پاییز ۸۸، سال نوزدهم، شماره ۷۳، صفحه ۲۹ تا ۳۶

مدل‌سازی منطقه‌ای خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش آماری رگرسیون چند متغیره در حوزه آبخیز لاجیم رود ساری

پرویز گرایی[1*]، کریم سلیمانی[2]، سید رمضان موسوی [2] و عطاء الله کاویان[2]

[1] اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، ایلام، ایران.

[2] دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی، ساری، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۴/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۲/۳۱

چکیده

در حوزه‌های شمالی ایران ترکیب عوامل طبیعی و انسانی باعث تشدید پدیده زمین‌لغزش و خسارات زیاد ناشی از آن شده است. لزوم بررسی و تحقیق در خصوص این پدیده، عوامل مؤثر در وقوع آن و همچنین شناسایی مناطق حساس برای پیشگیری یا اجتناب از خسارات ناشی از آن به خوبی احساس می‌شود. در مراحل اولیه این تحقیق، پس از بررسی‌های میدانی، مرور مطالعات انجام شده در مناطق مشابه با حوزه لاجیم رود، استفاده از افراد بومی و تکمیل پرسشنامه‌ها، عوامل مؤثر اولیه در وقوع زمین لغزش‌های منطقه تشخیص داده شدند. سپس لایه‌های اطلاعاتی مربوط به این عوامل در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. به منظور کمی کردن عوامل و وزن‌دهی آنها از درصد سطح لغزش یافته در واحدهای مختلف استفاده شد و تجزیه و تحلیل آماری رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش گام به گام انجام گرفت که در نهایت مدلی با حذف عامل ارتفاع برای منطقه ارائه شد و عوامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب و فاصله از جاده به ترتیب بیشترین تأثیر را دارا بودند، و حوزه آبخیز لاجیم رود با استفاده از مدل به دست آمده از نظر خطر وقوع زمین لغزش پهنه‌بندی شد. در پایان برای ارزیابی درستی مدل و نقشه پهنه‌بندی، مدل به دست آمده را برای حوزه آبخیز مجاور (حوزه ورکی) که از بسیاری لحاظ مشابه حوزه لاجیم رود بود به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین سطح لغزش یافته در حوزه ورکی در پهنه بسیار پر خطر و خطرناک که با مدل به‌دست آمده از حوزه لاجیم رود پهنه‌بندی شده است اتفاق افتاده است. بنابراین درستی مدل پیشنهادی برای منطقه مورد مطالعه مورد تأیید است.

کلیدواژه‌ها: زمین‌لغزش، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، رگرسیون چند متغیره، مدل‌سازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، حوزه آبخیز لاجیم رود.

***نویسنده مسئول:** پرویز گرایی

۱- مقدمه

بلایای طبیعی، به عنوان بزرگ‌ترین دشمن طبیعی انسان، باعث کشته و مجروح شدن سالانه صدها هزار تن و بی‌خانمان شدن میلیون‌ها نفر در سراسر جهان می‌شود. از این رو، زمین‌لغزش به عنوان یکی از معضلات جهانی پیش‌روی انسان که همواره در سراسر جهان باعث تلفات سالانه هزاران نفر و وارد آمدن خسارات سنگین مالی و اقتصادی به مناطق مسکونی می‌شود، دارای اهمیت خاصی است. زمین‌لغزش در ایران به عنوان یک بلای طبیعی، سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به کشور وارد می‌سازد. بر اساس یک برآورد اولیه، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت‌های مالی از طریق زمین‌لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود و این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی غیرقابل بازگشت به حساب آورده نشوند (کمک‌پناه و همکاران، ۱۳۷۳). در عین حال سهم بسیار زیادی از این خسارات متوجه دامنه‌های شمالی البرز است. زیرا این مناطق به دلیل شرایط خاص طبیعی و همچنین دخالت برخی عوامل انسانی مانند تغییرات کاربری اراضی و ایجاد راه‌ها مستعد وقوع لغزش شده‌اند. روش‌های متعددی در زمینه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش وجود دارد، مانند روش‌های آن بالاگان(Anbalagan)، براب(Brabb)، نیلسن(Nilsen) و... که بیشتر آنها تجربی هستند و برای مناطقی با شرایط خاص ارائه شده‌اند. به تازگی، روش‌ها از حالت کیفی و تجربی خارج شده و به سمت روش‌های آماری وکمی راه یافته‌اند. در این روش‌ها بر اساس شواهد موجود در منطقه و پراکنش زمین‌لغزش‌ها، رابطه‌ای بین عوامل مؤثر و وقوع زمین‌لغزش‌ها پیدا شده و منطقه بر اساس رابطه به دست آمده، از نظر حساسیت به وقوع زمین‌لغزش پهنه‌بندی می‌شود. یکی از این روش‌ها، روش آماری رگرسیون چند متغیره است. در این روش، ارتباط متقابل بین عوامل مؤثر در نظر گرفته شده و میزان تأثیر هر یک از عوامل در وقوع زمین‌لغزش‌ها به طور کمی بیان می‌شود. در این زمینه می‌توان به تحقیقات صورت گرفته زیر اشاره نمود.

Carrara et al. (2003) با استفاده از رگرسیون چند متغیره دامنه‌های پایدار و ناپایدار را در ایتالیا پهنه‌بندی کرده‌اند. همچنین اظهار نموده‌اند که از این روش برای تعریف رده‌های حساسیت زمین‌لغزش در خاور پیرنه (pirenc) اسپانیا می‌توان استفاده کرد. Ayalew & Yamagishi (2005) با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه حساسیت به زمین‌لغزش را در کوه‌های کاکودا- یاهیکو (Kakuda-Yahiko) در مرکز ژاپن تهیه کردند و اظهار داشتند که شبکه‌های جاده نقش اساسی در تعیین و توزیع زمین‌لغزش‌ها ایفا می‌کنند و در میان پارامترهای زمین‌ریخت‌شناسی (ژئومرفولوژیکی) ، شیب نقش بیشتری در وقوع زمین‌لغزش‌ها در منطقه داشته است.

Komac et al. (2006) با استفاده از تجزیه آماری چند متغیره در مرکز اسلوونی نشان دادند که شیب، سنگ‌شناسی و نوع پوشش نقش مهمی را در حساسیت زمین‌لغزش ایفا می‌کنند. حسن‌زاده (۱۳۷۹) عمل پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با در نظر گرفتن عوامل سنگ‌شناسی، شیب دامنه، بارندگی و کاربری اراضی درحوزه آبخیز شلمانرود گیلان انجام داده و با به کارگیری روش رگرسیون چند متغیره و حذف عامل بارندگی پهنه‌بندی نهایی را انجام داده و در نهایت برای نتیجه‌گیری بهتر مدل نهایی را در روی حوزه آبخیز کیارود اعمال کرده و نتایج به دست آمده را قابل قبول ارزیابی کرده است. احمدی و همکاران (۱۳۸۱) حوزه آبخیز گرمی‌چای اردبیل را با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره پهنه‌بندی نموده‌اند و بیان شده است که در وقوع زمین‌لغزش‌های رخ داده کاربری اراضی، سنگ‌شناسی و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را در این منطقه داشته‌اند.

