

مطالعه آماری عوامل و پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده‌ای حوضه زهکشی چناران

تیمور جعفری^(۱)، ابراهیم مقیمی^۲، سید کاظم علوی پناه^۲

۱. استادیار مرکز پژوهشی جغرافیایی، دانشگاه تربیت معلم، سبزواری

۲. دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران

تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۱۳

چکیده

حوضه آبخیز چناران در استان خراسان شمالی، در دامنه‌های شمالی رشته کوه آلاداغ و ۱۱ کیلومتری شرق بجنورد واقع شده و از زیر حوضه‌های رودخانه اترک می‌باشد. از مشکلات عمده این حوضه وقوع زمین لغزش‌های متعدد و نسبتاً بزرگ می‌باشد که خسارات زیادی به بار آورده است. برای شناسایی حرکات توده‌ای آنچه بیش از همه لازم می‌نماید، شناخت کامل عوامل و فرایندهایی است که روی دامنه‌ها اثر مداوم گذاشته و آنها را ناپایدار می‌سازند. بنا به ضرورت، متغیرهای زمین‌شناسی، هیدرولوژی، توپوگرافی و پوشش - کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق با استفاده از مدل «روش شاخص زمین لغزش»^(۱)، ابتدا وزن هر یک از متغیرهای مستقل کمی و کیفی موثر در وقوع حرکات توده‌ای حوضه تعیین گردید و با بدست آوردن مدل وقوع حرکات توده‌ای حوضه از روش «رگرسیون لجستیک»^(۲)، نقشه نهایی پیش بینی احتمال وقوع حرکات توده‌ای حوضه در دو طبقه با خطر زیاد و کم تهیه شد. همچنین با محاسبه تراکم وزنی در هکتار، زیر حوضه‌ها برحسب آسیب‌پذیری در برابر خطر زمین لغزش رتبه‌بندی شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در بین متغیرهای سنگ‌شناسی، سازند شوربچه (Ksh) متشکل از سنگ‌های آواری (گل سنگ و مارن) و سنگ‌های تبخیری با مساعدت متغیرهایی نظیر شیب، ارتفاع، آبهای زیرزمینی، کاربری اراضی (باغی به دلیل آبیاری عمود بر شیب توپوگرافی)، افزایش وزن تنه درختان و انتقال نیروی باد به وسیله تنه و ریشه آنها و همچنین زیربری توسط رودخانه چناران نقش موثرتری در بروز رویداد حرکات توده‌ای حوضه ایفا نموده است.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی خطر، حرکات توده‌ای، حوضه زهکشی چناران، مدل‌سازی، مطالعه آماری.

مقدمه

تنش برشی دامنه و وقوع حرکات توده‌ای می‌گردند (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۷).

یادآوری می‌شود که از نقش فعالیت‌های انسانی مانند راه‌سازی غیراصولی و تغییر هندسه شیب دامنه‌ها، تخریب پوشش گیاهی، کاربری نامناسب اراضی، زهکشی نامناسب، بارگذاری بر اثر ایجاد سکونتگاه‌ها و... در وقوع این حرکات نباید چشم‌پوشی کرد. براساس داده‌های موجود، حدود ۳۵ درصد زمین لغزش‌های کشور بر اثر دخالت و فعالیت‌های انسانی تحریک و تشدید پیدا کرده‌اند (بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور، ۱۳۸۴).

کشور ایران با توپوگرافی عمده کوهستانی، لرزه خیزی زیاد و شرایط متنوع زمین‌شناسی و اقلیمی، طیف وسیعی از حرکات توده‌ای را داراست و سالانه متحمل خسارات جانی و مالی فراوان می‌شود. در این بین عواملی مانند سنگ‌شناسی، زمین‌ساخت، هوازدگی و فشار آب حفره‌ای، سبب کاهش مقاومت برشی مواد دامنه می‌شوند. عواملی چون افزایش بار و حذف حایل‌های جانبی دامنه بر اثر زیربری رود^(۳)، شستشوی مواد دانه‌ای با فرسایش درز آبی، تراکم برف، بارندگی‌های شدید، تراکم واریزه و تنش‌های انتقالی ناشی از زمین لرزه، موجب افزایش

1. Landslide Index Method (LIM)

2. Logistic regression

3. River undercutting

*نویسنده مرتبط

غرب خلخال به این نتیجه دست یافته‌اند که، حضور رس در سازندهای حساس منطقه با جذب آب و بر اثر خاصیت تورم و خمیری، یکی از عوامل اصلی حرکات دامنه‌ای است (طلایی دولق و غیومیان، ۱۳۸۰).

مسگری وش و همکاران (۱۳۸۰)، در بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش محمود آباد مسکون دریافتند که تراکم زمین لغزش‌ها در سنگ‌های تکتونیزه و به شدت هوازده با کانی‌های سولفیدی بوده و این عامل بدین لحاظ نقش اساسی در رویکرد زمین لغزش ایفا نموده است (مسگری وش و همکاران، ۱۳۸۰).

مهدویفر و جعفری (۱۳۸۰)، ضمن مطالعه آماری عوامل و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش استان لرستان با استفاده از شاخص درصد سطحی واحدهای درگیر لغزش (SP)، امتیاز هر یک از زیر عوامل و در نهایت وزن هر یک از عوامل کلی را به دست آورده‌اند. در مطالعه ایشان شیل‌های ائوسن بیشترین درصد سطحی (۲۶٪) و امتیاز و در نهایت عامل لیتولوژی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است. (مهدویفر و جعفری، ۱۳۸۰).

سابقه تحقیق در مورد زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه اندک بوده و شامل مطالعات انجام گرفته زیر است:

غفوری و عاشوری (۱۳۷۷)، به بررسی زمین لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی شمال خراسان با دید کلی از بعد عوامل موثر محیطی با روش تحلیلی و نوع و میزان خسارات وارده پرداخته‌اند. آنها در این مطالعه توالی رسوبی کپه داغ در دو گروه کلی واحدهای صخره ساز و تشکیل دهنده ارتفاعات و واحدهای سنگی تشکیل دهنده مورفولوژی‌های پست را به عنوان عامل موثر معرفی کرده‌اند. از نظر آنها واحدهای صخره ساز با تشکیل ارتفاعات، شیب توپوگرافی لازم را برای زمین لغزه‌ها به وجود آورده‌اند و واحدهای با مورفولوژی پست که عمدتاً از شیل و مارن تشکیل یافته و نفوذ ناپذیرند، علاوه بر تامین توده‌های خاکی، سطوح لغزشی زمین لغزه‌ها را تشکیل می‌دهند (غفوری و عاشوری، ۱۳۷۷).

آدابی و موسوی حرمی، نیز به بررسی نقش لیتولوژی در رانش زمین شمال شرق ایران به روش تحلیلی پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که، در شمال شرق ایران سنگ‌های غیرقابل نفوذ در تشکیل مواد رسی هوازده و رانش زمین (که همه ساله خسارات مالی فراوانی را به بار می‌آورند)، نقشی اساسی دارند (آدابی و موسوی حرمی، ۱۳۷۷).

با وجود تحقیقات انجام گرفته، تاکنون مطالعه جامعی از نظر عوامل ایجاد حرکات توده‌ای حوضه زهکشی چناران و بررسی مناطق آن از لحاظ مطالعه آماری عوامل، مدل‌سازی، پهنه‌بندی و پیش‌بینی احتمال وقوع آنها انجام نگرفته است.

در تیر ماه ۱۳۷۱ در جنوب شرقی روستای اسفیدان واقع در حوضه زهکشی چناران، زمین لغزش بزرگی رخ داد که بر اساس اظهار نظر کارشناسان دفتر فنی کمیته آبخیزداری جهاد استان خراسان (سابق)، ۳۰۰۰ اصله نهال و چندین هکتار از باغات و زمین‌های مزروعی کشاورزان تخریب و حدود ۱۰۰ میلیون تومان (بر مبنای محاسبه سال ۱۳۷۱) خسارت وارد کرده است (غفوری و عاشوری، ۱۳۷۷).

هدف از انجام این تحقیق شناسایی و برآورد میزان تاثیر مهمترین متغیرهای مستقل اثرگذار در وقوع حرکات توده‌ای حوضه، مکانیزم هر یک، مدل‌سازی و پهنه‌بندی حوضه مورد مطالعه از نظر احتمال وقوع حرکات توده‌ای، شناخت و رتبه‌بندی زیر حوضه‌های حوضه بر اساس تراکم وزنی در هکتار به منظور کاهش خسارت ناشی از خطر حرکات توده‌ای و ارزیابی مدل رگرسیون لجستیک در پیش‌بینی احتمال وقوع حرکات توده‌ای نسبت به زمین لغزش‌های موجود می‌باشد.

