سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال هشتم / شماره چهارم) زمستان ۱۳۹۶
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: دهستان‌های رباط- سیاهپوش، استان لرستان)

مریم رحمتی[۱]، فرهاد زند[۲*]

۱. دانش‌آموخته دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. استادیار گروه علوم اجتماعی، دانشگاه پیام‌نور، ایران، تهران

چکیده

اخیراً بازسازی و توسعه جاده اصلی دو دهستان رباط- سیاهپوش مخاطرات ناشی از حرکات توده‌ای را افزایش داده است. با توجه به اهمیت این مسئله، مهار و پهنه‌بندی پتانسیل خطر وقوع زمین‌لغزش به عنوان یکی از انواع مخاطرات طبیعی در توسعه پایدار امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این تحقیق، شناخت عوامل مسبب و تشدیدکننده زمین‌لغزش و پهنه‌بندی خطر وقوع آن از طریق مدل‌های آماری و تجربی است. بدین منظور، عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش، شامل سنگ‌شناسی، درجه شیب، جهت دامنه، تیپ خاک، کاربری اراضی، فاصله از گسل، شبکه آبراهه و جاده در محیط ArcGIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل از همبستگی بین متغیرها با فراوانی وقوع زمین‌لغزش نشان داد که عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در منطقه به ترتیب شیب دامنه، فاصله از آبراهه‌ها و سنگ-شناسی هستند. همچنین عامل فاصله از جاده به عنوان عامل تشدیدی در بروز زمین‌لغزش‌های جدید شناسایی شد. مقایسه و ارزیابی میزان تطابق مدل‌های دو متغیره ارزش اطلاعاتی و چند متغیره رگرسیون با استفاده از تکنیک CTA، نشان داد که مدل ارزش اطلاعاتی در طبقات خطر بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد به ترتیب ۳۰/۰۶، ۰/۲۶، ۱۹/۱۱، ۱۷/۴۳ و ۳۳/۱۲٪ و مدل رگرسیون چند متغیره ۹/۲۵، ۱۲/۵۴، ۱۳/۵۴، ۵۳/۰۶ و ۱۱/۵۷٪ از مساحت کل منطقه را به خود اختصاص داده‌اند.

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ۴ آبان ۱۳۹۶
پذیرش: ۷ بهمن ۱۳۹۶
دسترسی اینترنتی: ۱ اسفند ۱۳۹۶

واژه‌های کلیدی:
مخاطرات جاده‌ای
پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش
مدل ارزش اطلاعاتی
مدل رگرسیون
دهستان رباط- سیاهپوش

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: zandpnu2012@gmail.com

مقدمه

ساماندهی راه‌های دسترسی مناسب و توجه ویژه به ناوگان حمل و نقل عمومی روستایی برای خدمات‌رسانی به جامعهٔ روستایی، لازم است. حرکات توده‌ای از پدیده‌های مخرب طبیعی هستند که هر ساله جامعه روستایی و جاده‌های منتهی به این مناطق را متحمل خسارات سنگینی می‌کنند. گزارش مخاطرات ۲۰۱۲ جهان (۲۰۰۲-۲۰۱۱) نشان می‌دهد که زمین‌لغزش در میان هفت بلایای مهم طبیعی دنیا قرار گرفته است (۲۱ و ۲۵). وقوع حرکات توده‌ای از جمله زمین‌لغزش، تأثیرات منفی بر زندگی و فعالیت‌های اقتصادی بشر می‌گذارد (۱۲ و ۲۳). در مورد خسارات ناشی از زمین‌لغزش در ایران مطالعاتی صورت گرفته که طبق گزارش، خسارات مربوط به ۴۹۰۰ زمین‌لغزش ثبت شده در بانک اطلاعاتی تا پایان شهریور ۱۳۸۶، معادل ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد شده است (۱). پیامد این نوع مخاطره بروز خسارت و مشکلاتی همچون افزایش هزینه احداث جاده، نگهداری و تعمیرات آن، اختلال در تردد، بالا بردن حجم خسارات وارده به ماشین‌های مورد استفاده و ... در جاده‌های روستایی است.

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش از جمله راهکارهای مفیدِ برنامه‌ریزی برای جلوگیری از خسارت‌های وارده به جاده‌های روستایی است (۲). با این حال، چون زمین‌لغزش‌ها معمولاً سیستم‌های پیچیده‌ای هستند و پیش‌بینی حساسیت وقوع آن‌ها نیاز به داده‌های مختلف طبیعی و انسانی از جمله ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، کاربری اراضی و سایر داده‌های مربوط به عوامل محیطی دارد (۶ و ۲۲). دستورالعمل مشخص و یکپارچه‌ای که بین همه محققین، مورد قبول باشد، برای انتخاب عوامل مؤثر در تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش وجود ندارد (۲۴). مطالعات در این زمینه معمولاً با مدل‌های مختلف، عملکرد و دقت متفاوتی همراه بوده است (۱۸ و ۱۹) که برخی از این مدل‌ها به علت عدم به‌کارگیری معیارهای همه‌جانبه نگر نتایج چندان رضایت بخشی نداشته و در استفاده از نتایج این تحقیق‌ها محدودیت‌هایی وجود دارد (۱۵). به همین سبب ضرورت و توجه به استفاده از روش‌هایی با معیارهای کمیِ منطبق با شرایط جغرافیائی مناطق، برای شناسایی پهنه‌های مستعد خطر وقوع زمین‌لغزش در توسعه جاده‌های روستایی امری اجتناب‌ناپذیر قلمداد می‌شود.

از آنجائیکه هدف این پژوهش پیش‌بینی خطر وقوع زمین‌لغزش است (شکل ۱)، مدل ارزش اطلاعاتی بر مبنای داده‌های واقعی از زمین‌لغزش رخ داده و رگرسیون چند متغیره انتخاب شده است. در مدل رگرسیون به علت اینکه متغیر وابسته (رخداد زمین‌لغزش) کمی نبوده و از نوع دوجمله‌ای است، یعنی دارای دو حالت هست (رخداد) و نیست (عدم رخداد) است، ضرورت استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره توجیه می‌گردد.