۲- ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز لاجیم رود در محدوده مختصاتی عرض جغرافیایی شمالی ″۲۲ ′۱۰ °۳۶ تا ″۱۵ ′۲۲ °۳۶ و طول جغرافیایی خاوری ″۱۴ ′۳ °۵۳ تا ″۴۵ ′۱۱ °۵۳ واقع شده

است (شکل۱). این حوزه از لحاظ تقسیمات کشوری مربوط به استان مازندران و شهرستان ساری و از زیر حوزه‌های حوزه آبخیز بزرگ تجن است. مساحت حوزه مطالعه شده ۱۴۱/۵۱۲ کیلومتر مربع است. از لحاظ پوشش گیاهی، بیشتر سطح حوزه توسط اراضی جنگلی پوشیده شده است. دمای متوسط سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر است. از نظر زمین‌شناسی، بیشتر سازندها به خاطر داشتن سنگ‌های مارنی و سیلتی، حساس به لغزش هستند.

۳- روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا با انجام عملیات صحرایی، اقدام به ثبت ویژگی‌های هر یک از زمین‌لغزش‌ها در پرسشنامه‌هایی که توسط دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها تهیه شده است شد. در نهایت ۳۲ زمین‌لغزش در منطقه ثبت شد. برای تعیین موقعیت هر یک از زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در منطقه، از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی Global position system (GPS) استفاده شد. پس از تهیه مختصات جغرافیایی زمین‌لغزش‌ها، این مختصات توسط نرم افزارهای DNR Garmin و Arc view رقومی و وارد سامانه اطلاعات جغرافیایی شد(شکل۲). در این شکل به دلیل این‌که مساحت لغزش‌ها کوچک بوده (جدول ۱) و بیشتر آنها در مجاورت همدیگر رخ داده بودند، سطح لغزش یافته را نمی‌توان در روی نقشه به پلی‌گونی نشان داد به همین دلیل در روی نقشه موقعیت آنها به صورت نقطه‌ای نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات به دست آمده و موجود در پرسشنامه‌ها و همچنین بررسی مطالعات گذشته و انجام شده در مناطق مشابه و استفاده از تجربیات افراد بومی منطقه، ۹ عامل شامل شیب دامنه، طبقات ارتفاعی، جهت دامنه، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارندگی، فاصله از جاده، فاصله از گسل و فاصله از شبکه آبراهه (هیدروگرافی) به عنوان عوامل مؤثر اولیه تشخیص داده شدند. بعد از تهیه لایه‌های عوامل مؤثر اولیه در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی این لایه‌ها رده‌بندی شدند. برای این منظور در مورد برخی از رده‌های عوامل مختلف مانند طبقات ارتفاعی، شیب، بارندگی و... از نمودار فراوانی تجمعی سلول‌ها (پیکسل‌ها) در مقابل ارزش هر سلول استفاده شده است که یک روش منطقی برای رده‌بندی کردن نقشه‌ها بوده و دخالت کارشناس در آن به حداقل می‌رسد و در واقع روشی است که با الگو گرفتن از وضعیت زمینی منطقه انجام می‌گیرد (کلارستاقی، ۱۳۸۱). روی این نمودار شکل۳ مناطقی که شیب منحنی تغییر پیدا کرده است را به عنوان مرز یک رده با رده دیگر در نظر می‌گیرند. نقشه شیب دامنه در شکل۴ آورده شده است.

بعد از تهیه نقشه سنگ‌شناسی، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها بر روی آن انداخته شد، مشاهده شد که در تمامی آنها زمین‌لغزش اتفاق نیافتاده است، بنابراین نقشه سنگ‌شناسی به ۳ رده کاهش داده شد. به طوری که سازندهایی که زمین‌لغزش در آنها خیلی کم رخ داده بود و یا فاقد زمین‌لغزش بودند، در یک رده قرار گرفتند و سازندهایی که زمین‌لغزش در آنها اتفاق افتاده بود هر کدام به صورت یک واحد جداگانه قرار گرفتند. Ayalew & Yamagishi (2005) در حوزه کاکودا در ژاپن، احمدی و همکاران(۱۳۸۲) در حوزه گرمی‌چای اردبیل و حسن‌زاده نفوتی (۱۳۷۹) در حوزه شلمانرود گیلان برای نقشه زمین‌شناسی چنین عملی را انجام دادند، لازم به ذکر است این عمل به این دلیل صورت گرفت چون که برای انجام رگرسیون چند متغیره و به دست آوردن مدل نیاز به واحدهای همگن است و رده‌هایی از نقشه زمین‌شناسی که لغزش در آنها صورت نگرفته بود وجود و تعداد آنها تأثیر به حال مدل به دست آمده نداشت و به همین دلیل همگی رده‌هایی که لغزش در آنها صورت نگرفته در یک رده قرار گرفتند تا تعداد واحدهای همگن زیاد نشود و همچنین محاسبات آماری نیز ساده‌تر صورت گیرد و در نهایت این نقشه خلاصه شده برای تلفیق با دیگر نقشه‌ها استفاده شد (شکل ۵). در نهایت پنج عامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فاصله از رودخانه، ارتفاع از سطح دریا و شیب به عنوان عوامل مؤثر برای انجام پهنه‌بندی انتخاب شدند (جدول ۲ رده‌های هر کدام از عوامل را نشان می‌دهد). سپس نقشه‌های مربوط به این پنج عامل روی هم انداخته شده و واحدهای همگن به دست آمد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری و وزن‌دهی به رده‌های مختلف هر کدام از متغیرها و ایجاد رگرسیون چند متغیره بین عوامل، لازم است که عوامل در نظر گرفته شده را کمّی نمود تا قابل مقایسه با همدیگر باشند. چرا که عوامل کیفی را نمی‌توان با هم مقایسه کرده و برتری هر کدام از آنها را نسبت به یکدیگر ارزیابی کرد. کمی کردن عوامل و وزن‌دهی رده‌های مختلف با توجه به درصد سطح لغزش یافته در واحدهای همگنی صورت می‌گیرد که از نظر تمامی عوامل در نظر گرفته شده مشابه بوده و تنها به واسطه تغییر رده‌های یکی از عوامل متفاوت هستند. به این منظور ابتدا نقشه واحدهای همگن و نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها را روی هم انداخته و مساحت زمین‌لغزش‌های موجود در هر واحد همگن به دست آمد. نسبت این مساحت به مساحت واحد همگن به عنوان Y در نظر گرفته می‌شود که در واقع بیانگر درصد سطح لغزیده شده در هر واحد همگن است که در اینجا Y تابعی از هر کدام از عوامل مؤثر خواهد بود. به عنوان مثال در مورد عامل شیب، واحدهای همگنی را که از نظر سه عامل سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، ارتفاع از سطح دریا و فاصله از جاده مشابه بوده و تنها به واسطه رده‌های مختلف عامل شیب از هم مجزا شده‌اند، در نظر گرفته و مقدار Y در آنها مقایسه می‌شود، حاصل آن جدولی خواهد بود با سه ستون رده شیب و ردیف‌هایی که واحدهای همگن با تغییر به واسطه رده‌های مختلف شیب از هم مجزا شده‌اند. برای کدگذاری (وزن‌دهی) به رده‌های مختلف هر یک از عوامل، رابطه رگرسیونی بین ستون‌هایی که بیشترین همبستگی را با هم دارند، در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال برای عامل شیب که دارای سه رده است، رابطه رگرسیونی خطی بین تمامی رده‌های آن با همدیگر در نظر گرفته شده و معادلات با بالاترین همبستگی به صورت زیر به دست آمد (معادلات ۱و۲).