فرضیه تحقیق: با توجه به بررسی‌های میدانی به عمل آمده، مراجعه به منابع و بررسی اسناد تصویری نظیر نقشه‌های زمین شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، به نظر می‌رسد در بین تمام سازندها سازند معروف به شوريجه (Ksh) به دلیل ویژگی‌های ذاتی سنگ شناسی با مساعدت شیب توپوگرافی، یخبندان و ذوب یخ ناشی از افزایش ارتفاع، نوع کاربری اراضی (باغی)، اثر انحلالی ناشی از آب‌های زیر زمینی و زیربری ناشی از حفر و کاوش رودخانه چناران، نقش موثری در رویکرد حرکات توده‌ای حوضه دارد.

در سطح جهان می‌توان به تحقیقات انجام گرفته زیر در این راستا اشاره نمود:

آب‌الاکان، به شناسایی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش ناحیه کوهستانی کاتگودام- ناینیتال در کومان هیمالایا و پهنه بندی آن با استفاده از فاکتور ارزیابی خطر زمین لغزش (LHEF) پرداخت که پارامترهای لیتولوژی، ساختار زمین شناسی، شیب و پوشش- کاربری اراضی با ۲ امتیاز بیشترین نقش را در وقوع لغزش‌های این ناحیه کسب کرده‌اند (Anbalagan, 1992).

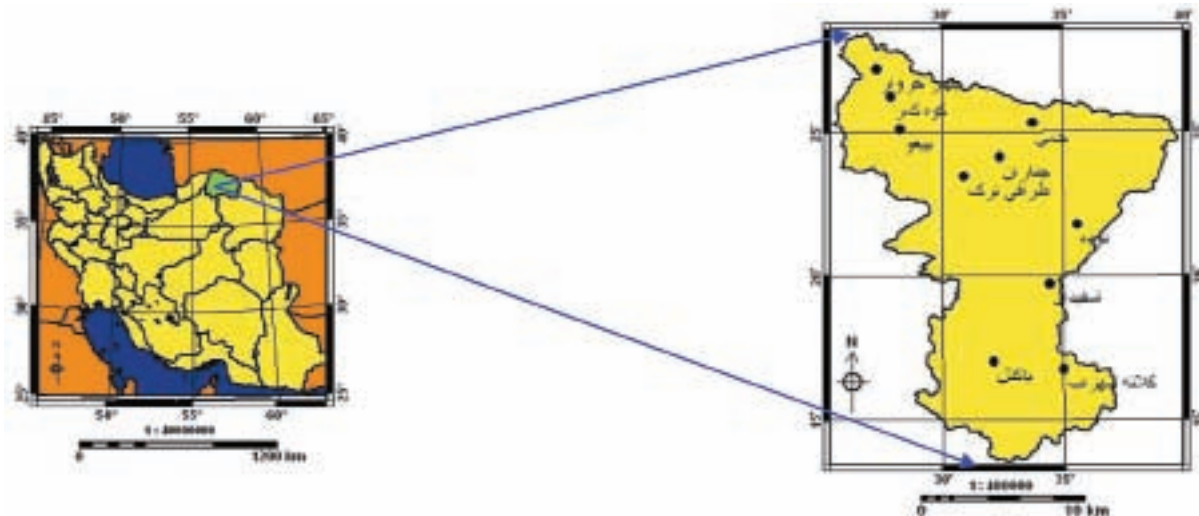
اسپیروا و بنگوچه‌آ، خطر زمین لغزش در حوضه ریوگورانده آندهای مرکزی آرژانتین را پهنه‌بندی کردند. آنها ضمن مطالعات خود به ارتباط نزدیک بین سنگ‌شناسی با مقاومت زیاد، لایه‌بندی ضخیم در بخش فوقانی، جهت شیب غالب جنوبی و غربی، ذوب برف‌ها، بارش‌های رگباری و وقوع زمین لغزش‌ها دست یافته‌اند (Espizua & Bengochea, 2002).

در ایران نیز تحقیقات زیادی در ارتباط با این موضوع انجام پذیرفته است. از آن جمله طلایی دولق و غیومیان (۱۳۸۰) در شناخت و بررسی عوامل موثر در لغزش خیزی روستاهای جنوب

محدوده مورد مطالعه

حوضه زهکشی چناران از زیرحوضه‌های رود اترک، در دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های آلاداغ در استان خراسان شمالی با مساحت حدود ۲۸۱/۸ کیلومترمربع و مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۷

درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی، در شرق بخش مرکزی شهرستان بجنورد واقع شده است. این حوضه با ۱۰ سکونتگاه روستایی، از نظر تولیدات باغی، یکی از مهمترین مناطق شهرستان بجنورد می باشد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت حوضه زهکشی چناران

مواد و روش‌ها

به منظور شناسایی زمین لغزش‌ها ابتدا با تهیه نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای رنگی کاذب^۱ حوضه، به بررسی‌های میدانی پرداخته شد. در ضمن جهت برداشت محدوده زمین لغزش‌ها از دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۲ (GPS) استفاده گردید و برای هر کدام از پهنه‌های لغزش یافته، فرم مشخصات زمین لغزش تهیه شد.

پس از وارد کردن نقشه‌های پایه، عکس‌های هوایی و جدول مختصات جغرافیایی لغزش‌های حوضه به محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، لایه پراکنش زمین لغزش‌های حوضه (شکل ۲) که جامعه آماری این مطالعه در قالب متغیرهای وابسته می‌باشد، تهیه و به منظور شناسایی درجات مختلف خطر زمین لغزش، اطلاعات مربوط به عوامل احتمالی ایجاد لغزش به شرح زیر از منابع مختلف تهیه شد:

و باندهای مختلف تصاویر سنجنده⁺ ETM ماهواره لندست مربوط به ماه مه سال ۲۰۰۳ میلادی، جهت تهیه لایه پوشش- کاربری اراضی و شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI).
با توجه به بررسی‌های انجام گرفته و تجزیه و تحلیل دقیق لایه‌ها نسبت به پهنه‌هایی که دچار لغزش شده‌اند، در مجموع هشت لایه رستری با ماهیت طبقه‌ای به منظور استفاده در تحلیل، مدل‌سازی و پهنه‌بندی در محیط نرم‌افزار ILWIS تهیه شد.

نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ برگه‌های بجنورد، اسفراين و سیسب، جهت تهیه لایه‌های شیب، طبقات ارتفاعی و فاصله از رودخانه و آب‌های زیرزمینی،
نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ برگه‌های بجنورد و شیروان، جهت تهیه لایه‌های سنگ‌شناسی، رسوب و فاصله از گسل،

روش‌های اولیه بررسی متغیرهای موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و مدل‌سازی و پهنه‌بندی آنها عمدتاً بر قضاوت کارشناسی و وزن‌دهی‌های نامشخص استوار بوده است (Varnes, 1984). ویژگی دیگر این روش‌ها، به کارگیری تعداد کمی از متغیرهای موثر در مدل‌سازی و پهنه‌بندی و استفاده نکردن از رایانه و اطلاعات حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. غیر از روش‌های سنتی، مدل‌های آماری لگ - خطی^۳، رگرسیون چند متغیره، پروبیت، تحلیل تشخیص^۴ و روش تحلیل مولفه‌های اصلی نیز در مدل‌سازی و پهنه‌بندی حرکات توده‌ای بکار گرفته می‌شوند. با اینکه این مدل‌ها قادر به شناسایی متغیرهای موثر در

1. False Color Composite(FCC)
2. Global Positioning System(GPS)
3. Log-linear
4. Discriminant analysis

برای هر متغیر، مقداری کمتر از ۳/۸۴ (که معادل سطح معناداری ۹۵ درصد است) داشته باشد، معناداری و تاثیر متغیر در سطح ۹۵ درصد رد می شود و متغیر مذکور باید از معادله خارج شود. در رابطه با ضریب زاویه متغیرها (B)، مقدار قدرمطلق این ضرایب نشان دهنده اولویت تاثیر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته است و ضریب بزرگتر تاثیر بیشتر متغیر را نشان می دهد. علامت منفی تاثیر و جهت منفی و علامت مثبت نیز تاثیرات و جهت مثبت را نشان می دهد.