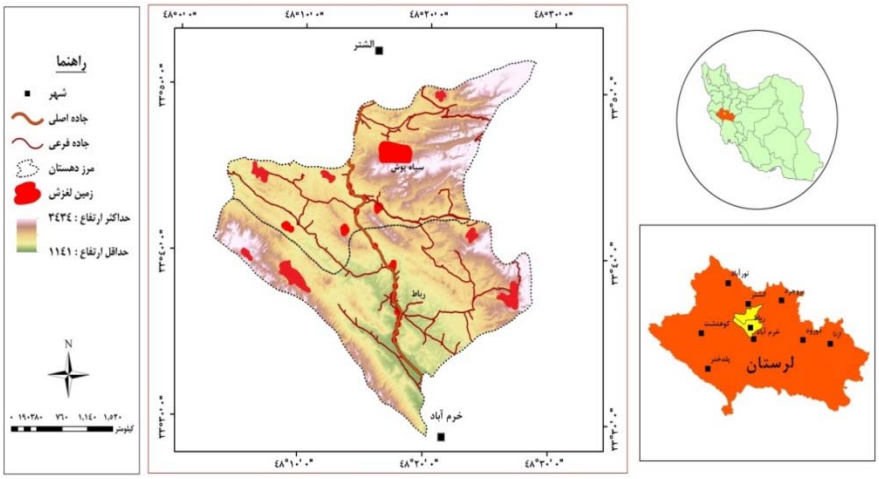
شکل ۱. شکاف‌های ایجاد شده پس از وقوع زمین‌لغزش در نزدیکی روستای رباط دولت‌آباد، دید به غرب، (۰۹/ ۰۱/ ۱۳۹۵)

کانونگو و همکاران (۲۰) طی پژوهشی در منطقه دارجیلینگ هیمالیا به بررسی اثرات احداث جاده در رخداد زمین‌لغزش‌ها پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث جاده با وقوع زمین‌لغزش‌ها رابطه مستقیم دارد و بیشترین تراکم رخداد زمین‌لغزش‌ها حداکثر تا فاصله ۱۵۰ متر بوده است. سیرلو و همکاران (۱۶ و ۱۷) میزان تطابق دو مدل ارزش اطلاعاتی (آماری) و TRIGRS (قطعی) را در شناسایی پهنه‌های خطر وقوع زمین‌لغزش در جنوب ایتالیا (کاتانزارو) مورد مطالعه قرار دادند و با ارائه دو رویکرد متفاوت مطالعاتی، یک مدل پیشنهادی برای ارزیابی خطر زمین‌لغزش در این منطقه ارائه کردند. ایشان با بهره‌گیری از پارامترهای ارتفاع، درجه شیب، انحنای شیب، جنس سنگ، عمق و ضخامت سنگ‌های منطقه، نقشه حساسیت زمین‌لغزش با مقیاس ۵۰۰۰ را به دست آوردند. نتایج مقایسه دو مدل آماری و قطعی نشان داد در این منطقه مدل قطعی TRIGRS به مراتب بهتر از مدل آماری ارزش اطلاعاتی با واقعیت زمین‌لغزش موجود منطقه تطابق دارد. چن و همکاران (۱۴) یک مدل رگرسیون احتمالاتی پیکسل مبنا را برای تشخیص زمین‌لغزش‌ها و بررسی قابلیت آن در پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش ارائه کردند. این مدل در منطقه شمال غرب ایالت چنگ دو چین بر اساس تصاویر ۳۰ متر لندست هفت با ویژگی‌های طیفی، هندسی و محتوایی اجرا شده است. نتایج مدل پیشنهادی رگرسیون با قابلیت اطمینان بالای ۰/۹، اعتبارسنجی بیش از ۹۰٪ و اندازه‌گیری خطای بالای ۰/۹ پردازش شده است. افجه نصرآبادی و همکاران (۳) به منظور مطالعه وضعیت جاده کوهستانی - جنگلی شصت کلاته گرگان، اقدام به ارزیابی کارایی مدل‌های ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در محیط ArcGIS کردند. ایشان با استفاده از هفت پارامتر ارتفاع، شیب، جهت دامنه، بارندگی، زمین‌شناسی و فاصله از آبراهه میزان خطر وقوع زمین‌لغزش را پهنه‌بندی کردند و نشان دادند که مدل ارزش اطلاعاتی نسبت به تراکم سطح مطلوبیت نسبی بهتری دارد. بهاروند و سوری (۵) با استفاده از قطع نقشه عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش رخ داده در منطقه سپیددشت لرستان، تأثیر هر یک از عوامل شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، ارتفاع، لیتولوژی، بارندگی، فاصله از گسل، جاده و آبراهه را با ناپایداری شیب‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGIS برآورد کردند. محققین با مقایسه دو مدل فازی و تراکم سطح به این نتیجه رسیدند که مدل فازی را روش کارآمدتری در شناسایی مناطق با حساسیت بالا نسبت به وقوع خطر زمین‌لغزش معرفی کردند. اکبری و همکاران (۴) به تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های تلفیقی فازی و تحلیل شبکه‌ای در حوزه فاروب رومان نیشاپور پرداختند. ایشان با بهره‌گیری از چهار خوشه توپوگرافی، عوامل زیستی، هیدرواقلیم و زمین‌شناسی و به کار بردن ۱۳ پارامتر مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش ضمن بررسی کارایی و اعتبارسنجی دو مدل با دقت خیلی خوب، به این نتیجه رسیدند ۶۶٪ از زمین‌لغزش‌های معلوم در مناطق با حساسیت زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته‌اند. جاده اصلی خرم‌آباد- رباط – سیاهپوش از مسیرهای پر پیچ و خم کوهستانی است که به دلیل گستردگی و عبور از واحدهای ژئومورفیک گوناگون و لحاظ نکردن درست و منطقی پارامترهای طبیعی – انسانی مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در مقوله برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه جاده‌ای در حال و آینده خسارت‌های مالی و جانی متعدّدی را موجب می‌گردد (شکل ۱). این مسیر، پرترددترین مسیر ارتباطی مرکز استان (خرم‌آباد) به شهرستان الشتر است، به گونه‌ای که علی‌رغم پتانسیل بالای منطقه به لحاظ وقوع خطر زمین‌لغزش، تاکنون هیچ‌گونه مطالعه جامع علمی - پژوهشی در این منطقه صورت نپذیرفته است. همچنین خطر وقوع زمین‌لغزش بویژه با توسعه و تعریض اخیر جاده شدت یافته و لزوم مطالعه آن را دو چندان کرده است. از آنجائیکه بیشترین مساحت تحت پوشش زمین‌لغزش را این دو دهستان نسبت به سایر دهستان‌های واقع بر مسیر جاده ارتباطی مذکور در برگرفته‌اند، ضرورت مشخص کردن سهم هر یک از این دو منطقه در بروز خسارات وارده به جاده در امر برنامه‌ریزی و مدیریت توسعه جاده‌ای مهم تلقی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