رابطه بین رده ۳ (بیشتر از ۳۰ درصد) و رده۲ (٪۳۰-۱۵) شیب

$$Y = 0.4353x + 0.1622 \quad \text{(معادله ۱)}$$

$$r = 0.722$$

که در آن Y وزن رده ۲ شیب و X وزن رده ۳ شیب

رابطه بین رده ۳ (بیشتر از ۳۰ درصد) و رده۱(٪۱۵-۰) شیب

$$Y = 0.2944x + 0.0363 \quad \text{(معادله ۲)}$$

$$r = 0.82$$

Y وزن رده ۱ شیب و x وزن رده ۳ شیب

با اختصاص کد ۱۰ برای رده (۳) که بیشترین میانگین درصد سطح لغزش یافته را داشته است، مقادیر۳ برای رده (۱) و ۴/۵ برای رده (۲) به دست آمده است که بیانگر مقدار ارزش هر کدام از رده‌ها در وقوع زمین‌لغزش‌ها است. پس از دستیابی به کد مربوط به رده‌های هر یک از عوامل، این اطلاعات برای واحدهای همگن به صورت ۷۹ تکرار و پنج تیمار زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، فاصله از جاده و ارتفاع از سطح دریا به محیط نرم افزار spss منتقل شد. همچنین برای رگرسیون چند متغیره از روش گام به گام استفاده شد.

۴- نتایج

آنچه از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها و تحقیقات صورت گرفته از افراد بومی منطقه به دست آمد، در مرحله مقدماتی از میان ۹ عامل مورد تحقیق سه عامل جهت دامنه، فاصله

از شبکه آبراهه و گسل به خاطر نتایجی که ارائه کرده‌اند، از میان عوامل اصلی حذف شدند. در مورد عامل جهت شیب بیشتر زمین‌لغزش‌ها در جهت جنوبی اتفاق افتاده‌اند با توجه به این که بایستی از نظر طبیعی وقوع زمین‌لغزش در جهت شمال بیشتر باشد، با مراجعه به محتویات پرسشنامه‌ها که برای هر زمین‌لغزش تهیه شده است، معلوم شد که در مورد عامل جهت شرایط غیر طبیعی تحت تأثیر عوامل انسانی مانند تغییر کاربری زمین و ایجاد راه‌ها بوده است. لذا با توجه به این که هر کدام از این عوامل به صورت جداگانه در نظر گرفته شده‌اند، به این منظور از عامل جهت شیب در مرحله پهنه‌بندی چشم پوشی شد. کلارستاقی (۱۳۸۱) در تحقیقی که در حوزه شیرین رود ساری انجام داد، به نتایج مشابهی در مورد عامل جهت دست یافت. همچنین با توجه به شکل‌های (۶ الی ۸) در مورد عامل فاصله از شبکه آبراهه و فاصله از گسل روند نزولی درصد سطح لغزیده شده با فاصله گرفتن از آنها رعایت نشده است و این در حالی بود که در مورد عامل فاصله از جاده این روند رعایت شده است. لذا عامل گسل و فاصله از شبکه آبراهه از مرحله پهنه‌بندی حذف شدند. در مورد عامل بارش نیز به دلیل یکنواختی آن در سطح حوزه حذف شد زیرا رقابت برای وقوع زمین‌لغزش بر سر یک عامل یکسان نمی‌تواند انجام بگیرد. حسن‌زاده نفوتی (۱۳۷۹) در تحقیق خود در حوزه شلمانرود گیلان و احمدی و همکاران(۱۳۸۲) در حوزه گرمی‌چای اردبیل نیز از عامل بارندگی صرف‌نظر نموده‌اند. در نهایت همان طور که پیش‌تر ارائه شد، ۵ عامل زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، فاصله از جاده و ارتفاع از سطح دریا به عنوان عوامل مؤثر برای انجام رگرسیون چند متغیره تشخیص داده شدند.

پس از دستیابی به کدهای مربوط به رده‌های هر یک از این عوامل، این اطلاعات برای واحدهای همگن به صورت ۷۳ تکرار و ۵ تیمار زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب، فاصله از جاده و ارتفاع از سطح دریا به محیط نرم افزار spss منتقل شدند. در انتخاب روش رگرسیون چند متغیره روش گام به گام با درصد اطمینان بیش از ۹۵ درصد برای هر یک از عوامل انتخاب شد. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل رگرسیون چند متغیره، برای عامل ارتفاع ضریب معنی‌داری کمتر از ۹۰ درصد (حدود ۷۵ درصد) به دست آمد که نشان دهنده آن است که از نظر آماری رابطه قوی با درصد سطح لغزش یافته در واحدهای همگن نداشته است و از معادله نهایی حذف شد ولی عوامل سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، شیب دامنه و فاصله از جاده در سطح اعتماد بین ۹۵ تا ۱۰۰ درصد معنی‌دار بوده و مقدار R معادله نهایی ۰/۷۷ درصد به دست آمد. مدلی که با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری به دست آمد، به صورت معادله(۳) است.