مدل LIM مبتنی بر رابطه زیر می باشد:
(رابطه یک)

$$\text{Ln}w_i = \text{Ln} \left[\frac{\text{Densclas}}{\text{Densmap}} \right] = \text{Ln} \left[\frac{\frac{\text{NPix}(Si)}{\text{NPix}(Ni)}}{\sum \text{NPix}(Si)}}{\sum \text{NPix}(Ni)} \right]$$

که در آن:

w_i = وزن هر یک از طبقات لایه عاملی،

Densclas = تراکم لغزش در هر طبقه از لایه عاملی،

Densmap = تراکم لغزش در کل حوضه،

$\text{NPix}(Si)$ = فراوانی لغزش در هر یک از طبقات لایه عاملی و

فراوانی کل لغزش در حوضه،

$\text{NPix}(Ni)$ = فراوانی کل طبقه از لایه عاملی و فراوانی کل

حوضه بر حسب پیکسل است.

در این روش ابتدا با بدست آوردن فراوانی پیکسل های لغزش یافته در هر طبقه از لایه عاملی و فراوانی کل هر طبقه، تراکم لغزش در هر طبقه محاسبه و سپس با استفاده از فراوانی پیکسل های لغزش یافته در کل حوضه و فراوانی کل حوضه، تراکم لغزش در حوضه^۲ حاصل شد. در نهایت لگاریتم طبیعی نسبت بین تراکم لغزش در هر طبقه و تراکم لغزش در کل حوضه گرفته شد و وزن نهایی طبقات هر یک از لایه های عاملی در ستون جداگانه ای بدست آمد (جدول ۸ تا). در این مدل مقادیر وزنی، معمولاً دامنه ای بین اعداد مثبت و منفی دارند که به ترتیب بیانگر نقش بیشتر و کمتر متغیرهای مورد بررسی هستند (Van Westen, 1995). ستون وزن نهایی طبقات در جدول حاصل از انقطاع نقشه پراکنش زمین لغزشها و نقشه های عاملی به جدول اطلاعات توصیفی^۳ لایه های عاملی وصل و با استفاده از اطلاعات این ستون، نقشه وزنی برای هشت لایه عاملی تهیه شد. از جمع جبری هشت لایه عاملی وزنی، نقشه وزنی نهایی بدست آمد. در نهایت از انقطاع نقشه رستری زیرحوضه های حوضه با نقشه وزنی نهایی پتانسیل خطر زمین لغزش و برآورد تراکم وزنی در هکتار، رتبه زیرحوضه ها نسبت به خطرپذیری در برابر لغزش محاسبه شد (جدول ۹).

حرکات توده ای از طریق آماره آزمون و درجه معناداری هستند، ولی نخست آنکه از دقت بالایی برخوردار نبوده، دوم آنکه در گستره وسیعی از آزمون های مربوط به احتمال عضویت و عدم عضویت در گروه خاص کاربرد نداشته، سوم آنکه برخی از این مدل ها قادر به استفاده از داده های کیفی در مدل سازی نیستند (نیکلابریس و همکاران، ۱۳۸۴).

روش های بکار رفته برای مطالعه آماری عوامل و پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده ای حوضه زهکشی چناران، به ترتیب مبتنی بر مدل وزن دهی LIM و مدل رگرسیون لجستیک می باشند. در این مدل ها تعداد زیادی از متغیرهای کمی و کیفی بر حسب تشخیص و مقادیر وزنی خود می توانند لحاظ شوند.

مدل LIM نخستین بار در موسسه ITC کشور هلند به منظور وزن دهی به پارامترهای ناشی از خصوصیات طبیعی و فعالیت های انسانی و پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش ناحیه چین چینا در کلمبیا مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل بر اساس لگاریتم طبیعی (Ln) نسبت تراکم رویکرد لغزش در هر یک از واحدهای لایه های عاملی، به تراکم لغزش در کل حوضه می باشد که نتیجه این نسبت، دستیابی به مقدار وزنی هر یک از طبقات در لایه های عاملی می باشد (Van Westen, 1995). با این روش می توان متغیرهای کیفی را کمی و در مدل سازی و پهنه بندی پیش بینی احتمال وقوع حرکات توده ای حوضه بر اساس مدل آماری رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار داد. مزیت دیگر این مدل این است که با «تغییر متغیر» یعنی گرفتن لگاریتم طبیعی (Ln)، وزن متغیرهای دارای وزن بسیار کم افزایش یافته و در محاسبات وارد می شوند. در این مدل مقادیر وزنی معمولاً دارای دامنه ای بین اعداد مثبت و منفی بوده که به ترتیب بیانگر نقش بیشتر و کمتر متغیرهای مورد بررسی هستند.

مدل رگرسیون لجستیک توسط تاباچینگ و فیدل (۲۰۰۱) در شناخت مجرمینی که احتمال به زندان آمدن دوباره آنها وجود دارد (نیکلابریس و همکاران، ۱۳۸۴) و نیز توسط کرم (۱۳۸۰) در مدل سازی و پیش بینی احتمال وقوع زمین لغزش های حوضه سرخون در استان چهارمحال و بختیاری استفاده شده است (کرم، ۱۳۸۰). در روند آماری رگرسیون لجستیک برای تحلیل به طور غالب از روش استاندارد یا «ورود»، استفاده می شود. در این روش تعداد پیکسل های متغیر مستقل طبقه ای که دچار حرکت شده اند، یکجا وارد مدل می شوند. در این بین اگر معناداری هر واحد از ۰/۰۵ کمتر شد، بیانگر این است که در رویکرد حرکات توده ای اثرگذار بوده و در مدل باقی می ماند و اگر از ۰/۰۵ بیشتر شد، از مدل حذف می شود. علاوه بر معنا داری، در این مدل، معیار حذف طبقات در هر یک از متغیرهای مستقل بر اساس احتمال آماره والد است. آماره والد دارای توزیعی به اندازه مجذور توزیع نرمال است و به لحاظ فرمولی از توزیع کای اسکوتر^۲ (X^2) با درجه آزادی $n-1$ پیروی می کند. چنانچه این آماره

1. Densclas
2. Densmap
3. Attribute table

وزن هر یک از واحدهای متغیرهای مستقل، P ، احتمال عضویت یا عدم عضویت در گروه حرکات توده ای است که عددی بین یک و صفر است. اگر مقدار یک پیکسل از $0/5$ کمتر شد، آن پیکسل متعلق به طبقه دارای حرکت توده ای و اگر از $0/5$ بیشتر شد، متعلق به طبقه فاقد حرکت توده ای است. در رابطه اخیر، e ، پایه لگاریتم طبیعی یا عدد نپرین است که برابر با $2/7$ می باشد.

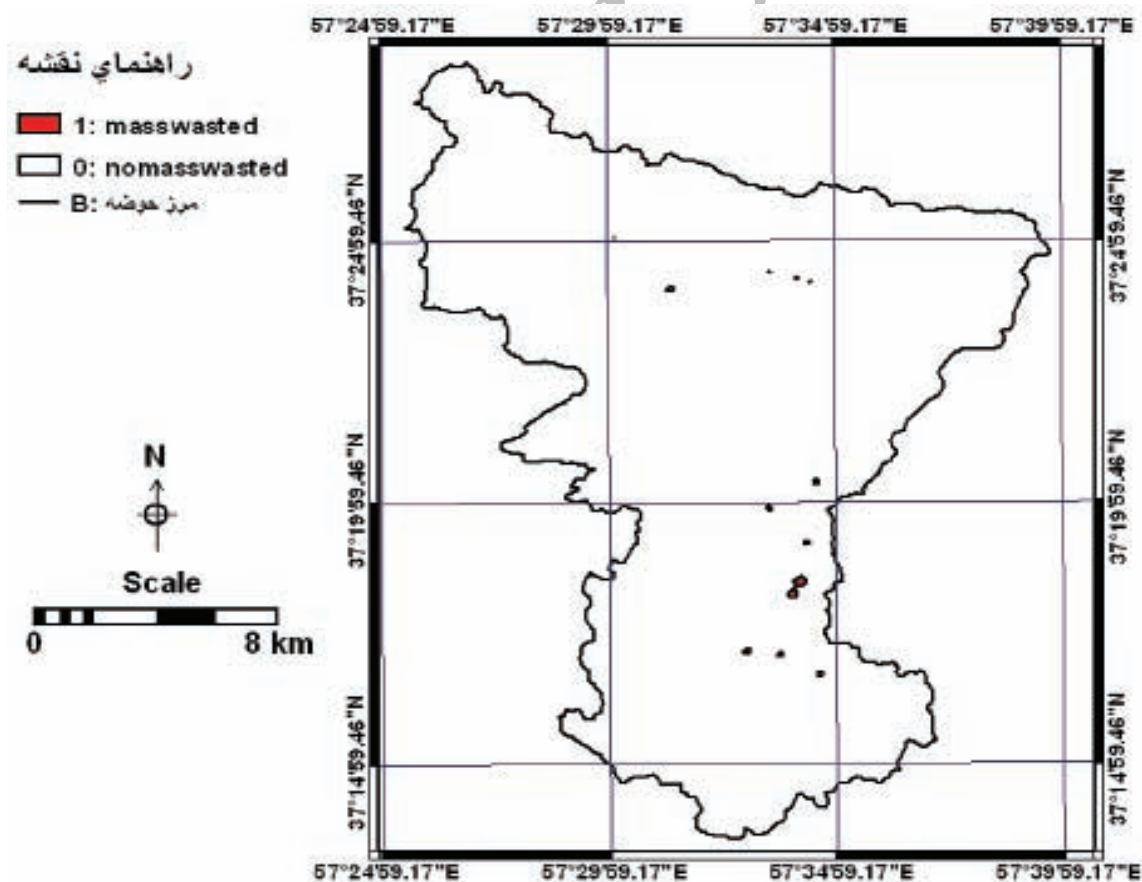
پس از تهیه نقشه پیش بینی احتمال وقوع حرکات توده ای حوضه این نقشه، با استفاده از روش طبقه بندی تراکم^۲ و با توجه به رقم معیار^۳ عضویت و عدم عضویت که در نرم افزار SPSS همان $0/5$ است، به دو پهنه با سطح شدت خطر زیاد (صفر تا $0/5$) و کم ($0/5$ تا یک)، طبقه بندی شد (شکل ۶). در نهایت به منظور آزمون مدل، با استفاده از روش ارزیابی ماتریس خطا، مقدار خطای پیش بینی امیشن^۴ و مقدار خطای پیش بینی کمیشن^۵ برای حالت های یک (وقوع) و صفر (عدم وقوع)، محاسبه شد.