محدوهٔ مطالعه در موقعیت "۳۳°۳۰'۰۰ تا "۳۳°۵۰'۰۰ عرض شمالی و "۴۸°۱۰'۰۰ تا "۴۸°۳۰'۰۰ طول شرقی واقع شده است. جاده مربوط به دهستان‌های رباط – سیاهپوش، بخشی از روستاهای شهرستان خرم‌آباد و بخش سیاهپوش شهرستان الشتر واقع در استان لرستان را به هم وصل می‌کند. این دو دهستان با مساحت ۸۰۰/۳۵ Km^2 به ترتیب در شمال شرقی و شرق شهرستان‌های خرم‌آباد و الشتر واقع شده‌اند (شکل ۲). با توجه به اینکه بالاترین نقطه ارتفاعی محدوده مطالعاتی ۳۴۳۰ متر و پست‌ترین نقطه آن ۱۲۰۰ متر ارتفاع دارند، این مسیر و روستاهای واقع در آن در یک منطقه کاملاً کوهستانی واقع گردیده‌اند. از لحاظ اقلیمی میانگین سالانه دما ۱۷°C است، به‌طوریکه حداقل دما در دی‌ماه و حداکثر دما در تیرماه به وقع می‌پیوندد. همچنین میانگین بارش سالانه ۵۰۹ میلیمتراست که حداکثر بارش در دی‌ماه و حداقل بارش ماهانه در تیر و مردادماه رخ می‌دهد.



شکل۲. موقعیت جغرافیائی منطقه مورد مطالعه و پراکنش زمین‌لغزش‌ها

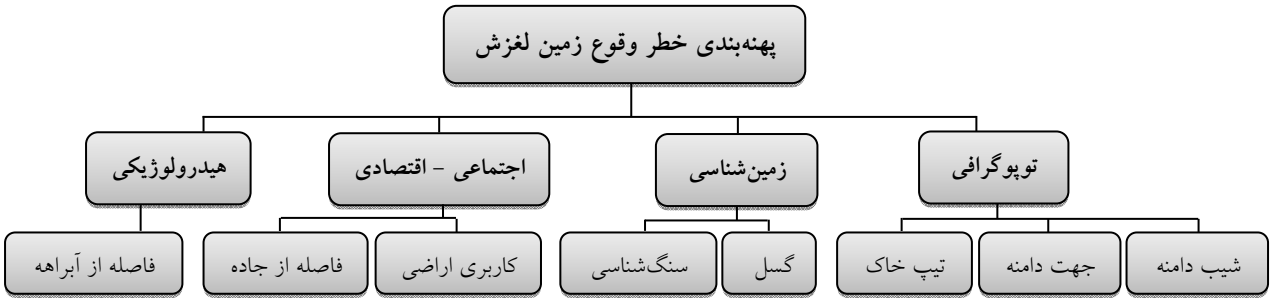
داده‌های مورد استفاده

نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰. تصویر ETM ماهواره لندست (سال ۲۰۱۵) جهت تهیه لایه کاربری اراضی و تفسیر عکس‌های هوائی با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ (سال ۱۳۹۰) برای شناسایی زمین‌لغزش‌های قبل از عملیات بازسازی و توسعه جاده استفاده شد. از آنجا که زمین‌لغزش‌های جدید دامنه‌های مشرف به جاده پس از شروع عملیات بازسازی و توسعه جاده رخ داده‌اند، به کمک عکس‌های هوائی سال‌های مربوطه قابل تشخیص نبودند، به همین دلیل با عملیات میدانی و از طریق دستگاه GPS، اقدام به شناسایی و به نقشه در آوردن پراکنش زمین‌لغزش‌های جدید شد (شکل ۲). نقشه پراکندگی آبراهه‌ها در محیط نرم‌افزار WMS با استفاده از لایه DEM منطقه به دست آمد.