معادله (۳) $Y = 15x_1 + 0.127x_2 + 0.092x_3 + 0.062x_4 - 1.255$

که در آن: Y= عامل حساسیت، x_1= عامل سنگ‌شناسی، x_2= عامل کاربری اراضی، x_3= عامل شیب دامنه و x_4= عامل فاصله از جاده هستند. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی، در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی معادله فوق در کلیه لایه‌های عوامل مؤثر اعمال شد سپس فایل متنی نقشه حاصله برای رده‌بندی به محیط نرم‌افزار Excel منتقل و نمودار آن رسم شد(شکل ۹). سپس بر اساس نمودار به دست آمده نقشه به دست آمده رده بندی و ۵ رده حساسیت به شرح زیر در آن تفکیک و نقشه پهنه‌بندی تهیه شد (شکل ۱۰).

$Y < -0/002$	مناطق غیر حساس
$-0/002 < Y < 0/38$	مناطق با حساسیت کم
$0/38 < Y < 0/762$	مناطق با حساسیت متوسط
$0/762 < Y < 1/526$	مناطق با حساسیت زیاد
$1/526 < Y < 3/06$	مناطق با حساسیت خیلی زیاد

۵- ارزیابی درستی نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش

برای این کار از حوزه آبخیز ورکی در محدوده مختصاتی عرض جغرافیایی شمالی "۴۸ ′۱۳ ۳۶۰ تا " ۳۶ ′۱۸ ۳۶۰ و طول جغرافیایی خاوری "۱۲ ′۷ ۵۳۰ تا "۲۴ ′۱۱ ۵۳۰ در خاور حوزه لاجیم رود با مساحت ۳۰ کیلومتر مربع که از نظر ویژگی‌های آب و هوایی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و ... مشابه حوزه مورد مطالعه است، به عنوان منطقه آزمایش مدل استفاده شد. به این صورت که ابتدا نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های حوزه ورکی با انجام بازدیدهای صحرایی تهیه و رقومی شد. سپس نقشه عوامل مؤثر نهایی که برای حوزه لاجیم رود تهیه شده بود، به همان روش برای حوزه ورکی نیز تهیه شد. سپس مدل به دست آمده از حوزه لاجیم رود بر روی نقشه‌های حوزه ورکی اعمال شد و رده‌های حساسیت مشابه حوزه لاجیم رود تعریف شد و نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه ورکی به دست آمد. در پایان نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها و نقشه پهنه‌بندی حوزه ورکی روی هم انداخته شدند (شکل ۱۱) و سطح لغزش یافته در هر یک از رده‌های حساسیت محاسبه شد (جدول ۳). چنانچه از جدول۳ برمی‌آید، بیشترین سطح لغزش یافته، در مناطق با خطر زیاد و خطرناک که توسط مدل مشخص شده، اتفاق افتاده است. بنابراین درستی نقشه به دست آمده مورد تأیید است و از آنجا که این مدل از حوزه لاجیم رود به دست آمده و برای پهنه‌بندی زمین‌لغزش هر دو حوزه از این مدل استفاده شده، می‌توان نتیجه گرفت که نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه لاجیم رود درستی بالایی داراست.

۶- نتیجه‌گیری

مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه لاجیم رود و حوزه مورد آزمایش یعنی حوزه آبخیز ورکی و نقشه زمین‌لغزش‌های رخ داده در دو حوزه نشان داد که درستی مدل مورد تأیید است. به عبارت دیگر تطبیق نقشه‌های پهنه‌بندی دو حوزه و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های رخ داده در آنها تأییدی بود بر عبارت گذشته کلید حال و آینده است. آنچه که از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها و تحقیقات صورت گرفته از افراد بومی منطقه به دست آمد، در مرحله مقدماتی از میان ۹ عامل مورد تحقیق ۳ عامل جهت دامنه، فاصله از شبکه آبراهه و گسل به خاطر نتایجی که ارائه کرده‌اند از میان عوامل اصلی حذف شدند.

در مورد حوزه لاجیم رود بیشتر زمین‌لغزش‌ها در جهت جنوبی رخ داده اند، با توجه به این که از نظر طبیعی باید وقوع لغزش در جهت شمال بیشتر باشد. با مراجعه به محتویات پرسشنامه‌ها مشخص شد که شرایط غیر طبیعی در مورد عامل جهت، تحت تأثیر عوامل انسانی نظیر تغییر کاربری زمین‌ها از جنگل به باغ‌ها و اراضی کشاورزی و ایجاد راه‌های غیر اصولی که در سال‌های اخیر به شدت در شمال کشور انجام شده، بوده است. نتایج به دست آمده در مورد عامل جهت با تحقیقات کلارستاقی(۱۳۸۱) در حوزه شیرین رود ساری و حسن‌زاده نفوتی (۱۳۷۹) در حوزه شلمانرود گیلان مطابقت دارد. در مورد شبکه آبراهه و گسل با توجه به روند نزولی تعداد زمین‌لغزش در واحد سطح با فاصله گرفتن از این عوارض رعایت نشده است، لذا عوامل فاصله از شبکه آبراهه و گسل در مرحله اولیه حذف شدند. کلارستاقی (۱۳۸۱) در تحقیقی که در حوزه شیرین رود ساری انجام داد، به نتایج مشابهی در مورد عامل شبکه آبراهه دست یافت. از عامل بارش به دلیل کم و بیش یکنواختی آن، در سطح حوزه چشم‌پوشی شد. چون که رقابت برای ایجاد زمین‌لغزش بر سر یک عامل که در کل حوزه یکسان است، نمی‌تواند انجام بگیرد. Ayalew & Yamagishi (2005)، درحوزه آبخیز کاکودا یاهیکو در ژاپن عمل پهنه‌بندی را به روش رگرسیون لجستیک انجام دادند و از عامل بارندگی به خاطر کم و بیش یکنواختی آن در سطح حوزه، چشم‌پوششی نمودند. حسن‌زاده (۱۳۷۹) عمل پهنه‌بندی را با حذف عامل بارش در حوزه شلمانرود گیلان انجام دادند. احمدی و همکاران (۱۳۸۲)، عمل پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را با استفاده از رگرسیون چند متغیره برای حوزه آبخیز گرمی‌چای اردبیل انجام