پس از اینکه وزن طبقات لایه های عاملی با استفاده از مدل LIM در نرم افزار ILWIS حاصل و با کمک مدل رگرسیون لجستیک معادله نهایی برآورد خطر نسبی وقوع حرکات توده ای حوضه (معادله برآورد عدد Z یا لاجیت^۱) در نرم افزار آماری SPSS محاسبه شد (جدول ۱۱)، مقادیر این معادله شامل ضریب زاویه متغیرها (B) و وزن متغیرهای مستقل طبقه ای موثر در جداول اطلاعات توصیفی مربوط به هر لایه عاملی وارد، حاصل ضرب آنها محاسبه و از روی ستون مربوط به حاصل ضرب، نقشه توصیفی تهیه شد. این معادله (رابطه دو) در نرم افزار ILWIS وارد و نقشه دارای عدد Z یا لاجیت به منظور بکارگیری در رابطه احتمال، برای کل حوضه تهیه شد و در نهایت از رابطه احتمال (رابطه سه) به منظور تهیه نقشه پیش بینی احتمال وقوع حرکات توده ای حوضه، استفاده گردید.

$$Z = b_0 + b_1(x_1) + b_2(x_2) + b_3(x_3) + \dots + b_p(x_p) \quad (\text{رابطه دو})$$

$$P = \frac{e^Z}{1 + e^Z} \quad (\text{رابطه سه})$$

در این روابط Z ، همان لاجیت است که یک عدد است، b_0 ، ثابت معادله (ضریب عرض از مبدا)، b_p ، ضریب زاویه متغیرها،



شکل ۲- نقشه پراکنش زمین لغزش های حوضه زهکشی چناران

1. Logit
2. Density slicing
3. Cut value
4. Omission error
5. Commission error

تجزیه و تحلیل متغیرهای مؤثر

سیلیسی آواری و مقادیر ناچیزی ژپس تشکیل شده‌اند (سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ ورقه‌های بجنورد و کورخورد). رسوبات پالئوژن شامل سازندهای پسته لبق، چهل کمان و خانگیران متشکل از رسوبات سیلیسی آواری و کربناته هستند. رسوبات سیلیسی آواری قرمز رنگ نئوژن بطور دگرشیب بر روی رسوبات فوق‌الذکر قرار گرفته‌اند (افشار حرب، ۱۳۷۳).

رسوبات این حوضه در اواخر میوسن بر اثر آخرین فازهای کوئزایی آپی چین خورده، تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعدد نامتقارن و گسل‌های با روند کلی شمال غربی - جنوب شرقی تشکیل داده‌اند که چهار گسل نسبتاً فعال از غرب کپه داغ گزارش شده است. فرسایش دره‌های حاصل از گسل خوردگی باعث ایجاد دره‌های عمیق V شکل شده است (افشار حرب، ۱۹۷۹ به نقل از آدابی و موسوی حرمی، ۱۳۷۷).

اطلاعات حاصل از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه‌های بجنورد و شیروان و بررسی‌های میدانی نگارنده حاکی از آن است که حدود ۹۵ درصد مناطق تحت لغزش حوضه بر روی سازند شورجه شامل ماسه سنگ قلوه سنگ دار^۱ متمایل به صورتی، مارن، کنگلومرا و شیل‌های سیلیسی و رسی ژپس‌دار قرار دارد. لذا وضعیت پی سنگ در این ناحیه نقش اساسی و زیربنایی در لغزش ایفا نموده است (جدول ۱).

جدول ۱- وزن لایه عاملی سنگ شناسی در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM^۲

ردیف	واحد سنگ شناسی دچار لغزش	فراوانی ^۰ کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	K_{sn}	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۷۴۶۸	۱۱	۰/۰۰۱۴	۰/۷۹۴۹
۲	K_{sh}	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۳۸۰۳۸	۹۰۲	۰/۰۲۳۷	۲/۳۳۴۱
۳	K_{sr}	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۳۳۸۰	۵۱	۰/۰۰۲۲	۰/۳۴۲۹

* منظور از فراوانی، تعداد پیکسل‌ها می‌باشد که ابعاد هر یک ۳۰×۳۰ متر می‌باشد.

تبخیری در این ناحیه سبب تجمع زیاد آب در سطح بین مواد هوازده و سنگ مادر شده و در نتیجه باعث لغزنده شدن و کاهش نیروی اصطکاک می‌شود. وجود این لایه‌های غیر قابل نفوذ، موجب کاهش مقاومت برشی مواد و تشدید حرکت توده‌ای مواد تحت تأثیر نیروی ثقل روی سطح شیب دار به طرف پایین دامنه می‌شود (آدابی و موسوی حرمی، ۱۳۷۷).

سیمان ماسه سنگ‌ها بیشتر کربناته (کلسیت و مقدار ناچیزی دولومیت) و تا حدی سیلیسی است. نفوذ آبهای ناشی از آبیاری باغات و بارندگی از داخل درز و شکاف‌های متعدد در ماسه

زمین لغزش از مهمترین فرایندهای شکل‌زایی حوضه بوده و مانند سایر حوضه‌های خراسان شمالی، حالت تنگنای محیطی به خود گرفته است (زمردیان، ۱۳۷۳ به نقل از علایی طالقانی، ۱۳۸۴). براساس بررسی‌های میدانی، ۱۳ مورد زمین لغزش بزرگ و اصلی در سطح حوضه شناسایی شد. با توجه به مبانی نظری تحقیق و از آنجا که در وقوع این پدیده متغیرهای زیادی نقش دارند، برای سهولت تحلیل و محدود نمودن عرصه مقاله، از بین متغیرهای مؤثر بیشتر به تحلیل عامل سنگ شناسی به عنوان مهمترین عامل (با توجه به وزن‌های نهایی بدست آمده از مدل LIM و ضریب زاویه متغیرهای مدل نهایی رگرسیون لجستیک حوضه)، پرداخته می‌شود. با این وجود تأثیر سایر متغیرها نادیده گرفته نشده و در قالب عوامل اصلی در مدل ارائه و عمل پهنه بندی با توجه به نقش آنها نیز انجام شده است.