روش تحقیق

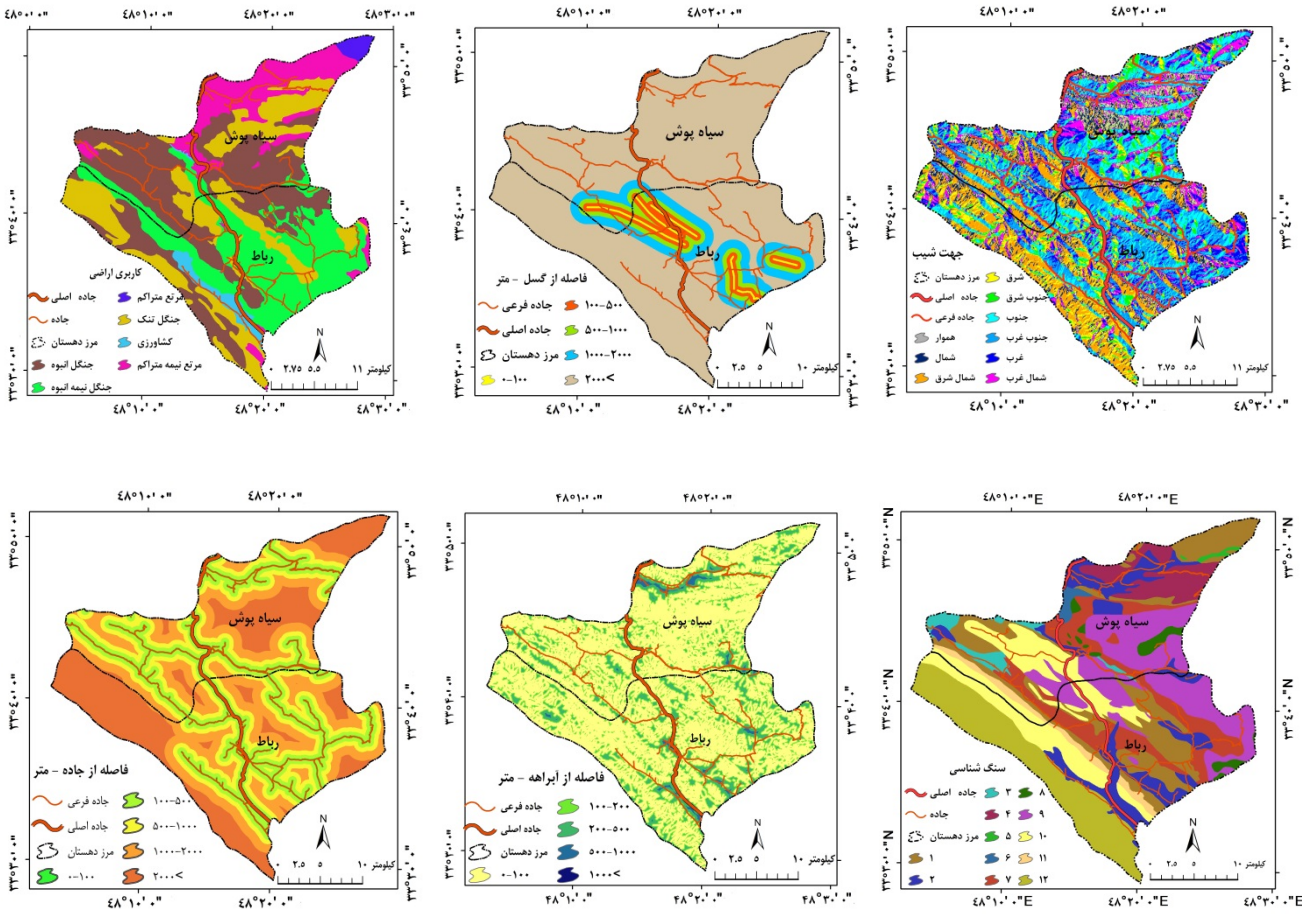
پارامترهای کنترل‌کننده زمین‌لغزش

معیارهای مؤثر بر پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با توجه به آئین‌نامه مقررات گروه تخصصی زمین‌لغزش و مخاطرات ژئوتکنیکی شناسایی و با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، دیدگاه کارشناسی متخصصین (روش دلفی) و داده‌های موجود استخراج شد. بدین ترتیب معیارها و زیرمعیارهای ارزیابی خطر وقوع زمین‌لغزش هشت پارامتر تعیین (شکل ۳) و نقشه شیب، جهت دامنه، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، تیپ خاک، فاصله از جاده، آبراهه و گسل) تهیه گردید (شکل ۴).

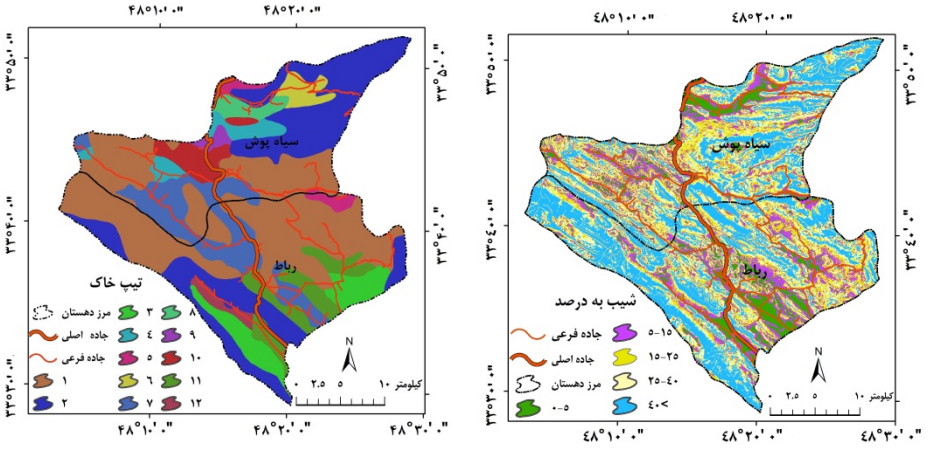


شکل۳. معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش

پس از تعیین معیارهای مؤثر در وقوع خطر زمین‌لغزش، کلیه پارامترها با استفاده از مدل تجربی - آماری دو متغیره ارزش اطلاعاتی و چند متغیره رگرسیون در محیط ArcGIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. لازم به ذکر است کلیه لایه‌های اطلاعاتی به منظور تلفیق، هم‌پوشانی و وزن‌دهی در سامانه اطلاعات جغرافیائی و نرم‌افزار ArcGIS، با ساختار رستری و ابعاد پیکسل ۵۰ ×۵۰ متر تعریف و تحلیل شدند.



شکل۴. نقشه پارامترهای مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش در منطقه مطالعاتی



ادامه شکل۴. نقشه پارامترهای مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش در منطقه مطالعاتی

مدل ارزش اطلاعاتی

مدل ارزش اطلاعاتی بر مبنای یک مفهوم اصلی شکل گرفته است، وقوع خطر زمین‌لغزش تحت تأثیر عوامل گوناگون و تأثیرات متفاوت آن عوامل بر وقوع خطر زمین‌لغزش (۲۶). در این روش ارتباط یک متغیر وابسته (زمین‌لغزش) و یک متغیر مستقل مورد تحلیل قرار می‌گیرد و اهمیت هر یک از عوامل به طور جداگانه تجزیه و تحلیل می‌گردد. بر اساس این ارزیابی وزن و سهم هر یک از پارامترهای مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش طبق رابطهٔ ۱ محاسبه گردید (۹).

$$Winf = Ln\left[\frac{A}{B} \div \frac{C}{D}\right] \qquad [1]$$

در این رابطه؛ Ln لگاریتم طبیعی، A مساحت لغزش‌های هر واحد، B مساحت هر واحد، C مساحت کل لغزش در منطقه، D مساحت کل منطقه. مقادیر ارزش اطلاعاتی منفی بیانگر کمتر بودن درصد سطحی ناپایداری از ناپایداری متوسط منطقه و ارزش اطلاعاتی مثبت نشانگر بیشتر بودن درصد سطحی ناپایداری نسبت به ناپایداری متوسط منطقه است. ارزش اطلاعاتی صفر بیانگر متوسط درصد سطحی ناپایداری منطقه است.

مدل رگرسیون چندمتغیره

تحلیل رگرسیونی تکنیکی آماری برای بررسی و مدل‌سازی ارتباط بین متغیرها است. این روش یک روش کمی بوده و نسبت به روش‌های کیفی مزیت‌هایی دارد. در روش رگرسیون چند متغیره رابطه بین تک‌تک عوامل با متغیر وابسته (Y) و نیز نسبت به همدیگر به صورت رگرسیون خطی در نظر گرفته می‌شود و تغییر در عوامل مختلف روی همدیگر تأثیرگذار خواهد بود. در نهایت برای مدلی که برآورد می‌شود، عواملی انتخاب می‌شوند که ضریب معنی‌داری بالائی با متغیر وابسته از خود نشان می‌دهند و عواملی با ضریب معنی‌داری کمتر که باعث کاهش دقت کار پهنه‌بندی می‌شوند، از روند کار حذف می‌شوند. در این مدل میزان تأثیر هر کدام از عوامل را با ضریبی که بیانگر میزان تأثیر آن عامل در وقوع خطر زمین‌لغزش است به صورت کمی بیان می‌کنند و می‌توان مهم‌ترین عوامل در وقوع خطر زمین‌لغزش را تعیین کرد (۷). در اینجا متغیر وابسته نقشه پراکنش زمین‌لغزش است و لایه‌های اطلاعاتی شامل شیب، جهت دامنه، سنگ‌شناسی، کاربری راضی، تیپ خاک، فاصله از گسل، جاده و آبراهه به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شوند. در این پژوهش ابتدا در محیط نرم‌افزار ArcGIS نقشه پراکنش زمین‌لغزش به نقشه درصد تراکم سطحی تبدیل شد و کلیه لایه‌های کمی و کیفی با گرفتن ضریبی بین ۰-۱ نرمال‌سازی شدند. سپس

