

جغرافیا و توسعه شماره ۵۴ بهار ۱۳۹۸

وصول مقاله: ۹۵/۰۶/۰۱

تأیید نهایی: ۹۷/۰۸/۰۹

صفحات: ۳۷-۵۰

بررسی زمین لغزش‌های منطقه پشتکوه فریدون‌شهر با استفاده از مدل آنتروپی

دکتر سمیه سادات شاه‌زیدی^{۱*}، رؤیا حیاتی‌زاده^۲

چکیده

امروزه شهرها به دلایل متعدد در معرض آسیب ناشی از مخاطرات طبیعی قرار دارند. این مخاطرات که آسیب‌های جانی و مالی بسیاری با خود به همراه دارند، نیازمند اقدامات فوری و پیشگیرانه می‌باشند. منطقه پشتکوه یکی از شهرستان‌های فریدون‌شهر است. هدف از پژوهش حاضر، تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفیک در منطقه پشتکوه شهرستان فریدون‌شهر به وسعت حدود ۵۸۱ کیلومتر مربع واقع در غرب استان اصفهان است. روش انجام این تحقیق به دو صورت توصیفی - تحلیلی است که در بخش توصیفی با استفاده از مطالعات اسنادی و سپس با استفاده از عکس‌های هوایی، گوگل ارث، نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات میدانی، نقشه پهنه‌بندی زمین لغزش منطقه صورت گرفت و از طریق مدل آنتروپی در نرم‌افزار (Arc GIS 10) تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد، فاصله از گسل (۶۰/۸۴) درصد، زمین‌شناسی (۱۲/۴۹) درصد، جهت شیب (۱۱/۳۸) درصد، طبقات ارتفاعی (۷/۰۱) درصد، فاصله از آبراهه (۵/۷۴) درصد، شیب (۲/۵۹) درصد در وقوع زمین لغزش‌های منطقه اثرگذار بوده‌اند. نقشه پهنه‌بندی منطقه نشان می‌دهد که پهنه‌های کم خطر (۳۱) درصد، متوسط (۳۳) درصد و منطقه پرخطر (۳۶) درصد از منطقه را دربرمی‌گیرد. ساخت‌وساز با فاصله از گسل و لایه‌های زمین‌شناسی در نواحی پرشیب، ایمن‌سازی مسیرهای ارتباطی و کنترل اقدامات حفاری و خاک‌برداری در لایه‌های زمین‌شناسی، مهم‌ترین اقدام برای کاهش خسارت‌های حرکات دامنه‌ای در منطقه پشتکوه فریدون‌شهر هستند. واژه‌های کلیدی: زمین لغزش، پشتکوه، فریدون‌شهر، مدل آنتروپی.

مقدمه

مخاطرات طبیعی به‌عنوان یک عامل زیان‌بار در محیط فیزیکی برای انسان محسوب می‌شود که زمین‌لغزش یکی از این مخاطرات است و در بسیاری از نقاط جهان به‌وقوع می‌پیوندد. در این مخاطره حرکت، توده‌های خاک با حجم‌های مختلف جابه‌جا می‌شود و سازه‌ها و مناطقی که توسط انسان ساخته شده است، چنانچه در محدوده لغزش واقع شده باشند، از این جابه‌جایی متأثر خواهند شد (کمک‌پناه، حافظی مقدس، ۱۳۷۳: ۴۰۵).