از نظر ویژگی‌های رسوبی - ساختاری محدود شده مورد مطالعه جزء زون کپه داغ می‌باشد. در این زون در مجموع ۱۵ سازند قابل تشخیص و از قدیم به جدید عبارتند از: سازندهای کشف رود، چمن بید و مزدوران (در این تحقیق JK_{mz}) با سنی معادل ژوراسیک که از ماسه سنگ، شیل، سنگ آهک، دولومیت و مارن تشکیل شده‌اند. سازندهای شورجه (K_{sh})، سرچشمه (K_{sr})، سنگانه (K_{sn})، آتامیر، آب دراز (K_{ab})، آب تلخ، نيزار و کلات با سنی معادل کرتاسه از سنگ‌های کربناته، مارن و رسوبات

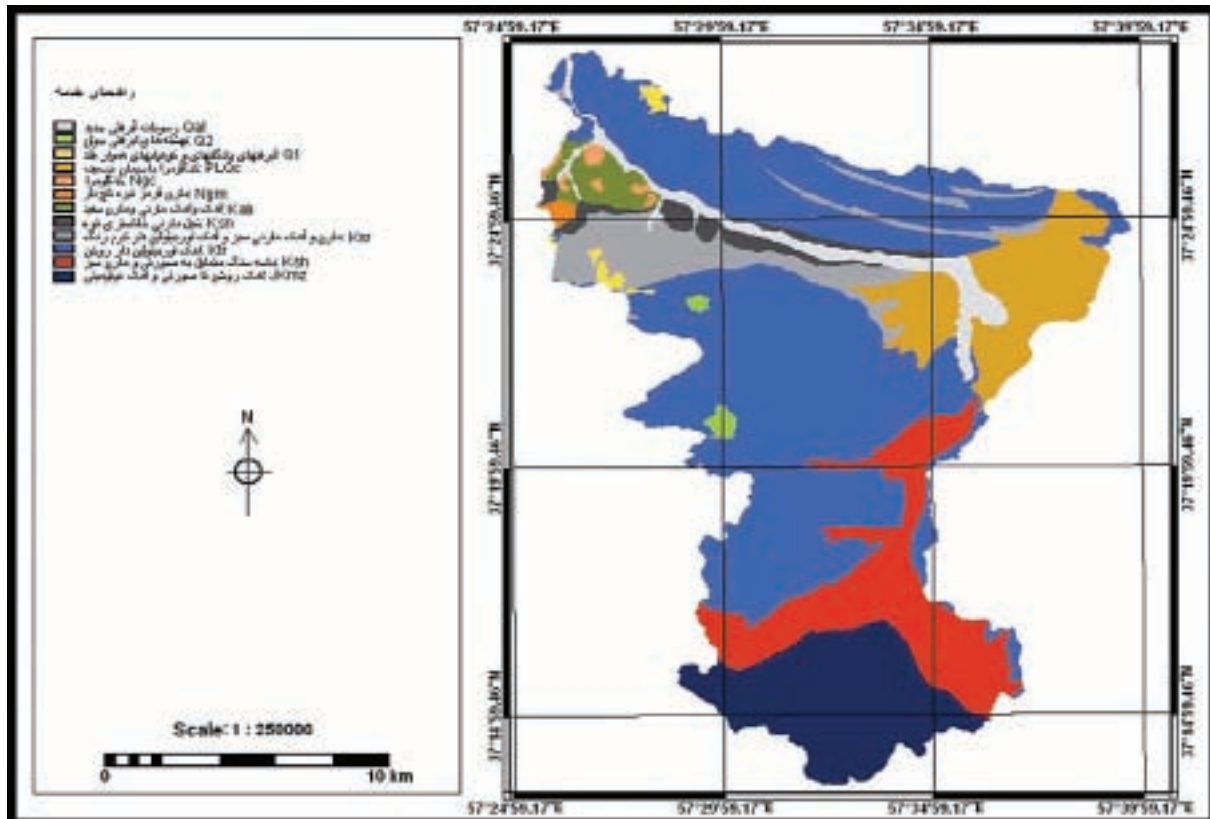
سازند شورجه (K_{sh}) از سه بخش زیرین، میانی و بالایی تشکیل شده است. بخش زیرین عمدتاً از رخساره‌های دانه ریز شیلی قرمز رنگ و لایه‌های نازک ماسه سنگی دانه ریز است. به علاوه لایه‌های محدودی از گچ بطور پراکنده و نیز سنگ آهک دانه ریز رس‌دار در این بخش مشاهده می‌شود. بخش میانی عمدتاً از ماسه سنگ و ماسه سنگ ریگ‌دار و مقدار کمی کنگلومرا همراه با لایه‌هایی از شیل سیلتی است. بخش بالایی این سازند مشابه بخش زیرین است با این تفاوت که، میزان لایه‌های ماسه سنگی در آن بیشتر است. وجود لایه‌های رسی، مارنی و

1. Pebble

۲ - در کلیه جدول‌های این مقاله، وزن طبقاتی ارائه شده‌اند که دچار حرکت شده و دارای وزن بوده‌اند و از ارایه طبقات بدون وزن به دلیل محدودیت در عرصه تحقیق خودداری شده است.

هوازده کمک می‌کند. بنابراین شکست ماسه سنگ‌های توده‌ای بر اثر انحلال و نیز تجمع آب در سطح لایه‌های غیرقابل نفوذ سنگی، حاکی از نقش اصلی سنگ شناسی در ایجاد لغزش‌های این حوضه است (شکل ۳).

سنگ‌ها و کنگلومراها، باعث انحلال سیمان کربناته و ایجاد تخلخل ثانوی^۱ در آنها می‌شود. فرایند انحلال باعث کاهش مقاومت برشی این سنگ‌ها در مقابل افزایش بار تحمیلی شده و به شکست سنگ‌ها و لغزش مواد



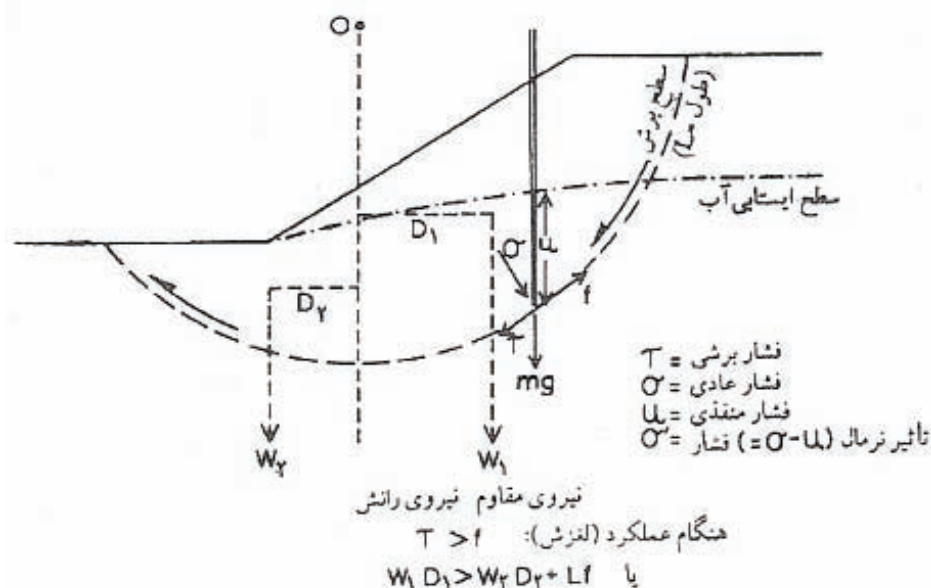
شکل ۳- نقشه سنگ شناسی حوضه زهکشی چناران

در این رابطه؛ W_1 وزن بخشی از مواد هوازده مسبب شکستگی، W_p وزن مواد هوازده که در مقابل حرکت مقاومت می‌کند، D_1 و D_p به ترتیب فواصل مراکز توده لغزشی از خط پیوستگی، L عبارت از طول سطحی است که لغزش در آن صورت گرفته و F نیروی مقاومت برشی مواد هوازده است. بطوریکه از این رابطه استنباط می‌شود، در این حوضه نیروی محرک عمدتاً به ضخامت مواد هوازده بستگی دارد که در ارتباط با ضخامت سنگ یعنی یکی از عوامل اصلی در زمین لغزش می‌باشد.

زمین لغزش‌های حوضه به دو شکل فروافتادگی و جریانی‌اند. فروافتادگی‌ها معمولاً در امتداد سطح لغزش داخلی رخ داده‌اند و در سطح به شکل شکستگی‌های متحدالمركز و مقعر در جهت شیب اصلی ظاهر شده‌اند. این حرکات الزاما چرخشی‌اند و از این رو بخش فوقانی برخی از بلوک‌های فروافتاده شیب معکوس پیدا می‌کند. نیروهای لازم که در تعادل فروافتادگی نقش دارند در شکل چهار و رابطه زیر ارائه شده‌اند.

نیروی مقاوم = نیروی وارده بر سطح لغزش
 (رابطه چهار)
$$\Rightarrow W_1 \times D_1 = W_p \times D_p + E$$

1. Secondary porosity
2. Rotational



شکل ۴ - فشارهای موجود در یک لغزش چرخشی

و شیب توپوگرافی، شیب زیاد، ماندگاری برف که سبب افزایش بار و تکرار یخبندان و ذوب یخ در ارتفاعات می‌گردد، وجود لایه‌های آبدار در محل لغزش‌ها و تنش‌های انتقالی ناشی از زمین لرزه باعث افزایش تنش برشی و بالطبع لغزش‌هایی می‌شود که در حوضه نیز مشاهده می‌شود. حال آنکه جنس سنگ و ضخامت آن (وزن مواد مستعد لغزش) مقاومت از خود نشان می‌دهند. به همین دلیل است که عامل سنگ‌شناسی به عنوان مهمترین عامل در لغزش‌های این حوضه معرفی می‌شود.