همبستگی بین هشت لایه اطلاعاتی با نقشه پراکنش زمین‌لغزش در محیط SPSS گرفته شد. سه متغیر بارش، ارتفاع و فاصله از نقاط روستایی به دلیل نداشتن همبستگی لازم با لایه پراکنش زمین‌لغزش حذف شدند. مؤثرترین عامل در ایجاد زمین‌لغزش با استفاده از روش گام‌به‌گام در نرم‌افزار SPSS مشخص شد. در نهایت ضرایب مربوط به هر متغیر به منظور محاسبه درصد وقوع خطر زمین‌لغزش و پهنه‌بندی آن در محیط ArcGIS اعمال گردیده و نقشه حساسیت خطر وقوع زمین‌لغزش در پنج کلاس تهیه شده است.

نتایج

تطابق لایه‌های مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش با لایه پراکنش زمین‌لغزش‌ها نشان داد حدود ۷۰ درصد از زمین‌لغزش‌ها در محدوده شیب ۴۰ – ۱۵ درجه رخ داده‌اند. فرسایش دامنه‌ها به وسیله جریان‌های پرسرعت سیلابی، باعث بروز بیش از ۷۷ درصد از زمین‌لغزش‌ها تا فاصله ۲۰۰ متری از آبراهه‌ها شده است. بیش از نیمی از زمین‌لغزش رخ داده در منطقه در سنگ آهک رسی و مارن آهکی سازند سروک و رسوبات ناپیوسته کواترنری رخ داده‌اند. در کنار این سه عامل اصلی وقوع خطر زمین‌لغزش بازسازی و توسعه جاده بدون در نظر گرفتن اصول پایداری شیب باعث از بین رفتن تکیه‌گاه در شیب‌های تند شده و در صورت مساعد بودن سایر شرایط، بروز زمین‌لغزش را سبب شده است. قطع لایه زمین‌لغزش رخ داده با طبقات فاصله از جاده نشان داده است رخداد زمین‌لغزش تا فاصله ۱۰۰ متری از جاده به دلیل تأثیر مستقیم عملیات راه‌سازی و ترانشه‌زنی در به هم زدن تعادل دامنه‌های مشرف به جاده بوده است. افزایش ۲۰ درصدی وقوع زمین‌لغزش‌ها در این طبقه (طبقه ۰–۱۰۰ متری) گویای این واقعیت است، به‌گونه‌ای که با دور شدن از جاده اصلی مساحت زمین‌لغزش‌ها به تدریج کمتر می‌شود.

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با مدل ارزش اطلاعاتی

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی حساسیت به زمین لغزش از عوامل فوق‌الذکر استفاده گردیده و طی مراحل زیر اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی در محیط Arc GIS گردید.

۱. تلفیق هر یک از نقشه‌های عوامل مؤثر بر رخداد خطر زمین‌لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش رخ داده و محاسبه مقادیر لغزش ثبت شده در هر طبقه
۲. محاسبه وزن ارزش اطلاعاتی هر یک از لایه‌ها بر اساس رابطه ۱.
۳. تهیه نقشه ارزش‌گذاری شده برای کلیه متغیرهای تأثیرگذار بر اساس مقادیر وزنی حاصل از خروجی مدل.
۴. جمع جبری لایه‌های مؤثر بر وقوع خطر زمین‌لغزش.
۵. طبقه‌بندی نقشه نهائی استخراج شده از مدل به پنج طبقه خطرپذیر (بسیارکم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) بر اساس تغییرات هیستوگرام (شکل ۵).

پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش به روش رگرسیون چندمتغیره

از آنجا که متغیرهای پیش‌بینی کننده وقوع خطر زمین‌لغزش از یک نوع نبوده و به صورت کمی و اسمی (توصیفی) هستند، کلیه این متغیرها بایستی نرمال‌سازی شوند. در این راستا لایه‌های کمی شیب، فاصله از عوارض خطی شامل گسل، جاده و رودخانه نرمال شده و هرکدام از آن‌ها به ارزش صفر تا یک رسیدند. برای لایه‌های اسمی مانند جهت شیب، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و تیپ خاک ابتدا با توجه به میزان تراکم و درصد هر یک از طبقات لایه‌ها در فراوانی رخداد زمین لغزش، یک وزن به آن‌ها اختصاص یافته، سپس هر کدام از لایه‌های ذکر شده در محیط Arc GIS ارزشی بین صفر تا یک گرفتند. بدین ترتیب کلیه لایه‌ها در مرحله اول اجرای مدل رگرسیون دارای سنخیت یکسان و مشابه گردیدند.

پس از یکسان‌سازی لایه‌ها، در محیط SPSS همبستگی بین هر یک از متغیرها در ارتباط با یکدیگر بدست آمد (جدول ۱) و تمام ضرایب مثبت و منفی متغیرها به منظور پهنه‌بندی خطر در محیط Arc GIS اجرا گردید.