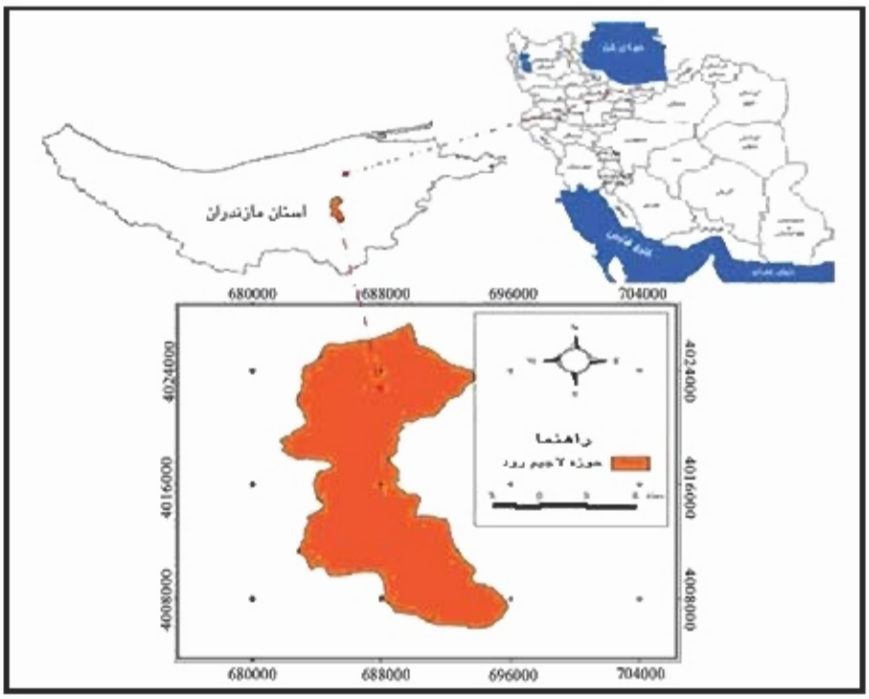
دادند و عنوان نمودند که عامل بارش به دلیل ضریب معنی‌داری کمتر از ۹۰ درصد حذف شد. با توجه به مدل ارائه شده، عامل زمین‌شناسی مهم‌ترین عامل در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه بوده است. تراکم بسیار بالای زمین‌لغزش‌ها در سازندهای میوسن، حجم بسیار پایین آنها در دیگر سازندها، شاهدی بر این امر است. Komac (2006)، حائری و سمیعی (۱۳۷۶)، حسن‌زاده (۱۳۷۹) و احمدی و همکاران (۱۳۸۲) هر کدام در تحقیق‌های جداگانه‌ای که انجام دادند عامل زمین‌شناسی را از عمده‌ترین عوامل در وقوع زمین‌لغزش دانسته‌اند.

با توجه به مدل، دومین عامل مهم در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه که به تازگی باعث وقوع زمین‌لغزش‌های زیادی در شمال کشور شده است، عامل تغییر کاربری زمین است. در مورد این عامل با توجه به نتایجی که از مدل به دست آمده است، می‌توان به این نکته اشاره نمود که در مناطقی که جنگل تخریب شده و تبدیل به باغ و اراضی کشاورزی و جاده شده است، زمین‌لغزش‌های زیادی اتفاق افتاده است که خود بیانگر نقش تغییر در کاربری زمین در وقوع زمین‌لغزش‌ها است. نتیجه این تحقیق در مورد عامل کاربری با تحقیق‌های Aynalew & Yamagishi (2005) در حوزه یاهیکو در ژاپن، احمدی و همکاران (۱۳۸۲) در حوزه گرمی‌چای اردبیل، کلارستاقی (۱۳۸۱) در حوزه شیرین رود ساری و احمدی (۱۳۸۴) در حوزه آبخیز طالقان تطابق دارد. سومین عامل مهم با توجه به وزن‌های به دست آمده از معادله (۳) در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه، شیب است. یک واحد سنگ‌شناسی هر چند حساس، اگر در یک شیب خیلی کم قرار داشته باشد، زمینه وقوع لغزش را ندارد، مانند واحدهای کواترنر که اگر چه از رسوبات مساعد برای حرکت تشکیل شده‌اند ولی به دلیل این که به طور عمده در شیب‌های خیلی کم قرار گرفته‌اند، زمین‌لغزش در آنها مشاهده نمی‌شود. Komac (2006) در حوزه‌ای در مرکز اسلوونی، صفوی (۱۹۹۷) در حوزه دماوند، حائری و سمیعی (۱۳۷۶) در استان مازندران، در مطالعات جداگانه‌ای عنوان نموده اند که عامل شیب یکی از دلایل اصلی زمین لغزش‌ها بوده است. چهارمین عامل که باز هم در حوزه‌های شمال کشور عامل بسیار مهمی در وقوع حرکت‌های توده‌ای بوده است، جاده سازی غیر اصولی است. در منطقه مورد مطالعه تراکم بسیار بالایی از زمین‌لغزش‌ها در فاصله بین ۲۰۰-۰ متر از جاده رخ داده است. احداث جاده باعث از بین رفتن تکیه‌گاه در شیب‌های تند شده و در صورت مساعد بودن توده از نظر جنس سازند، وقوع زمین‌لغزش قطعی خواهد بود. این نتایج با تحقیقات کلارستاقی (۱۳۸۱) در حوزه شیرین رود ساری، حسن زاده (۱۳۷۹) در حوزه شلمانرود گیلان، احمدی و همکاران (۱۳۸۲) در حوزه گرمی‌چای اردبیل در تطابق است. در مورد عامل ارتفاع از سطح دریا به دلیل همبستگی کم از معادله توسط نرم افزار SPSS حذف شد، که این موضوع باز هم به دخالت‌های غیر اصولی انسان مربوط می‌شود. چون که در ارتفاعات پایین‌تر به دلیل شیب کمتر و مساعد بودن شرایط آب و هوایی، امکان کشت و زرع و احداث منازل مسکونی و تخریب جنگل به راحتی برای روستاییان امکان‌پذیر است. تمرکز بیشتر زمین‌لغزش‌ها، روستاها و اراضی کشاورزی در ارتفاع ۳۰۰ تا ۵۵۰ متری از سطح دریا در منطقه مورد مطالعه تأییدی بر این بیان است.

در پایان، لازم است در محدوده‌هایی از حوزه آبخیز که دارای خطر زمین‌لغزش هستند، در همه کارهای عمرانی درون حوزه با توجه به نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌ها، اعمال مدیریت شود. با توجه به این که یکی از عوامل مهم در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه، احداث غیر اصولی جاده‌ها بوده است، پیشنهاد می‌شود برای پیشگیری از اثرات مخرب این کار، از مهندسان متابع طبیعی در هنگام مسیریابی و احداث جاده‌های جنگلی استفاده شود. بایستی از قطع و تخریب درختان جنگلی بر روی زمین‌های مستعد حرکت جلوگیری نمود و چنانچه روند تصاعدی جنگل تراشی و تغییر در کاربری زمین‌ها متوقف نشود، درآینده شاهد وجود زمین‌لغزش‌های زیادی در این مناطق و حتی در مناطقی که دارای رده کم‌خطر و متوسط هستند، خواهیم بود.

سپاسگزاری

از مدیریت آبخیزداری استان مازندران بویژه مهندس هاشم‌زاده کارشناس حرکت‌های توده‌ای به خاطر راهنمایی‌ها و در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات تقدیر و تشکر می‌شود.