به علاوه هر عاملی که باعث کاهش نیروی مقاومت برشی و افزایش تنش برشی گردد، لغزش مواد هوازده را تسهیل می‌کند. به عنوان مثال شستشوی پاشنه دامنه‌ها توسط رودخانه چناران و سرشاخه‌های آن، افزایش وزن دامنه به واسطه وجود درختان تنومند در باغات، اثر ریشه آنها در تخریب مکانیکی و هوازگی شیمیایی خاک و انتقال نیروی باد به وسیله تنه و ریشه آنها به مواد دامنه، آب‌های نفوذی جوی و آبیاری که سبب شستشوی مواد دانه‌ای با فرسایش درزآبی می‌شود، جهت یکسان شیب ساختمانی

جدول ۲- وزن لایه فاصله از چشمه‌های دائمی و آب‌های زیرزمینی در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	فاصله دچار لغزش (متر)	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	۰-۱۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۱۷۷۶	۵۰	۰/۰۲۸۲	۲/۲۰۷۹
۲	۱۰۰-۲۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۴۶۲۸	۸۳	۰/۰۱۷۹	۱/۷۵۳۴
۳	۲۰۰-۳۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۷۱۱۰	۹۶	۰/۰۱۳۵	۱/۴۷۱۳
۴	۳۰۰-۴۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۹۳۶۵	۱۳۸	۰/۰۱۴۷	۱/۵۵۶۴
۵	۴۰۰-۵۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۱۱۳۱۹	۱۷۳	۰/۰۱۵۳	۱/۵۹۶۵

۱- وجود درختان و ریشه آنها به دلیل ارتباط برقرار نمودن بین لایه‌های لغزنده سطحی و لایه‌های مقاوم زیرین، به عنوان یک پارامتر مثبت در پایداری شیب‌ها عمل می‌کند. ولی بررسی‌های میدانی نگارنده نشان می‌دهد که در این حوضه این پارامتر به صورت منفی عمل نموده، زیرا به دلیل ضخامت توده مواد دامنه‌ای دارای پتانسیل لغزش زیاد، ریشه درختان نتوانسته به لایه‌های مقاوم و ثابت زیرین برسد، بدین جهت وجود درختان و وزن آنها به عنوان یک پارامتر منفی در پایداری شیب حوضه محسوب می‌شود.

جدول ۳- وزن لایه عاملی واحدهای ارتفاعی به متر در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	واحد ارتفاعی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	۱۲۲۰-۱۴۴۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۹۱۰۹۷	۶۹	۰/۰۰۰۷۶	-۱/۴۸۸۱
۲	۱۴۴۰-۱۵۷۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۹۴۱۱	۵۲	۰/۰۰۱۷۷	-۰/۵۴۳۶
۳	۱۵۷۰-۱۷۱۵	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۹۷۶۱	۵۴۳	۰/۰۱۸۲۵	۱/۷۵۳۴
۴	۱۷۱۵-۱۸۹۵	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۸۳۱۹	۱۶۲	۰/۰۰۵۷۲۰	۱/۱۸۱۱
۵	۱۸۹۵-۲۰۲۵	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۳۱۸۰۲	۲	۰/۰۰۰۰۶	-۱/۱۳۱۴

جدول ۴- وزن لایه عاملی شیب به درجه در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	واحد شیب دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	۰-۱۵	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۱۳۸۴۵	۳۶۹	۰/۰۰۱۷	-۰/۶۰۰۸
۲	۱۵-۱۹	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۶۵۸۳	۱۱۷	۰/۰۰۴۴	۰/۳۵۰۲
۳	۱۹-۲۶	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۳۲۱۸۶	۱۵۷	۰/۰۰۴۹	۰/۴۵۷۸
۴	۲۶-۳۸	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۷۷۶۷	۲۲۰	۰/۰۰۷۹	۰/۹۳۵۵
۵	۳۸-۷۸/۷	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۶۰۳۰	۱۰۱	۰/۰۱۶۷	۱/۶۸۴۰

جدول ۵- وزن لایه عاملی نوع پوشش- کاربری اراضی در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	نوع کاربری اراضی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	مراتع	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۶۹۵۷۳	۱۶۰	۰/۰۰۲۳	-۰/۲۹۸۵
۲	سطوح سنگی و عریان	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۱۵۶۰۶۲	۳۰۶	۰/۰۰۲	-۰/۴۳۸۳
۳	اراضی دیم	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۶۴۲۲۶	۴۵	۰/۰۰۰۷	-۱/۴۸۸۱
۴	باغات و اراضی آبی	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۱۶۴۵۲	۴۵۳	۰/۰۲۷۵	۲/۰۲۲۸

جدول ۶- وزن لایه عاملی شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI) در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	نوع پوشش گیاهی دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	پوشش گیاهی متوسط	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۱۵۰۳۴	۳۸۳	۰/۰۰۱۸	-۰/۵۴۳۶
۲	پوشش گیاهی نسبتاً غنی	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۵۹۳۶۵	۱۳۸	۰/۰۰۲۳	-۰/۲۹۸۵
۳	پوشش گیاهی غنی	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۲۳۲۷۹	۴۴۳	۰/۰۱۹	۱/۸۱۳۰

جدول ۷- وزن لایه عاملی فاصله از رودخانه به متر در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

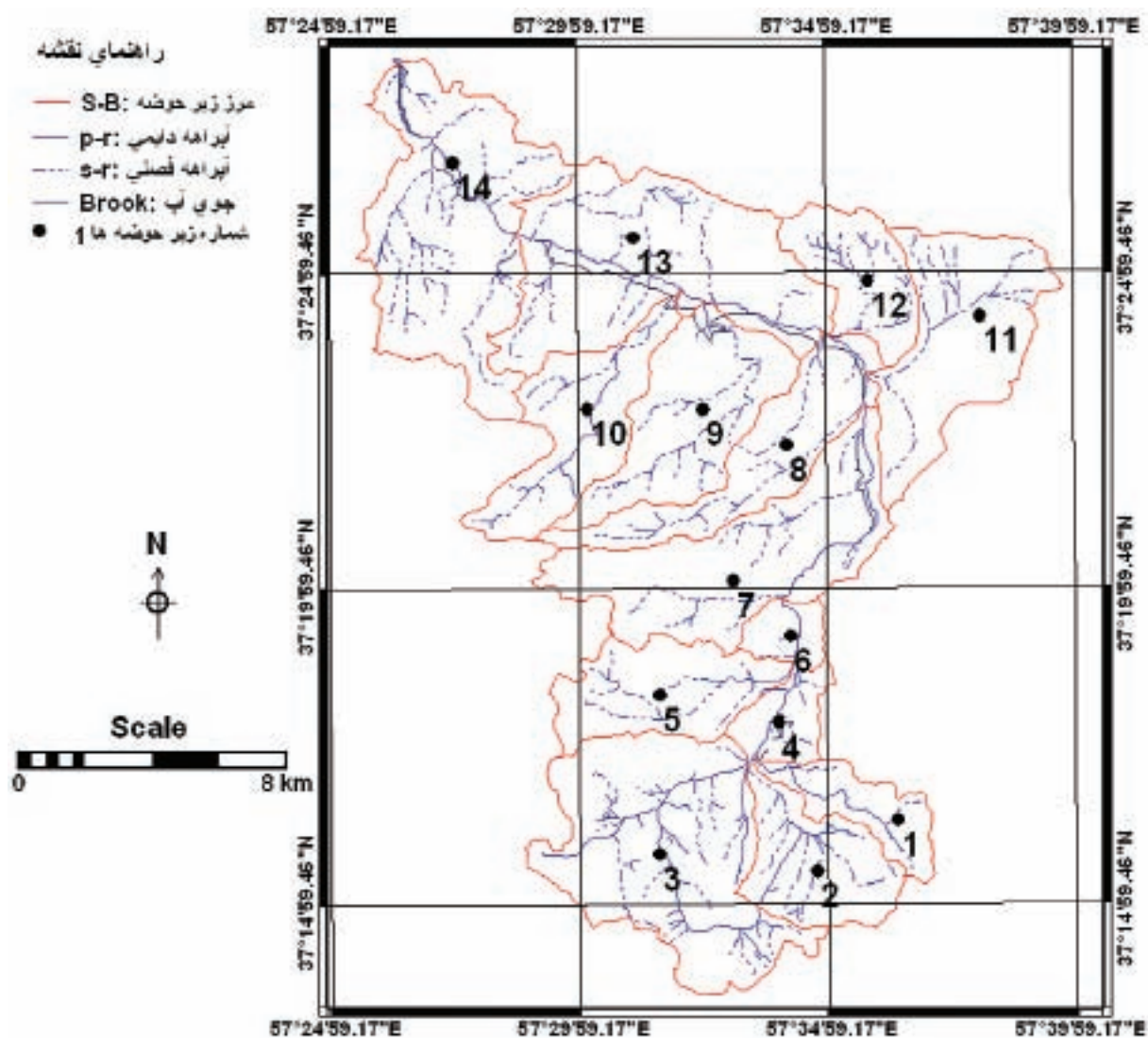
ردیف	فاصله از رودخانه دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	۰-۳۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۱۹۲۰۳	۹۲۱	۰/۰۰۴۸	۰/۴۳۷۲
۲	۳۰۰-۶۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۷۹۴۲۰	۴۳	۰/۰۰۰۵	-۱/۸۲۴۵