جدول۱. ضرایب به دست آمده از رگرسیون چندمتغیره

Correlations	معیار	شیب	فاصله از جاده	سنگ‌شناسی	خاک	کاربری اراضی	جهت شیب	فاصله از آبراهه	فاصله از گسل
Pearson Correlation	شیب	۱	-۰/۰۱۸	۰/۰۱	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲۳	۰/۳۲
	فاصله از جاده	-۰/۰۱۸	۱	۰/۴۱	-۰/۳۷۲	۰/۲۲۷	-۰/۱۸۵	-۰/۱۱۳	-۰/۲۱۴
	سنگ‌شناسی	۰/۰۱	۰/۴۱	۱	-۰/۱۲۴	۰/۳۰۵	-۰/۱۴۵	-۰/۱۷۵	۰/۱۴۲
	خاک	۰/۰۴۶	-۰/۳۷۲	-۰/۱۲۴	۱	-۰/۱۶۵	۰/۱۶۵	۰/۰۳۷	۰/۲۹۷
	کاربری اراضی	-۰/۰۱۲	۰/۲۲۷	۰/۳۰۵	-۰/۱۶۵	۱	-۰/۲۰۳	-۰/۲۰۸	۰/۱۷۳
	جهت شیب	۰/۰۰۲	-۰/۱۸۵	-۰/۱۴۵	۰/۱۶۵	-۰/۲۰۳	۱	۰/۰۷	-۰/۰۳۶
	فاصله از آبراهه	۰/۰۲۳	-۰/۱۱۳	-۰/۱۷۵	۰/۰۳۷	-۰/۲۰۸	۰/۰۷	۱	-۰/۱۰۱
	فاصله از گسل	۰/۳۲	-۰/۲۱۴	۰/۱۴۲	۰/۲۹۷	۰/۱۷۳	-۰/۰۳۶	-۰/۱۰۱	۱
Sig. (1-tailed)	شیب	-	۰/۳۲	۰/۳۹۷	۰/۱۱۸	۰/۳۸۱	۰/۴۷۸	۰/۲۷۴	۰
	فاصله از جاده	۰/۳۲	-	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰۲	۰
	سنگ‌شناسی	۰/۳۹۷	۰	-	۰/۰۰۱	۰	۰	۰	۰
	خاک	۰/۱۱۸	۰	۰/۰۰۱	-	۰	۰	۰/۱۷۲	۰
	کاربری اراضی	۰/۳۸۱	۰	۰	۰	-	۰	۰	۰
	جهت شیب	۰/۴۷۸	۰	۰	۰	۰	-	۰/۰۳۵	۰/۱۷۵
	فاصله از آبراهه	۰/۲۷۴	۰/۰۰۲	۰	۰/۱۷۲	۰	۰/۰۳۵	-	۰/۰۰۵
	فاصله از گسل	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۷۵	۰/۰۰۵	-
N	شیب	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	فاصله از جاده	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	سنگ‌شناسی	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	خاک	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	کاربری اراضی	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	جهت شیب	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	فاصله از آبراهه	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰
	فاصله از گسل	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰	۶۷۰

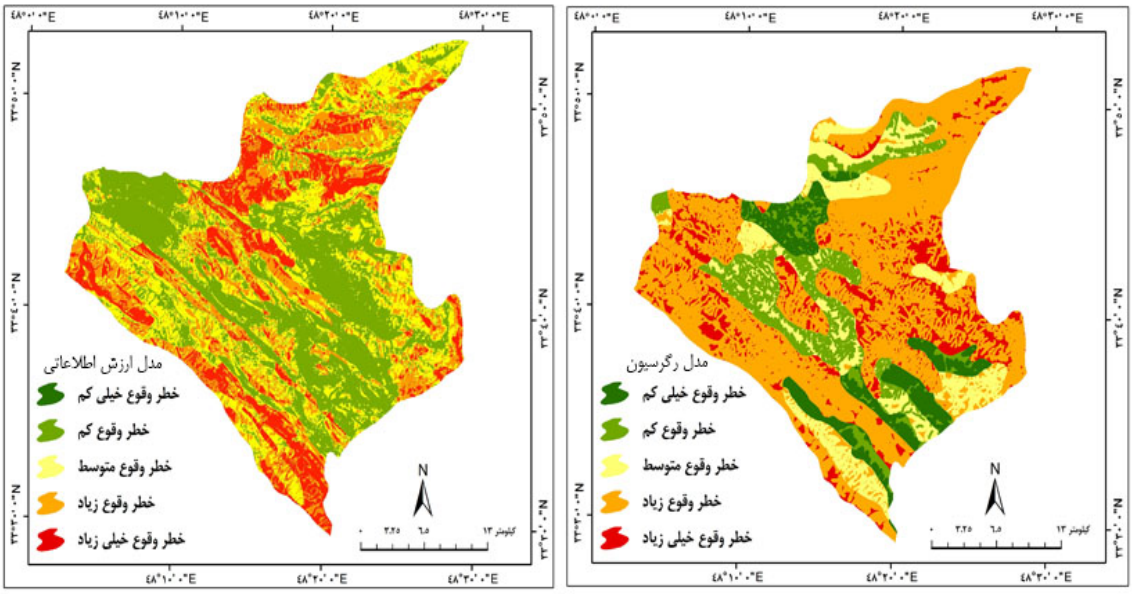
شکل ۵ نقشه نهائی پهنه‌بندی خطر وقوع زمین لغزش با دو مدل ارزش اطلاعاتی و رگرسیون چند متغیره را نشان می‌دهد که در آن پهنه‌های خطر به پنج کلاس مجزا تقسیم شده‌اند.

ارزیابی مدل‌های پهنه‌بندی زمین لغزش در منطقه مطالعاتی

پس از تعیین پهنه‌های خطر زمین لغزش توسط دو مدل ارزش اطلاعاتی و رگرسیون چند متغیره، با استفاده از تکنیک Cross Tabulate Area در محیط تحلیل‌گر Arc GIS، به میزان تطابق این دو مدل با واقعیت موجود در منطقه مطالعاتی پرداخته شد. بدین صورت که پس از انجام کلاس‌بندی با ارزش‌های مشابه برای نقشه‌های نهایی پتانسیل خطر (پنج طبقه)، میزان صحت هر یک از طبقات خطر با میزان لغزش رخ داده توسط عملگر Cross Tabulate Area به صورت جداگانه برای هر یک از مدل‌های مذکور انجام و فراوانی پیکسل‌های مشابه (درصد تطابق) در طبقات مختلف خطر بر اساس رابطه ۲ تعیین شد.

$$\text{درصد تطابق} = \frac{\text{مجموع تعداد پیکسل های قطر اصلی}}{\text{مجموع کل پیکسل ها}} \quad [۲]$$

با اجرای دو مدل آماری و تجربی و صحت سنجی آن‌ها بر اساس واقعیت‌های موجودِ زمین لغزش منطقه مشخص شد مدل رگرسیون چند متغیره در مقایسه با مدل ارزش اطلاعاتی در دو طبقه خطر بسیار زیاد و متوسط با واقعیت موجود لغزش رخ داده در منطقه انطباق بیشتری دارد. در مقابل، مدل ارزش اطلاعاتی در طبقه خیلی کم‌خطر و خطر زیاد بهترین تطابق را با واقعیت موجود منطقه نشان می‌دهد. هر دو مدل در پیش‌بینی طبقه کم‌خطر تفاوت چندانی با میزان و فراوانی وقوع خطر زمین لغزش نشان نداده‌اند. از نظر مقایسه میزان خطرپذیری وقوع زمین لغزش در دو دهستان مذکور جدول ۲ مقایسه میزان تطابق هر یک از پهنه‌های خطر شناسایی شده توسط مدل با مقدار وقوع خطر زمین لغزش را نشان می‌دهد.