در منطقه زاگرس نیز زمین‌لغزش یکی از فراوان‌ترین بلایای طبیعی است که همه‌ساله خسارات جانی و مالی کم‌وبیش فراوانی را در پی دارد. از مؤثرترین عوامل ایجاد لغزش‌ها در زاگرس وجود تناوب‌هایی از آهک‌های خردشده و ضخیم لایه و لایه‌های شیلی و مارنی است و عمده لغزش‌ها در امتداد لایه‌های نرم که در حالت اشباع و نیمه‌اشباع دارای مقاومت برشی پایین بوده، اتفاق افتاده است؛ به‌همین دلیل بارندگی‌ها عامل اصلی تحریک شیب‌ها در این منطقه می‌باشند (عیومیان و شعاعی، ۱۳۷۷: ۲۸۰). هدف از پهنه‌بندی، تقسیم‌بندی سطح زمین به نواحی همگن و درجه‌بندی آن‌ها برحسب میزان واقعی یا پتانسیل خطر زمین‌لغزش است. امروزه نیاز مدیریت خطر زمین‌لغزش به‌صورت کمی و نقشه‌های پهنه‌بندی وجود دارد. در این راستا مطالعات بسیاری صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود: کرمی و همکاران (۱۳۸۷) در تحقیقی با‌عنوان «پهنه‌بندی خطر رزه در شهرستان بستان‌آباد» به شناسایی و برآورد توان لرزه‌زایی گسل‌های فعال منطقه پرداختند و نواحی پرخطر تا کم‌خطر را ترسیم کردند و نتایج این پژوهش نشان داد که ۸۱/۴۳ درصد از مساحت این شهرستان در پهنه‌ای با خطر زیاد تا نسبتاً زیاد واقع شده است و ۶۲ درصد از جمعیت شهرستان و ۷۸ روستایی که در اطراف گسل تبریز زندگی می‌کنند، از خطرپذیری بسیار بالایی برخوردارند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۷: ۷۷).

فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی خطر زمین با استفاده از منطق فازی در منطقه رودبار پرداختند و نتایج به‌دست‌آمده از منطقه مورد مطالعه را به‌صورت نقشه پتانسیل خطر زمین تهیه و ارائه دادند. نقشه‌های ارائه‌شده شامل نقشه‌های خطر لغزش‌های خاکی و سنگی و ریزش و... است و نتایج به‌دست‌آمده بیانگر وقوع ۶۸/۳۰ درصد از خطرات زمین در سطحی برابر با ۴۴/۷۹ درصد بوده و تراکم آن در رده‌های با خطر بسیار بیشتر از مقدار آن در رده‌های خطر پایین است (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۴: ۴۳).

صفاری و مقیمی (۱۳۸۸) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان‌شهر تهران پرداختند و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که برخی از محدوده‌های کوهستانی کلان‌شهر تهران مستعد حرکات لغزشی با خطر متوسط بالا هستند. در زمان حاضر حدود ۸۷۵ هکتار از مناطق مسکونی محدوده‌های کوهستانی شهر در پهنه‌های با خطر متوسط به بالا توسعه یافته‌اند که در نتیجه آن خساراتی به برخی از واحدهای مسکونی وارد شده است. کامردهال (۲۰۰۸) با تهیه نقشه‌های وقوع خطر زمین‌لغزش در مناطق کوهستانی (همیالی)، که ابزاری اساسی برای مدیریت بحران در نواحی کوهستانی محسوب می‌شدند، به این نتیجه رسید که زیان‌های اجتماعی و اقتصادی از مخاطرات زمین (پدیده زمین‌لغزش) را می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی و مدیریت مؤثر کاهش داد که این رویکردها را محدودیت توسعه در مناطق مستعد، با استفاده از حفاری، درجه‌بندی، محوطه‌سازی و ساخت‌وساز، کدبندی، استفاده از اقدام‌های فیزیکی مانند زهکشی، اصلاح مورفومتری شیب برای جلوگیری از حرکات دامنه‌ای یا کنترل آن و توسعه سیستم‌های هشداردهنده دانست (Kumar dahal, 2008:496).

پورقاسمی و همکاران (۱۳۹۱) با هدف پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از تئوری بی‌زین در بخشی

ایمنی‌سازی مسیرهای ارتباطی، کنترل اقدامات حفاری و خاک‌برداری در سازند آسماری، مهمترین اقدامات برای کاهش خسارات حرکات دامنه‌ای در تاق‌دیس سیاه‌کوه هستند (یمانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۷).