شکل ۱- موقعیت حوزه لاجیم رود در ایران و استان مازندران

جدول ۱- نام و مساحت لغزش‌های رخ داده در حوزه آبخیز لاجیم رود

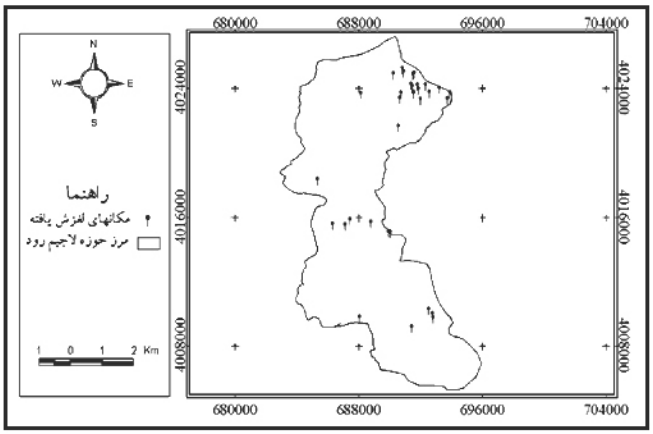
ردیف	نام لغزش	مساحت لغزیده شده (هکتار)
۱	پی ته ۲۰۰ متری شمال مرز رودبار	۰/۹۸
۲	چولاسر-۲/۵ کیلومتری خاور قارن سرا	۰/۹۲
۳	پایین پور-روستای آق مشهد	۲/۸
۴	۱۰۰۰متری شمال باختر روستای واستان-شماره ۱۴	۱/۲
۵	لغزش شماره ۵ واستان	۰/۳۲
۶	لغزش شماره ۶ واستان	۲/۷
۷	اول سه راهی واستان در جهت شمال	۱/۹۵
۸	جاده سنگ بن-۶ کیلومتری ۲ راهی لاجیم	۰/۸۶
۹	لغزش شماره ۱۲ واستان	۲/۳
۱۰	لغزش شماره ۸ واستان	۰/۶۸
۱۱	۳/۷ کیلومتری شمال تلمبه خانه مرزبان	۰/۱۹
۱۲	لغزش شماره ۱۳ واستان	۱/۱
۱۳	لغزش شماره ۱۵ واستان	۰/۳۲
۱۴	لغزش شماره ۱۱ واستان	۰/۴۲
۱۵	لغزش شماره ۱۰ واستان	۰/۹
۱۶	لغزش شماره ۹ واستان	۰/۶
۱۷	۳ کیلومتری شمال تلمبه خانه مرزبان	۰/۶۷۶
۱۸	۲ کیلومتری خاور روستای قارن سرا	۰/۷۲
۱۹	۲۰۰ متری باختر تلمبه خانه مرزبان	۱/۱۸
۲۰	لغزش شماره ۷ واستان-شمال باختر روستا	۰/۶۴
۲۱	لغزش شماره ۴ واستان-۶۵۰ متری خاور روستا	۲/۷۴
۲۲	۱ کیلومتری جنوب روستای قارن سرا	۰/۸۲
۲۳	۲ کیلومتری جنوب باختر قارن سرا	۰/۹۳
۲۴	۳۰۰ متری شمال روستای لاجیم	۰/۸۷
۲۵	۱۲۰۰ متری شمال باختر روستای لاجیم	۰/۹۵
۲۶	۱۰۰۰ متری خاور روستای واستان- شماره ۳	۱/۸
۲۷	۱۳۰۰ متری خاور روستای واستان-شماره۲	۱/۵
۲۸	۲ کیلومتری جنوب خاور روستای واستان-شماره ۱	۰/۹۲
۲۹	۳/۲ کیلومتری خاور روستای قارن سرا	۰/۹۲
۳۰	۶۰۰ متری شمال روستای لاجیم	۲/۸۶
۳۱	۲/۵ کیلومتری خاور روستای قارن سرا	۰/۸۲
۳۲	قهوه خانه واستان	۱/۱۸

جدول۲- رده‌های لایه‌های مختلف

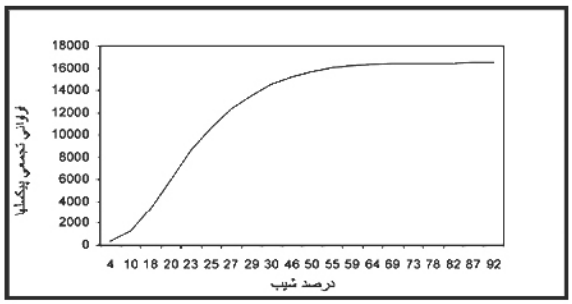
کد رده / عامل	۱	۲	۳
شیب دامنه	۰-۱۵%	۱۵-۳۰%	۳۰%<
کاربری اراضی	جنگل	باغ واراضی تخریب شده	اراضی کشاورزی
سنگ شناسی	*M, m, s, l*	*pigc, s*	Other
ارتفاع از سطح دریا به متر	۴۴۸-۵۰۰	۵۰۰-۹۰۰	۹۰۰<
فاصله از جاده	۰-۲۵۰	۲۵۰<	

جدول ۳- تعداد زمین‌لغزش‌های رخ داده در رده‌های خطر در حوزه ورکی

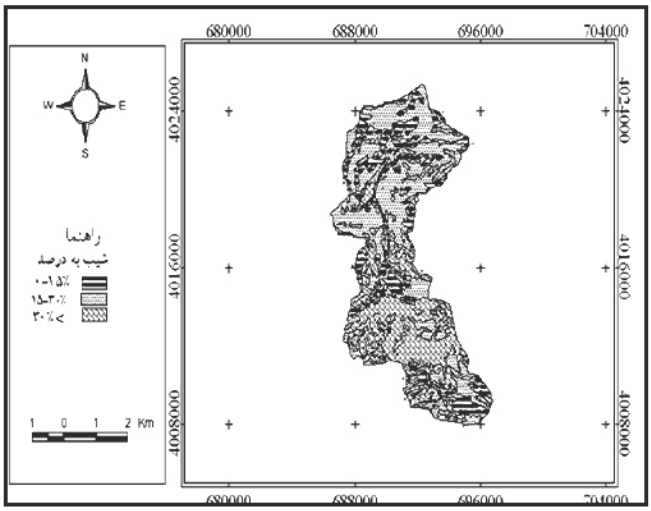
رده خطر در حوزه ورکی	تعداد زمین لغزش رخ داده	مساحت لغزش یافته (هکتار)
خیلی پر خطر	۷	۹/۱
پر خطر	۴	۵/۲
خطر متوسط	۱	۱/۴
کم خطر	۰	۰
خیلی کم خطر	۰	۰



