره ۱، ۳۷-۵۰.
- شیرزادی، عطاالله؛ سلیمانی، کریم؛ حبیب‌نژاد، روشن‌بها؛ محمود، کاویان؛ و چپی، کامران (۱۳۹۶). معرفی یک مدل جدید ترکیبی الگوریتم مینا به منظور پیش‌بینی حساسیت زمین لغزش‌های سطحی اطراف شهر بیجار، جغرافیا و توسعه، شماره ۴۶، ۲۲۵-۲۴۶.
- شیروانی، کوروش؛ و سیف، عبدالله (۱۳۹۱). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش‌های آماری منطقه پیشکوه، شهرستان فریدون‌شهر، علوم زمین، سال ۲۲، شماره ۱، ۸۵-۱۴۹.
- صفاری، امیر؛ و هاشمی، معصومه (۱۳۹۵). پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق فازی مطالعه‌ی موردی: شهرستان کرمانشاه، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال ۹، شماره ۳، ۴۳-۶۲.
- صفاری، امیر؛ رعیتی شوازی، منیره؛ جان احمدی، مریم؛ و شیرزاد ملایری، لیلیا (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل نسبت فراوانی و منطق فازی مطالعه‌ی موردی: بخش مرکزی شهر ستانجم، فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی، سال ۸، شماره ۱، ۳۰-۱۵.
- صفایی‌پور، مسعود؛ شجاعیان، علی؛ و آتش افروز، نسرين (۱۳۹۵). پهنه‌بندی زمین لغزش با استفاده از مدل AHP در محیط GIS منطقه موردی مطالعه روستای دره گز قلندران شهر دهدز، جغرافیای طبیعی، سال ۹، شماره ۳، ۱۰۵-۱۱۸.
- عرب عامری، علیرضا؛ رضایی، خلیل؛ یمانی، مجتبی؛ و شیرانی، کوروش (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی ترکیب روش‌های داده محور و دانش محور در مدل سازی فضایی زمین لغزش مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی فریدون شهر، حفاظت آب و خاک؛ جلد ۲۵، شماره ۱، ۴۷-۶۷.
- علیخانی، بهلول (۱۳۹۳). فرهنگ واژگان مخاطرات محیطی، قطب علمی تحلیل فیزیکی مخاطرات محیطی، انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه خوارزمی تهران.
- فنی، زهره؛ و قشمی، محمدرضا (۱۳۹۷). پهنه‌بندی و تحلیل فضایی حساسیت مخاطرات چهارگانه محیطی زمین لغزش، سیل، زلزله و فرونشست مورد پژوهی: مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، سپهر، دوره ۲۷، شماره ۱، ۱-۴.
- قنبری، ابوالفضل؛ کرمی، فریبا؛ و سالکی، محمدعلی (۱۳۹۶). ارزیابی استعداد بروز زمین لغزش‌های احتمالی در محدوده‌ی شهر تبریز، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۴، شماره ۱، ۱-۱۶.
- قنبری، عزت‌الله؛ کرم، امیر؛ و تقوی مقدم، ابراهیم (۱۳۹۳). کاربرد منطق فازی در شناسایی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان، زمین شناسی مهندسی و محیط زیست، دوره ۲۴، شماره ۱، ۹۴-۹-۱۶.

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ... / شریفی و همکاران

نوجوان، مهدی؛ صالحی، اسماعیل؛ امیدوار، بابک؛ و فریادی، شهرزاد (۱۳۹۵). تحلیل رویکرد نظری مدیریت سوانح طبیعی در ایران با استفاده از مفهوم فراتحلیل، انجمن متخصصان محیط زیست ایران، انتشار آنلاین از تاریخ ۲ آذر ۱۳۹۵.

- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global environmental change*, 16(3), 268-281.
- Chotchaiwong, P., &Wijitkosum, S. (2019). Predicting urban expansion and urban land use changes in Nakhon Ratchasima City using a CA-Markov Model under two different scenarios. *Land*, 8(9), 140.
- Emel, J. and Peet, R. (1989). Resource management and natural hazards. In Peet, R. and Thrift, N.(eds) *New Models in Geography*, Vol 1: 49-76. Unwin and Hyman, London
- Etemadi, H., Smoak, J. M., &Karami, J. (2018). Land use change assessment in coastal mangrove forests of Iran utilizing satellite imagery and CA–Markov algorithms to monitor and predict future change. *Environmental earth sciences*, 77(5), 208.
- Geng, Y., Fujita, T., Bleischwitz, R., Chiu, A., & Sarkis, J. (2019). Accelerating the Transition to Equitable, Sustainable, and Livable Cities: Toward Post-Fossil Carbon Societies. *Journal of Cleaner Production*, 118020.
- Lewis, D., &Mioch, J. (2005). Urban Vulnerability and Good Governance 1. *Journal of contingencies and crisis management*, 13(2), 50-53.
- Poot, J., &Pawar, S. (2013). Is demography destiny? Urban population change and economic vitality of future cities. *Journal of Urban Management*, 2(1), 5-23.
- Ramachandra, T. V., Bharath, A. H., &Sowmyashree, M. V. (2015). Monitoring urbanization and its implications in a mega city from space: Spatiotemporal patterns and its indicators. *Journal of environmental management*, 148, 67-81.
- Wang, M., Cai, L., Xu, H., & Zhao, S. (2019). Predicting land use changes in northern China using logistic regression, cellular automata, and a Markov model. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(24), 790.
- Zhang, X. Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat international*, 54, 241-252.