سوری و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان «پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، حوضه کسمت» با استفاده از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی، نقاط مستعد لغزش شناسایی و نقشه پراکنش زمین لغزش تهیه شد و با قطع نقشه‌های عوامل مؤثر بر لغزش با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها، تأثیر هر یک از عوامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، جاده و آبراهه بر ناپایداری شیب‌ها در محیط نرم‌افزار GIS با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شد (سوری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۱).

مقیمي و همکاران (۱۳۹۲) به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار با استفاده از مدل تحلیل شبکه پرداختند و آثار زمین لغزش شهری را بر روند الگوی توسعه شهر رودبار بیان داشتند و نتایج آن‌ها با توجه به ترسیم نقشه نهایی زمین لغزش نشان‌دهنده سه محدوده به ترتیب درجات کم‌خطر (۴ درصد)، خطر متوسط (۷۱ درصد) و خطر بالا (۲۵ درصد) است که نشان‌دهنده فرایندهای مخاطره‌زا در محدوده شهری است. منطقه پشتکوه فریدون شهر نیز از مخاطرات طبیعی در امان نبوده است و در مطالعات میدانی و اسنادی و رصد نقشه‌های توپوگرافی و... شناخت عوامل مخاطره‌زا بررسی و تأیید شد و سعی شد این مقاله با روش‌های نوین در نرم‌افزار GIS بررسی شود. در منطقه مورد مطالعه، شناخت تأثیر میزان هر یک از عوامل شش‌گانه در رخداد زمین لغزش تهیه شد و در نهایت با استفاده از مدل آنتروپی به پهنه‌بندی مخاطرات زمین لغزش برای مدیریت هرچه بهتر در منطقه پرداخته شد.

از استان گلستان پرداخت و نتایج مدل نشان داد که دقت مدل احتمالاتی تهیه‌شده با رویکرد دوم مدل‌سازی حذف عامل جهت شیب از تحلیل‌ها در منطقه مورد مطالعه، ۷۱/۳۷ (خوب) برآورد شده است (پورقاسمی، ۱۳۹۱: ۱۰۹).

نوروزی خطیری و همکاران (۱۳۹۲) به تحلیل و بررسی ریسک مخاطرات چندگانه (سیل و زلزله) ساختمان‌های منطقه ۲۰ شهر تهران پرداختند و با توجه به عمر مفید ۵۰ ساله داده‌ها و احتمال خرابی سازه‌ها در سطوح مختلف براساس این مخاطرات ارزیابی شدند و با در نظر گرفتن روش‌های احتمالی تعیین ریسک مخاطرات چندگانه، میزان ریسک خرابی در نرم‌افزار GIS تعیین شد و نتایج به دست آمده نشان داد، ساختمان‌های آسیب‌دیده بنایی، فولادی و بتونی به ترتیب ۱/۲۵، ۱/۲۶ و ۱/۵ برابر افزایش می‌یابد (نوروزی خطیری و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۳).

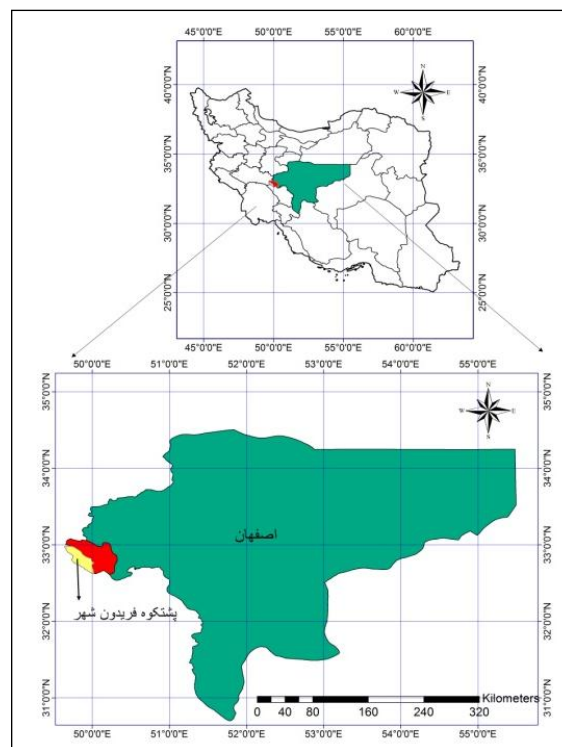
اکبر و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهش خود با هدف ارزیابی خطر زمین لغزش به کمک مدل فازی دانش‌مبنا و روش ترکیبی فازی-اوزان شاهد در منطقه مسکون جیرفت با دو روش فازی و هیبرید فازی اوزان شاهد، استفاده و به این نتیجه رسیدند روش هیبریدی با احتیاط بیشتر و با توجه به نقاط شاهد، مناطق مستعد لغزش را معرفی می‌کند؛ در نتیجه مناطق معرفی شده نسبت به روش فازی مساحت کمتری اشغال می‌کند (اکبر و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۶۰۱).