جدول ۸- وزن لایه عاملی فاصله از گسل ها به متر در حوضه چناران با استفاده از مدل LIM

ردیف	فاصله از گسل دچار لغزش	فراوانی کل حوضه	فراوانی کل لغزش در حوضه	تراکم لغزش در کل حوضه	فراوانی کل طبقه	فراوانی لغزش در طبقه	تراکم لغزش در طبقه	وزن نهایی طبقه
۱	۵۰۰-۱۰۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۸۰۹۶۶	۳۱۲	۰/۰۰۳۹	۰/۲۲۹۶
۲	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۳۱۲۴۷۰	۹۶۴	۰/۰۰۳۱	۵۰۰۱۷	۱۸۶	۰/۰۰۳۷	۰/۱۷۶۹

جدول ۹- رتبه بندی زیرحوضه های حوضه چناران نسبت به خطر پذیری در برابر لغزش برحسب تراکم وزنی در هکتار

زیرحوضه ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
مساحت (هکتار)	۷۹۱	۱۴۰۵	۳۸۱۲	۵۸۰	۱۵۶۹	۴۰۵	۳۰۰۷	۱۷۸۵	۲۰۹۶	۱۷۲۷	۲۳۶۵	۱۱۳۹	۳۷۷۲	۳۷۲۱
تراکم وزنی	۰/۰۲	۲/۷	-۸/۶	۴۱/۳	-۱۱/۵	۲۰/۸	-۱۵/۴	-۱۸/۸	-۲۳/۳	-۴/۰	-۱۹/۹	-۱۳/۸	-۳۲/۶	-۴۲/۱
رتبه	۴	۳	۶	۱	۷	۲	۹	۱۰	۱۲	۵	۱۱	۸	۱۳	۱۴



شکل ۵- تقسیم بندی زیر حوضه های حوضه زهکشی چناران

جدول ۱۰- توصیف متغیرهای موهومی ساخته شده در نرم افزار spss که وارد مدل نهایی رگرسیون لجستیک شده‌اند

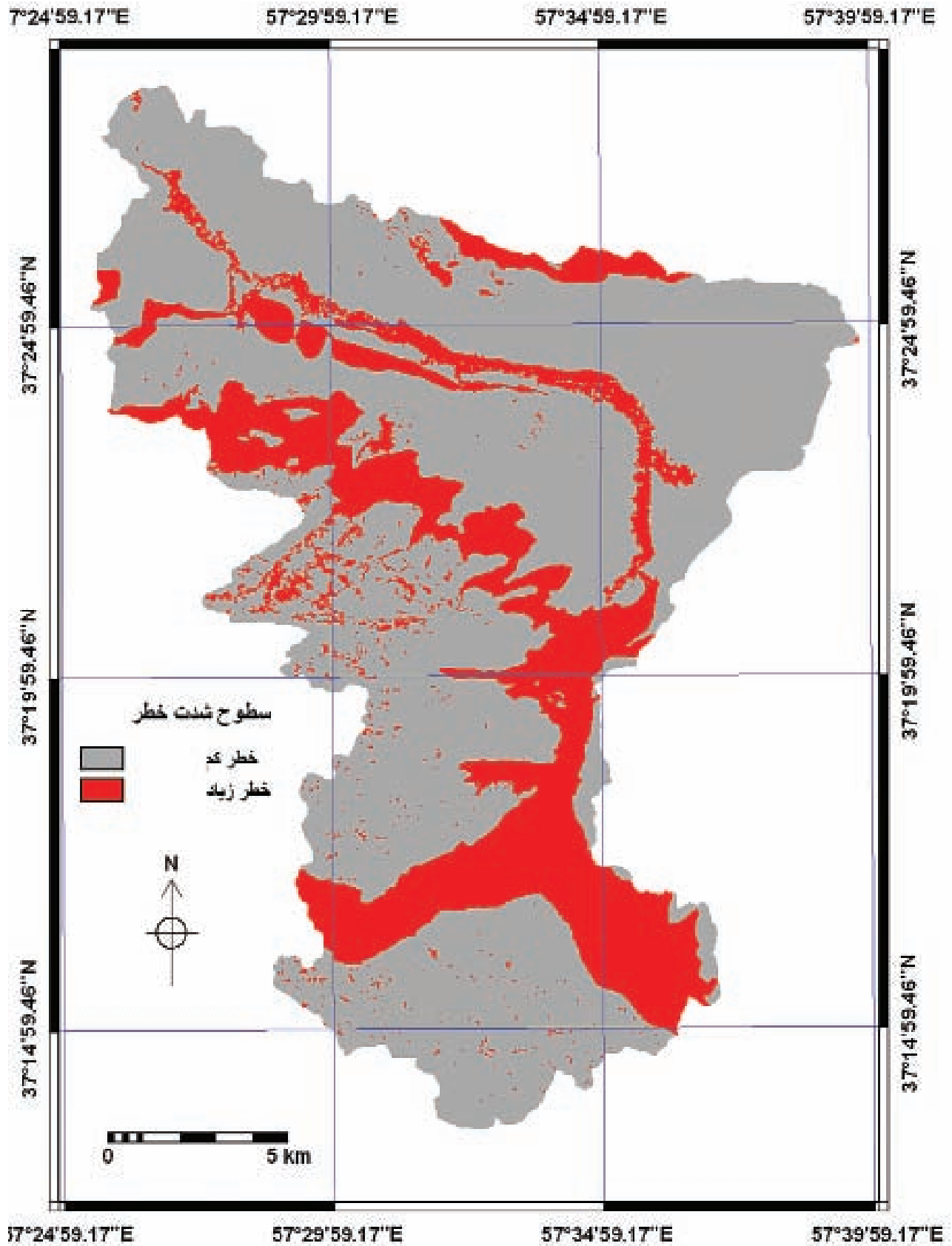
توصیف متغیرهای موهومی	متغیرهای موهومی	گروه بندی متغیرهای مستقل
ماسه سنگ همراه با مارن، کنگلومرا شیل های سیلیسی، رسی و ژپس	Ksh	زمین شناسی
فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از چشمه ها و آب های زیرزمینی	Sd ₁₀₀	هیدرولوژی
طیف ارتفاعی ۱۵۷۰ تا ۱۷۱۵ متری از سطح دریا	H ₁₇₁₅	توپوگرافی
اراضی دارای کاربری باغی و کشت آبی	irfarm	کاربری اراضی

جدول ۱۱ - گروه بندی متغیر ها ، معادلات برآورد خطر نسبی و نتایج حاصل از مدل سازی برای پیش بینی احتمال وقوع حرکات توده ای

گروه بندی متغیرهای مستقل	تعداد متغیرهای داده شده به مدل	تعداد متغیرهای وارد شده به مدل	معادله رگرسیون لجستیک برآورد خطر نسبی	درصد نتایج رده بندی صحیح مشاهدات به رده های یک (وقوع) و صفر (عدم وقوع) بر اساس مدل		
				رده یک	رده صفر	مجموع
زمین شناسی	۵	۱	$0.154+0.79Ksh$	۷۶/۹	۶۳/۶	۷۰/۲۵
هیدرولوژی	۷	۲	$-1.2+(-0.13)sd100+(-0.5)sd200$	۱۰۰	۸۷/۲	۹۰/۴
توپوگرافی	۱۰	۲	$0.066+0.30h1715+(-0.71)sl78.7$	۹۲/۳	۹۲/۳	۹۲/۳
کاربری اراضی	۷	۲	$-0.613+(-0.24)irfarm+4.4ndhi$	۶۹/۲	۸۷/۲	۸۲/۷
کلیه عوامل و متغیرهای مستقل	۷	۴	$0.019+0.82Ksh+(-0.8)sd100+(-0.2)irfarm+0.38h1715$	۸۴/۶	۸۳/۳	۸۳/۹