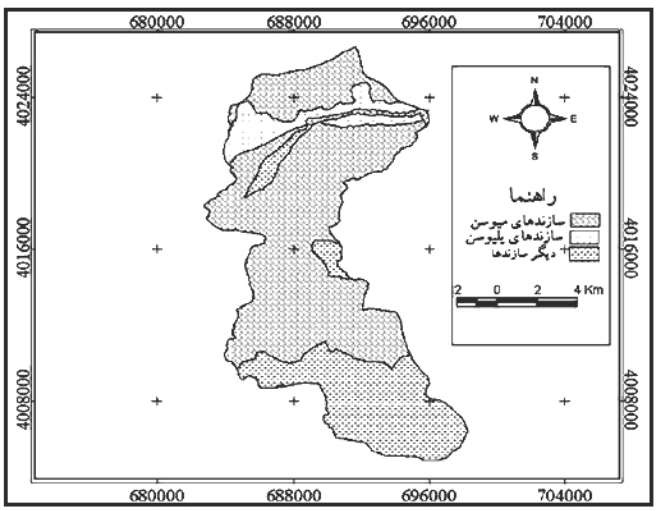
شکل ۲- نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها



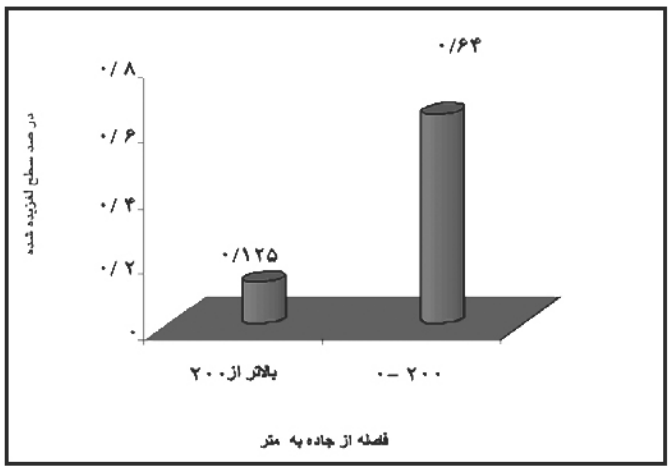
شکل۳- فراوانی پیکسل‌ها در برابرمقدار شیب



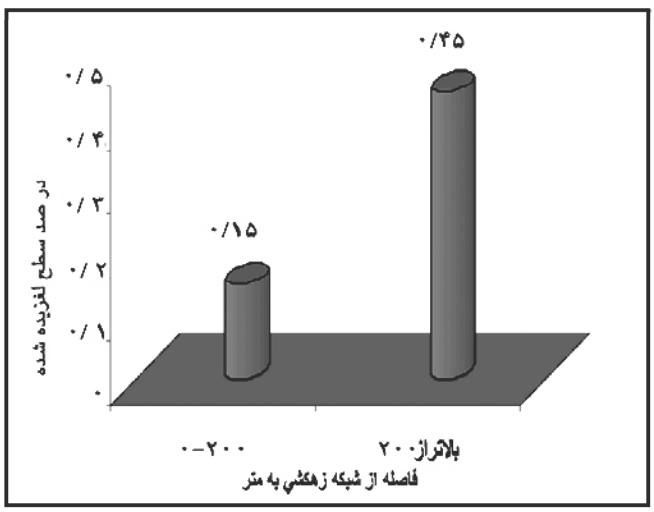
شکل ۴- نقشه شیب حوزه آبخیز لاجیم رود



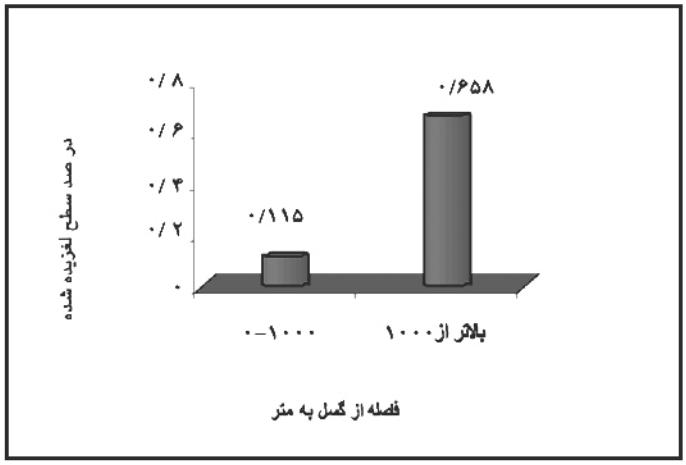
شکل ۵ - نقشه زمین‌شناسی حوزه لاجیم رود



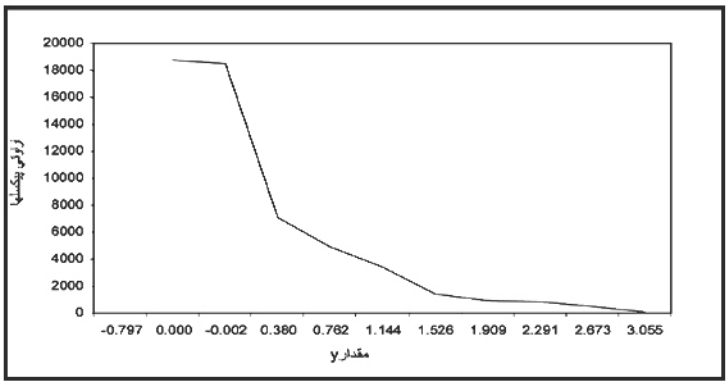
شکل ۶- تأثیر فاصله از جاده در وقوع زمین لغزش



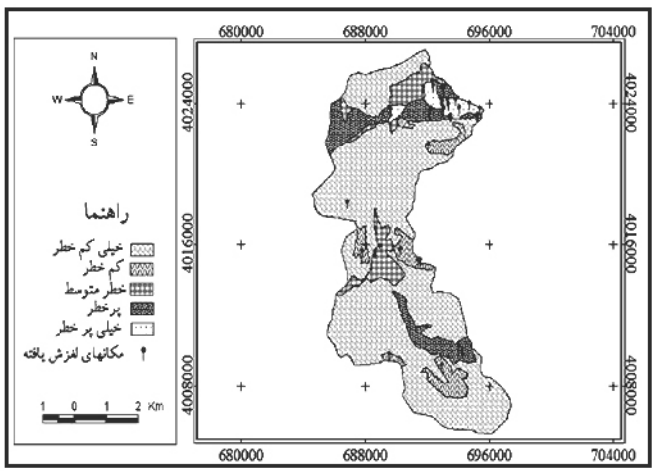
شکل ۷- تأثیر فاصله از شبکه زهکشی در وقوع زمین‌لغزش