یمانی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی پتانسیل حرکات دامنه‌ای تاق‌دیس سیاه‌کوه در غرب ایران با مدل آنتروپی پرداخته و به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش پرداختند و نتایج نشان داد پهنه‌های کم‌خطر ۲۱/۷۶ درصد و ۷۸/۲۳ درصد از منطقه در پهنه‌ای با خطر متوسط و بالا قرار دارد و پتانسیل بالای منطقه در رخ داد زمین لغزش را نشان می‌دهد. ساخت‌وساز با فاصله از گسل‌وسازند آسماری پرشیب،

محدوده منطقه مورد مطالعه

فریدون شهر در حفاصل طول ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و سی و هفت دقیقه تا ۳۳ درجه و ۰۵ دقیقه عرض شمالی در رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. این منطقه در فاصله حدود ۱۸۰ کیلومتری

غرب اصفهان قرار دارد و میانگین ارتفاع آن ۲۵۰۰ متر است. این شهرستان دارای ۵ دهستان به نام‌های برف انبار، عشایر، پیشکوه موگویی، پشتکوه موگویی و چشمه لنگان است (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۷).



شکل ۱: موقعیت پشتکوه فریدون شهر در غرب استان اصفهان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

زمین‌شناسی و تحلیل ساختاری منطقه

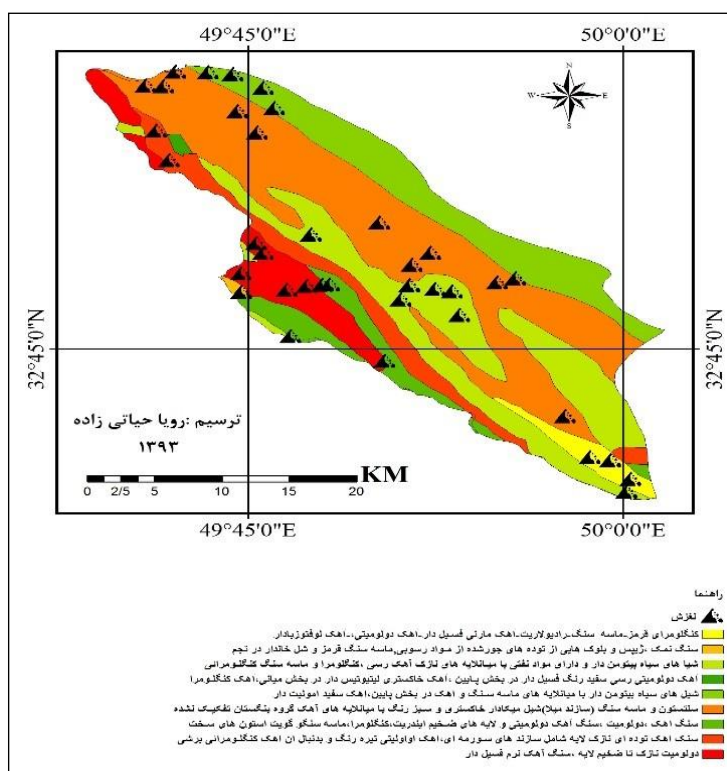
لیتولوژی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ناپایداری شیب است و می‌تواند بیان‌کننده ساخت، بافت و مقاومت و دوام نسبی یک توده سنگ باشد. ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌ها تا حدودی دوام و مقاومت آن‌ها را مشخص می‌کند. علاوه بر آن، تخلخل، فراوانی سطوح ضعف، شرایط و زمان تشکیل از جمله عواملی هستند که در مقاومت و پایداری سنگ‌ها مؤثر هستند (جلالی، ۱۳۷۹: ۱).