جدول ۱۲ - نتایج ارزیابی ماتریس خطا در روش پهنه بندی بر اساس مدل سازی رگرسیون لجستیک برای حرکات توده ای حوضه

خطای C (کمیشن) %	مجموع دو حالت	اطلاعات حاصل از برداشت میدانی		حالت ها	
		صفر (عدم وقوع)	یک (وقوع)	یک (وقوع)	صفر (عدم وقوع)
۹۹/۶	۲۰۷۹۶۹	۲۰۷۱۳۵	۸۳۴	یک (وقوع)	پیش بینی
۰/۱۸	۱۲۵۷۳۶	۱۲۵۵۱۲	۲۲۴	صفر (عدم وقوع)	
-	۳۳۳۷۰۵	۳۳۲۶۴۷	۱۰۵۸	مجموع دو حالت	
۶۰/۴	-	۶۲/۳	۲۱/۲	خطای O (امیشن) %	



شکل ۶- پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده ای در حوضه زهکشی چناران بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی‌ها، انجام کارهای میدانی و تحلیل با مدل‌های LIM و رگرسیون لجستیک نشان داد که در بین عوامل مختلف عامل سنگ‌شناسی یعنی سازند شوربجه (Ksh)، به دلیل ویژگی‌های ذاتی نظیر وجود لایه‌های غیر قابل نفوذرسی، مارنی و تبخیری و تاثیر در کاهش مقاومت برشی مواد دامنه‌ها، نقش اصلی را در وقوع حرکات توده‌ای حوضه ایفا نموده است. سپس با توجه به وزن‌های نهایی بدست آمده از مدل LIM و ضریب زاویه متغیرهای مدل نهایی رگرسیون لجستیک حوضه، متغیرهای آب‌های زیرزمینی با فاصله صفر تا ۱۰۰ متری از مظهر آنها، باغات و اراضی آبی و طیف ارتفاعی ۱۵۷۰ تا ۱۷۱۵ متر با مساعدت شیب و زیربری توسط رودخانه چناران و سرشاخه‌های آن به دلیل افزایش در تنش برشی دامنه‌ها، بیشترین تاثیر را در وقوع این حرکات داشته‌اند. جهت کاهش نسبی خطرات و افزایش میزان پایداری دامنه‌ها، هرگونه تغییری در اکوسیستم موجود حوضه، کاربری اراضی و احداث سازه‌ها باید با لحاظ کردن شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی حوضه انجام گیرد.

مدل LIM به دلیل گرفتن لگاریتم طبیعی (Ln) نسبت تراکم لغزش در طبقه با تراکم لغزش در کل حوضه که نوعی «تغییر متغیر» می‌باشد، تمام عوامل را در وزن‌دهی لحاظ می‌کند.

در ارتباط با «روش مدل‌سازی» نتایج نشان می‌دهد که، مدل رگرسیون لجستیک روشی مناسب است. زیرا اولاً این مدل مانند ماهیت داده‌های حرکت توده‌ای که به شکل دو حالت یک (معادل وقوع) و صفر (معادل عدم وقوع) هستند، برای متغیر وابسته نیز از داده‌های دو حالت صفر و یک استفاده می‌کند که انجام پهنه بندی احتمال وقوع حرکات توده‌ای را با توجه به رقم معیار ۰/۵ تسهیل می‌سازد. ارزیابی ماتریس خطا برای نقشه پهنه‌بندی احتمال خطر وقوع حرکات توده‌ای و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های موجود حوضه نشان می‌دهد که، مقدار خطای پیش‌بینی امیشن در این روش برای حالت یک (وقوع) حدود ۷/۷ درصد بوده است. به عبارت بهتر از کل واحدهای دارای حرکت توده‌ای این حوضه در شرایط فعلی، این روش پهنه‌بندی توانسته ۹۲/۳ درصد واحدهای دارای حرکت توده‌ای را به درستی در کلاس خطر زیاد (وقوع) طبقه‌بندی کند که بیانگر دقت بالای این مدل در شناخت عوامل، مدل‌سازی و پهنه بندی است.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی احتمال خطر وقوع حرکات توده‌ای، مناطق با احتمال خطر وقوع زیاد و کم شناسایی شدند که حدود ۷۸۶۰/۲ هکتار معادل ۲۷/۹ درصد از سطح حوضه، در رده با خطر زیاد (آستانه با احتمال صفر تا ۰/۵) و حدود ۲۰۳۱۶/۵ هکتار معادل ۷۲/۱ درصد، در رده با خطر کم (آستانه با احتمال ۰/۵ تا یک) قرار می‌گیرد.

منابع

- آدابی، م.ح. و موسوی حرمی، س.ر.، ۱۳۷۷. «نقش لیتولوژی (سنگ‌شناسی) در رانش زمین در شمال شرق ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مقاله شماره ۴۴، ۷۵-۸۹.
- افشار حرب، ع.، ۱۳۷۳. گزارش زمین‌شناسی کپه داغ زیر نظر عبدالرحیم هوشمندزاده، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، تهران، ۶۰.
- بلورچی، م.ح. و محمود مهر پرتو، م.، ۱۳۶۵. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش بجنورد (۱:۲۵۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات زمین‌شناسی کشور، یک ورقه.
- ریچارد جی، ج.، شوم اس.ای. و سودن، دی.ای. ۱۹۸۵. ژئومورفولوژی (جلد سوم)، ترجمه احمد معتمد و ابراهیم مقیمی، ۱۳۷۹، انتشارات سمت.
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزهای کشور، گروه بررسی زمین لغزش‌ها، ۱۳۸۴. گزارش بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور.
- سازمان فضایی ایران، تصاویر ماهواره‌ای باندهای مختلف سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست مربوط به ماه مه ۲۰۰۳ میلادی.
- جعفریان، م. ب. و طاهری، ج. نقشه زمین‌شناسی چهارگوش بجنورد (۱:۱۰۰۰۰۰)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات زمین‌شناسی کشور، یک ورقه.
- علایی طالقانی، م.، ۱۳۸۴. ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس، چاپ سوم، ۱۹۴.
- غفوری، م. و عاشوری، ع.، ۱۳۷۷. «زمین لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی در شمال خراسان»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مقاله شماره ۵، ۹۰-۱۰۱.
- طلایی دولق، ر. و غیومیان، ج.، ۱۳۸۰. «شناخت و بررسی عوامل موثر در لغزش خیزی جنوب غرب خلخال»، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس.
- عبدالامیر، ک.، ۱۳۸۰. «مدل‌سازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده»، رساله دکترای جغرافیای طبیعی با گرایش ژئومورفولوژی، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس، ۲۵۰.
- کوک، آر.یو. و دورکمپ، جی.سی.، ۱۹۹۰. ژئومورفولوژی و مدیریت محیط (جلد اول)، ترجمه شاپور گودرزی نژاد، ۱۳۷۷، انتشارات سمت.
- مسگری وش، ع.، فلاح ح. و کریمی نسب، س.، ۱۳۸۰. بررسی نقش عوامل موثر در وقوع زمین لغزش محمود آباد مسکون، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس.
- مهدویفر، م.ر. و جعفری، م.ک.، ۱۳۸۰. مطالعه آماری عوامل و پهنه بندی خطر زمین لغزش استان لرستان، مجموعه مقالات دومین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

- L. E. Espizua, J. D. Bengochea, 2002. Landslide Hazard and Risk Zonation Mapping in the Rio Grande Basin, Central Andes of Mendoza, Argentina, Mountain Research and Development. 22(2):177-185.

- Van Westen, C. J., 1995. Statistical landslide hazard analysis. ITC- Publication Number11, ITC, Enschede, The Netherlands, P 74.

- Varnes, D. J., 1984. Landslide Hazard Zonation: A review of principles and practice (UNESCO, Paris) P 26.

- ندیم، ه. و هفت لنگ، ر.، ۱۳۸۳. نقشه زمین شناسی چهارگوش شیروان (۱:۱۰۰۰۰۰)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات زمین شناسی کشور، یک ورقه.

- بریس، ان. و کمپ، آر.، تحلیل داده های روانشناسی با برنامه ی SPSS، ترجمه خدیجه علی آبادی و علی صمدی، ۱۳۸۴، نشر دوران.

- Anbalagan, 1992. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain, Engineering Geology, 32:269-277.

Archive of SID