شکل۵. مقایسه نتایج پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با دو مدل ارزش اطلاعاتی و رگرسیون چند متغیره در منطقه مطالعاتی

جدول۲. مقایسه میزان تطابق هر یک از مدل‌های پهنه‌بندی طبقات خطر با لغزش رخ داده در منطقه

طبقات پهنه‌بندی	مدل پهنه‌بندی لغزش زمین	مساحت طبقات (درصد)	مساحت زمین لغزش (درصد)
خیلی کم	ارزش اطلاعاتی	۳۰/۰۶	۳۲/۰۱
	رگرسیون چند متغیره	۹/۲۵	۱۲/۰۱
کم	ارزش اطلاعاتی	۰/۲۶	۲/۰۵
	رگرسیون چند متغیره	۱۲/۵۴	۱۰/۰۳
متوسط	ارزش اطلاعاتی	۱۹/۱۱	۴۲/۱۱
	رگرسیون چند متغیره	۱۳/۵۴	۲۶/۱۴
زیاد	ارزش اطلاعاتی	۱۷/۴۳	۱۳/۳۴
	رگرسیون چند متغیره	۵۳/۰۶	۲۱/۰۷
خیلی زیاد	ارزش اطلاعاتی	۳۳/۱۲	۱۰/۴۷
	رگرسیون چند متغیره	۱۱/۵۷	۲۱/۰۷

مساحت زمین‌لغزش‌های رخ داده در سطح منطقه بالغ بر ۱۰۳/۷۰Km² است، این رقم نسبتاً قابل ملاحظه به دلیل مستعد بودن شرایط طبیعی حاکم بر منطقه به ویژه حساسیت زیاد سازندهای زمین‌شناسی، تندی شیب دامنه‌ها به‌ویژه در نزدیکی ترانشه‌های مسلط به جاده اصلی و اجرای عملیات تعریض و توسعه اخیر جاده می‌باشد.

به طور کلی بر اساس بررسی‌های به عمل آمده از مدل‌ها، هر دو دهستان تقریباً به یک اندازه در پهنه‌های خطر زیاد و بسیار زیاد طبقه‌بندی شده‌اند و نمی‌توان تفاوتی در خطرپذیری آن‌ها نسبت به وقوع خطر زمین لغزش قائل شد. این مهم بایستی در امر برنامه‌ریزی به‌منظور توسعه پایدار دو دهستان به ویژه در مقوله جاده‌سازی و بازسازی راه‌های منتهی به این دو منطقه مورد نظر قرار گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری

از جمله حساس‌ترین و پیچیده‌ترین مسائل در طرح‌های عمرانی جاده‌ها، بررسی پایداری دامنه‌هاست. زمین‌لغزش‌ها به عنوان یکی از مخاطرات طبیعیِ مخرب موجب خسارات جبران‌ناپذیر مالی و جانی می‌شوند که دفع آن‌ها مستلزم صرف وقت و هزینه هنگفتی است. شناسایی عوامل مؤثر بر وقوع خطر زمین لغزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر می‌تواند کمک شایانی در تدوین برنامه مدیریت بحران و کاهش هزینه‌های احداث و نگهداری جاده‌ها داشته باشد. با تقسیم‌بندی پهنه‌های خطر وقوع زمین لغزش در جاده اصلی دهستان‌های رباط – سیاهپوش با استفاده از دو مدل ارزش اطلاعاتی و رگرسیون چند متغیره مشخص شد هر دو مدل در پهنه‌های متفاوتی توانائی تشخیص واقعی خطر را دارند، اما مدل ارزش اطلاعاتی با کمترین اختلاف بین مساحت لغزش رخ داده و مساحت محاسبه شده، به مراتب بهتر از مدل رگرسیون چند متغیره در شناخت درست‌تر واقعیت موجود منطقه عمل کرده است. یافته‌های این پژوهش با نتایج حاصل از تحقیقات شیرانی و همکاران (۱۰)، فاضل‌نیا و همکاران (۱۱) چی و همکاران (۱۳) که مدل دو متغیره ارزش اطلاعاتی را در پیش-بینی زمین لغزش بهتر از سایر مدل‌های چند متغیره معرفی کرده‌اند، همخوانی دارد. روستائی و احمدزاده (۸) در کنار دو عامل اصلی سنگ‌شناسی و توپوگرافی (شیب)، عامل ساخت و ساز انسانی به‌ویژه توسعه جاده‌سازی را به عنوان عوامل اصلی وقوع لغزش معرفی کرده‌اند که با نتایج این تحقیق تا حدود زیادی تطابق نشان می‌دهد. با توجه به کوهستانی بودن جاده مورد نظر و داشتن شرایط مساعد طبیعی و انسانی برای وقوع خطر زمین لغزش پیشنهاد می‌شود با توجه به مقایسه مدل‌های تجربی و آماری انجام گرفته، این مدل‌ها بایستی با سایر مدل‌های دیگر و متغیرهای متنوع محیطی دیگر اعتبارسنجی، بازنگری و سازگار شوند.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل طرح پژوهشی با کد ۳۰۸/ ۱/۲۷د است که اعتبارات آن از سوی معاونت پژوهشی دانشگاه پیام نور خرم‌آباد تأمین گردیده است. نویسندگان بدین وسیله از ارگان مربوطه قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، م.، م. حبیب‌اللهیان، ا. امیراحمدی، م. ع. زنگنه اسدی و ح. نژاد سلیمانی. ۱۳۹۴. بررسی اثر جاده‌سازی بر وقوع زمین‌لغزش‌های سطحی با استفاده از مدل پایداری دامنه‌ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلات). آمایش جغرافیائی فضا، ۵(۱۵): ۱۴۹-۱۶۲.

۲. احمدآبادی، ع. و م. رحمتی. ۱۳۹۴. کاربرد شاخص‌های کمی ژئومورفومتریک در شناسایی پهنه‌های مستعد زمین‌لغزش با استفاده از مدل SVM (مطالعه موردی: آزادراه خرم‌آباد – پل‌زال). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۴(۳): ۱۹۷-۲۱۳.

۳. افجه نصرآبادی، ح.، ش. شتائی جویباری، ن. رأفت‌نیا و م. شریعت جعفری. ۱۳۸۷. ارزیابی کارائی مدل‌های آماری ارزش اطلاعاتی و تراکم سطح در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش مناطق جنگلی (سری دو جنگل شصت کلاته گرگان). علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۶): ۳۴-۴۳.

۴. اکبری، ا.، ع. درویشی بلورانی و ن. نیسانی سامانی. ۱۳۹۶.

تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل تلفیقی فازی– فرآیند تحلیل شبکه‌ای. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیائی در منابع طبیعی، ۸(۳): ۷۳–۸۸.

۵. بهاروند، س. و س. سوری. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (مطالعهٔ موردی: حوزه سپیددشت، لرستان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیائی در منابع طبیعی، ۶(۴): ۱۵–۳۱.