پدیده زمین لغزش در رسوب‌های ریزدانه، سست و شکل‌پذیر مانند رس، مارن از پدیده‌های شناخته شده است؛ ولی لغزش لایه‌های زمین‌شناسی یا چینه‌ای با سطح مقطع پلاننش، از فرایندهای دامنه‌ای است که در قلمرو زاگرس اتفاق می‌افتد و تقریباً می‌توان آن را از پدیده‌های خاص زاگرس میانی به‌شمار آورد؛ یعنی نوع لغزش که در آن عمل لغزش در سطح چینه‌شناسی سری رسوب‌ها و موازی با شیب دامنه صورت می‌گیرد.

تناوب لایه‌های سخت آهک در رو و مارن در زیر، شیب زیاد ساختمانی، دخالت تکتونیک و بالاخره نیروی ثقل از عوامل مؤثر در وقوع این پدیده محسوب می‌شود. آب حاصل از بارش باران یا ذوب برف از طریق درز و شکاف لایه‌های آهک رویی نفوذ کرده و به لایه‌های غیرقابل نفوذ مارن و شیل در زیر می‌رسند. لایه‌های سست مارن یا شیل با جذب آب به حالت خمیری و لغزنده درمی‌آیند و این امر موجب ناپایداری لایه‌های آهک رویی می‌شود. در جاهای که شیب دامنه زیاد باشد یا در فرسایش کناری رود، پی دامنه‌ها خالی شود و یا آن که تکان ناشی از زلزله به وقوع بپیوندد، لایه‌های آهک در اثر نیروی ثقل به طرف پایین حرکت خواهند کرد که نمونه آن بارها در زاگرس میانی اتفاق افتاده است (علایی طالقانی، ۱۳۹۰: ۱۳۹).

نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ تهیه شد و تفسیر عکس‌های

هوایی منطقه، همزمان با تعیین زمین لغزش‌ها، مرز لیتولوژی و سازندهای زمین‌شناسی مشخص شد و هنگام انتقال محدوده‌ها بر روی نقشه پایه، به موقعیت محدوده‌های زمین لغزش با مرز لیتولوژی توجه شد. یکی از لایه‌های اطلاعاتی که در اکثر روش‌های خطر زمین لغزش مورد استفاده قرار می‌گیرد، اطلاعات مربوط به زمین‌شناسی و واحدهای لیتولوژی است. لیتولوژی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ناپایداری شیب است و به‌طور کلی می‌تواند بیان‌کننده ساخت، بافت و مقاومت و دوام نسبی یک توده‌سنگ باشد. جنس سازندها و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها نقش بسزایی در پایداری و ناپایداری دامنه‌ها داشته است. سازندهای لار، دالان، میلا، کژدمی، سروک، سورگاه، ایلام، سورمه، گدوان و داریان است. بیشترین مساحت در منطقه را سنگ‌آهک و آهک و سنگ‌آهک با لایه‌های شیل، مارن، ماسه سنگ و ... تشکیل می‌دهد.