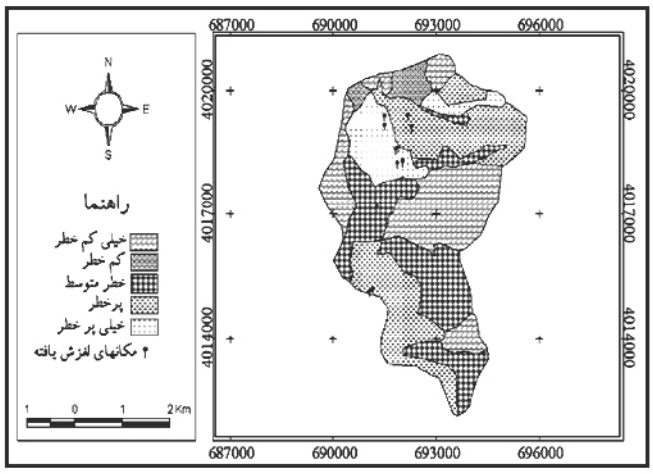
شکل ۸- تأثیر فاصله از گسل در وقوع زمین لغزش



شکل ۹- فراوانی پیکسل‌های نقشه پهنه‌بندی در برابر مقدار Y



شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوزه آبخیز لاجیم رود



شکل ۱۱- نقشه ارزیابی مدل با استفاده از حوزه مجاور (حوزه ورکی) با مدل به دست آمده از حوزه مورد مطالعه(حوزه لاجیم رود)

کتابنگاری

احمدی، ح.، اسمعیلی عوری، ا.، فیض‌نیا، س و شریعت جعفری، م.، ۱۳۸۲- پهنه‌بندی خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره (MR) و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها(AHP) مطالعه موردی حوزه آبخیز گرمی‌چای اردبیل. مجله منابع طبیعی ایران. جلد۵۶. شماره۴. صفحات۳۲۳-۳۳۵.

احمدی، ح.، محمدخان، ش.، فیض نیا، س.، قدوسی، ج.، ۱۳۸۴- ساخت مدل منطقه‌ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی‌های کیفی و سلسله مراتبی سیستم‌ها (AHP). مطالعه موردی حوزه آبخیز طالقان مجله منابع طبیعی ایران جلد۵۸. شمار۱ .۳-۱۴ص ص.

حائری، م.، وسمیعی، ا.، ۱۳۷۶- روش جدید پهنه‌بندی مناطق شیبدار در برابر خطر زمین‌لغزش با تکیه بر بررسی‌های پهنه‌بندی استان مازندران. فصلنامه علمی‌پژوهشی علوم زمین. سال ششم. شماره ۲۳. صفحات ۲-۱۶.

حسن زاده نفوتی، م.، ۱۳۷۹- پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش درحوزه آبخیز شلمانرود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۳۸ص.

کلارستاقی، ع.، ۱۳۸۱- بررسی عوامل موثر بر وقوع‌زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه آبخیز شیرین رود ساری. پایان‌نامه کارشناسی ارشدآبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.۱۴۱ص.

کمک پناه، ع.، منتظر القائم، س . و چدنی، ا.، ۱۳۷۳- زمین‌لغزه و مروری بر زمین‌لغزه‌های ایران (جلد اول) پژوهشگاه بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، ۶۵ صفحه.

References

Ayalew, L. and Yamagishi, H., 2005 -The application of GIS–based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. Geomorphology 65:15-31 pp.

Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R. and Guzzeti, F., 2003 - GIS Techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. The Journal of Earth surface processes and landforms.Vol16: 427-445 pp.

Guzzetti, F., Carrara, A., 1999 - landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a Multi-Scale, Central Italy. The Journal of Geomorphology Vol 31:118-123pp.

Komac, M., 2006- A Landslide suscepility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. Geomorphology,Vol 74:17-28 pp.

Safavi, S., M., 1997 - Landslide hazard zonation in Damavand region. MSc Thesis. ITC Netherlands.

Effects of Caspian (Khazar) Fault Activity on Geomorphology of Qaemshahr area

A. Lashkari[1], M. R. Ghassemi[2*] & M. Qorashi [2]

[1]North Tehran Branch, Azad University, Tehran, Iran

[2]Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

Received: 2007 November 28 Accepted: 2008 March 10

Abstract

The Caspian (Khazar) fault is the boundary between the Caspian plain and Alborz Mountain. As a major tectonic feature, this fault may be considered as the northern mountain front fault of the Alborz Range. Subsidence of the Caspian Sea in north, uplift of the Alborz Mountain, and its over thrusting on southern part of South Caspian basin has occurred along the Caspian fault. In this paper, a segment at the fault which is located between longitudes 52° 30′ and 53° 00′ - in the northern part of geological map of Qaemshahr - is considered as a segment that does not outcrop. This paper introduces the general structural and morphotectonic characteristics of this zone and describes the characteristics of the active anticlines (growing folds) and morphotectonic effects in this zone such as effects on rivers.

Keywords: Caspian fault, Qaemshahr, Geomorphology, Fold growth

For Persian Version see pages 17 to 28

*Corresponding author: M. R. Ghassemi; E_mail: m.r.ghassemi@gsi-iran.org

Regional Modeling of Iandslide Hazard, Using Multivariate Statistic Method in Lajemrood- Sari Basin

P. Garaei[1*], K. Soleimani[2], S.R. Mousavi[2] & A. Kavian[2]

[1] Natural Resources and Watershed Management Office, Ilam, Iran

[2] Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, College of Natural Resources, Sari, Iran

Received: 2007 July 10 Accepted: 2008 May 20

Abstract

In basins of the northern part of Iran, combination of natural and human factors has intensified landslide and related numerous damages. The investigation importance of this phenomena and effective factors of landslide occurrence and also determining susceptible zones it order to preventing and avoiding its effects is required. At the beginning, of this research after field investigation, review of previous works in similar Lajemrood basin and using questionnaire, were recognized primary effective factors on landslide occurrence. Thin preparing effective factors maps in Geographic Information System. In order to quantifying the factors and weighting them, landslides percentage in different units was determined. For statistical analysis of multiple regressions the stepwise method was used which concluded with ignoring the elevation factor as regional model. Finally, geology, land use, slopes and distance from the road has the most effects on landslides. For evaluation of the accuracy of this model, neighboring basing (Varakee basin) with similar characteristics was chosen. The results have indicated that the most recorded area landslides in Varaki basin occurred in high and high hazard zonation. Thus, it can be concluded that presented model can be used for the study area.

Key words: Landslide, Landslide Hazard Zonation, Multiple Regression, Modeling, GIS, Lajemrood Basin.

For Persian Version see pages 29 to 36

*Corresponding author: P. Garaei; E- mail: parviz_graee@yahoo.com