۶. پورهاشمی، س.، ا. امیراحمدی و ا. اکبری. ۱۳۹۳. انتخاب مدل مناسب از بین روش‌های آماری دو متغیره جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در محیط GIS (مطالعه موردی: حوزه آبخیر بقیع). مطالعات جغرافیائی مناطق خشک، ۴(۱۵): ۷۱–۸۹.

۷. رسائی، آ.، خ. خسروی، م. حبیب‌نژاد روشن، ا. حیدری و آ. مشایخان. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با مدل رگرسیون چند متغیره در محیط GIS (مطالعه موردی: حوزه آق مشهد، استان مازندران). پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۶(۱۲): ۲۰۵–۲۱۵.

۸. روستائی، ش. و ح. احمدزاده. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی مناطق متأثّر از خطر زمین‌لغزش در جادّه‌ی تبریز ـ مرند با استفاده از سنجش از دور و GIS. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، (۱)۱: ۴۷–۵۸.

۹. شریعت جعفری، م. و ج. غیومیان. ۱۳۸۷. ارزیابی کارایی مدل آنالیز آماری دو متغیره در پهنه‌بندی خطر رانش زمین. علوم دانشگاه تهران، ۳۴(۴): ۱۳۷–۱۴۳.

۱۰. شیرانی، ک.، س. چاوشی و ج. غیومیان. ۱۳۸۵. بررسی و ارزیابی روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در پادنای علیای سمیرم. علوم پایه دانشگاه اصفهان، ۲۳(۱): ۲۳–۳۸.

۱۱. فاضل‌نیا، غ.، س. ی. حکیم دوست و م. یارمحمدی. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر مخاطرات طبیعی در مناطق روستائی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی با تأکید بر فاکتور زمین‌لغزش (مطالعه موردی: دهستان دوهزار شهرستان تنکابن). پژوهش و برنامه‌ریزی روستائی، ۴(۲): ۱۱–۲۱.

۱۲. معماریان، ح. و م. سیارپور. ۱۳۸۵. نقش پارامتر شیب دامنه در بروز خطا در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش. دانشکده فنی، ۴۰(۱): ۱۰۵–۱۱۳.

13. Che VB, Kervyn M, Suh C, Fontijn K, Ernst GG, del Marmol M-A, Trefois P, Jacobs P. 2012. Landslide susceptibility assessment in Limbe (SW Cameroon): a field calibrated seed cell and information value method. Catena, 92: 83-98.
14. Chen F, Yu B, Xu C, Li B. 2017. Landslide detection using probability regression, a case study of Wenchuan, northwest of Chengdu. Applied Geography, 89: 32-40.
15. Chung C-JF, Fabbri AG. 2003. Validation of spatial prediction models for landslide hazard mapping. Natural Hazards, 30(3): 451-472.
16. Ciurleo M, Calvello M, Cascini L. 2016. Susceptibility zoning of shallow landslides in fine grained soils by statistical methods. Catena, 139: 250-264.
17. Ciurleo M, Cascini L, Calvello M. 2017. A comparison of statistical and deterministic methods for shallow landslide susceptibility zoning in clayey soils. Engineering Geology, 223: 71-81.
18. Frattini P, Crosta G, Carrara A. 2010. Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility models. Engineering Geology, 111(1): 62-72.
19. Guzzetti F, Reichenbach P, Ardizzone F, Cardinali M, Galli M. 2006. Estimating the quality of landslide susceptibility models. Geomorphology, 81(1): 166-184.
20. Kanungo D, Arora M, Sarkar S, Gupta R. 2006. A comparative study of conventional, ANN black box, fuzzy and combined neural and fuzzy weighting procedures for landslide susceptibility zonation in Darjeeling Himalayas. Engineering Geology, 85(3): 347-366.
21. Nadim F, Kjekstad O, Peduzzi P, Herold C, Jaedicke C. 2006. Global landslide and avalanche hotspots. Landslides, 3(2): 159-173.
22. Peng L, Niu R, Huang B, Wu X, Zhao Y, Ye R. 2014. Landslide susceptibility mapping based on rough set theory and support vector machines: A case of the Three Gorges area, China. Geomorphology, 204: 287-301.
23. Pourghasemi HR, Mohammady M, Pradhan B. 2012. Landslide susceptibility mapping using index of entropy and conditional probability models in GIS: Safarood Basin, Iran. Catena, 97: 71-84.
24. Yalcin A. 2008. GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in

Ardesen (Turkey): comparisons of results and confirmations. Catena, 72(1): 1-12.

25. Zetter R. 2012. World Disasters Report 2012: Focus on Forced Migration and Displacement. Geneva (CHE): International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 300 pp.

26. Zhou C, Yin K, Cao Y, Ahmed B, Li Y, Catani F, Pourghasemi HR. 2017. Landslide susceptibility modeling applying machine learning methods: A case study from Longju in the Three Gorges Reservoir area, China. Computers & Geosciences, In Press, Accepted Manuscript. 26 November 2017. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.11.019.

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 8/ Issue 4) winter 2018
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

Landslide hazard zonation using geographic information System landslide (Case study: Robat-Siahpoush rural district, Lorestan province)

M. Rahmati [1], F. Zand [2*]

1. Ph.D. Graduated of Geomorphology, Tarbiat Modares University
2. Assis. Prof. Faculty of Social Sciences, Payame Noor University, Iran, Tehran

ARTICLE INFO

Article history:
Received 26 October 2017
Accepted 27 January 2018
Available online 20 February 2018

Keywords:
Road hazards
Landslide zoning
Information value model
Regression model
Robat- Siahpoush rural district

ABSTRACT

Reconstruction and development of the main road Robat-Siahpoush two rural district, has increased risk of mass movements in recent years. Due to the importance of the issue, inhibition and landslide hazard zoning is necessary as one of a variety of natural hazards in sustainable development. The objective of this study is to identify causes and amplifying factors of landslide and its hazard zoning using statistical and experimental models. Therefore, factors responsible for landslide occurrence, lithology, slope, aspect, soil type, land use, distance of the fault, drainage, and roads have been analyzed in ArcGIS software. The results of the correlation between variables with the landslide frequency showed that slope, drainage and lithology are the effective parameters of landslide, respectively. Furthermore the distance of road has introduced as a new amplification factor in the landslide occurrence. Comparing the matching rate of two variables information value and multivariate of regression models and their evaluation by CTA techniques, showed that the information value model in the very low, low, moderate, high and very high class of risk has allocated 30.06, 0.26, 19.11, 17.43 and 33.12% of the total area, respectively, and the allocated values of the multivariate regression model are 9.25, 12.54, 13.54, 53.06, and 11.57%.

* Corresponding author e-mail address: zandpnu2012@gmail.com