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی پشتکوه فریدون شهر

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

مواد و روش‌ها

روش انجام این تحقیق به صورت توصیفی-تحلیلی و نوع پژوهش توسعه‌ای-کاربردی است که با استفاده از مطالعات اسنادی، اطلاعات و داده‌های مورد نیاز گردآوری شده است. لایه‌های اطلاعاتی از قبیل شیب، توپوگرافی، پوشش گیاهی، نقشه ارتفاعی کاربری اراضی و... با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ و مدل ارتفاعی رقومی ایران^۱ تهیه شد. این نقشه‌ها به عنوان ابزار اصلی در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند و از نرم‌افزار ArcGis ۱۰/۳ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تهیه نقشه‌های مورد نیاز استفاده شد. با استفاده از عکس‌های هوایی و گوگل‌ارث زمین‌لغزش‌های منطقه شناسایی شد. سپس بازدید میدانی برای کنترل لایه‌های اطلاعاتی داده‌های سطح زمین و همچنین تهیه تصویر و عکس‌برداری از زمین‌لغزش‌ها اقدام شد. در ادامه با بررسی زمین-لغزش‌های رخ داده در منطقه ۶، عامل زمین‌شناسی، گسل، آبراهه، شیب توپوگرافی، جهت شیب و طبقات ارتفاعی به عنوان عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش مشخص شدند. این ۶ لایه اطلاعاتی به صورت رستر درآمده و میزان آن‌ها کمی شد. با توجه به ویژگی‌های برداشت‌شده از زمین‌لغزش‌های منطقه، براساس (جدول ۱) به هر لایه وزنی داده و بعد از طبقه‌بندی لایه‌ها ماتریس آنتروپی تشکیل شد (جدول ۲). ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که مدل آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود. هدف از مطالعه ارزیابی مدل آنتروپی در پهنه‌بندی وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه و میزان تأثیر هر یک از عوامل شش‌گانه در رخداد زمین‌لغزش‌ها و تهیه نقشه زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی است که در نهایت به ارائه راهکارهای علمی برای

مدیریت بهتر منطقه در مقابله با خطر زمین‌لغزش می‌انجامد و نتایج نشان می‌دهد این پژوهش رویکرد مهمی برای تهیه نقشه خطرپذیری زمین‌لغزش محسوب می‌شود. برای استفاده از این مدل، ابتدا باید ماتریس تصمیم‌گیری ایجاد شود. ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار می‌رود و با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل شش عامل مورد نظر؛ شامل نقشه شیب، جهت شیب، آبراهه، زمین‌شناسی، توپوگرافی، گسل Wj و میزان (Hi) به عنوان ضریب وقوع خطر زمین‌لغزش به دست می‌آید (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱). در این روش، محتوای اطلاعاتی موجود ماتریس تصمیم‌گیری ابتدا از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$p_{i,j} = \frac{r_{i,j}}{\sum_{i=1}^m r_{i,j}} \quad \text{رابطه ۱:}$$

و سپس مقدار (Ej) که ارزش آنتروپی است، از نتایج زیر رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$E_j = -K \sum_{i=1}^n p_{i,j} \ln p_{i,j} \quad \text{رابطه ۲:}$$

(K) یک ضریب ثابت است و (M) تعداد زمین‌لغزه‌ها را نشان می‌دهد که از رابطه ۳ به دست می‌آید

$$k = (\ln m)^{-1} \quad \text{رابطه ۳:}$$

عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار (dj) از کسر مقدار (Ej) از عدد یک به دست می‌آید و سرانجام وزن هر معیار با تابع زیر تعیین می‌شود (صغریور، ۱۳۸۵). پس از تشکیل ماتریس تقسیم و به دست آوردن مقدار (Ej) می‌بایست مقدار (Vj) را از رابطه شماره ۴ به دست آورد.

$$V_j = 1 - E_j \quad \text{رابطه ۴:}$$

(Vj) نماینگر درجه انحراف عدم اطمینان است. و سرانجام برای محاسبه وزن نهایی تمام عوامل (Wj) موجود، از رابطه ۵ استفاده می‌کنیم.

یافته‌های تحقیق

با توجه به برداشت‌های انجام‌گرفته طی بازدیدهای میدانی، بررسی عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای از منطقه و شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش، به هر یک از عوامل مورد مطالعه وزن کارشناسی اختصاص داده شد (جدول ۱). روش و میزان امتیازدهی به عوامل شش‌گانه را نشان می‌دهد. برای اجرای مدل، شش لایه اطلاعاتی به‌صورت رستر در آمده و طبقه‌بندی شده (شکل ۳) و سپس این لایه‌ها به‌عنوان داده‌ای اصلی برای ماتریس آنتروپی مورد استفاده قرار گرفتند.

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j} \quad \text{رابطه ۵:}$$

پس از محاسبه وزن کلی (Wj)، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از رابطه ۶ ارزیابی می‌شود.

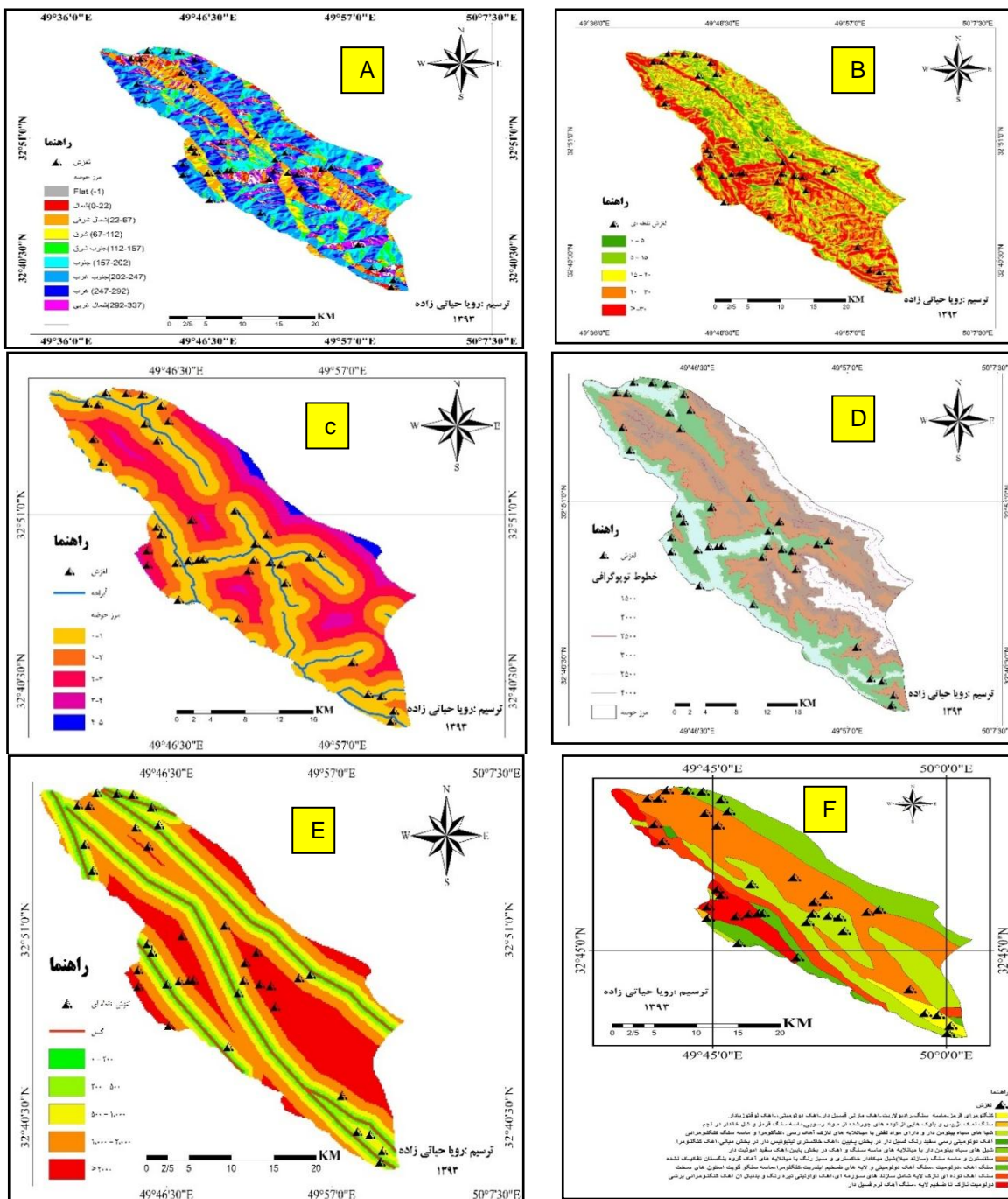
$$H_i = \sum_{j=1}^n W_j \times r_{i,j} \quad \text{رابطه ۶:}$$

در این رابطه (Hj) ضریب رخداد خطر زمین لغزش، (Wj) وزن نهایی تمام عوامل، (Xij) وزن هر یک از عوامل است. این رابطه مدل ناحیه‌ای میزان خطر زمین لغزش در منطقه مطالعاتی است (Zongji et al, 2010: 1336)

جدول ۱: امتیاز اختصاص‌یافته به هر یک از عوامل شش‌گانه

امتیاز	جهت شیب	امتیاز	طبقات ارتفاعی	امتیاز	گسل
۵	Falt	۱	۱۵۰۰	۵	۰-۲۰۰
۴	N	۷	۲۰۰۰	۴	۲۰۰-۵۰۰
۶	NE	۹	۲۵۰۰	۹	۵۰۰-۱۰۰۰
۵	E	۳	۳۰۰۰	۳	۱۰۰۰-۲۰۰۰
۹	SE	۱	۳۵۰۰	۷	>۲۰۰۰
۱	S	۱	۴۰۰۰		
۲	SW				
۷	W				
۶	NW				
امتیاز	آبراهه	امتیاز	زمین‌شناسی	امتیاز	شیب
۹	۰-۱	۶	EK	۷	۰-۵
۵	۱-۲	۷	IEK	۵	۵-۱۵
۳	۲-۳	۹	JKK	۳	۱۵-۲۰
۱	۳-۴	۵	JI	۸	۲۰-۳۰
۱	۴-۵	۱	Klaml	۹	>۳۰
		۳	Kb		
		۵	Pc		
		۶	Tr		
		۳	e		

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۳: لایه‌های رستر شده شش عامل مؤثر (A) جهت شیب، (B) شیب، (C) آبراهه،

(D) طبقات ارتفاعی، (E) گسل، (F) زمین‌شناسی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

منطقه، انتخاب و ماتریس آنتروپی برای آن‌ها تشکیل شد (جدول ۲).

در این پژوهش از داده‌های مربوط به ۳۸ زمین‌لغزش رخ داده در پشتکوه فریدون‌شهر استفاده شده است. در همین راستا شش عامل تأثیرگذار در هر ۳۸ زمین‌لغزش

جدول ۲: ماتریس آنتروپی برای عوامل شش‌گانه

زمین لغزش	شیب (درصد)	جهت شیب	فاصله از گسل	فاصله از آبراهه	طبقات ارتفاعی	زمین‌شناسی
۱	۱۰	جنوب شرقی	۳۵۰		۳۰۰۰	شیل سیاه، آهک رسی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ
۲	۳۰	شمال	۱۵۰۰	۰/۵	۳۵۰۰	شیل میکادار خاکستری و سبز، ماسه‌سنگ با میان‌لایه آهک
۳	۱۷/۵	شمال شرقی			۳۰۰۰	
۴	۱۰	جنوب شرقی	۲۰۰۰	۱/۵	۳۵۰۰	
۶	۲/۵	شمال	۱۵۰۰	۰/۵	۲۵۰۰	شیل میکادار خاکستری و سبز، ماسه‌سنگ با میان‌لایه آهک
۷	۱۷/۵	جنوب شرقی	۳۵۰		۳۰۰۰	
۸	۳۰	جنوب غربی	۱۰۰	۰/۵	۲۵۰۰	شیل سیاه بیتومن‌دار، آهک سفید آمولیت ماسه‌سنگ
۹	۱۷/۵	شمال	۷۵۰			
۱۰	۳۰	شمال شرقی	۱۵۰۰			
۱۱			۲۰۰۰			
۱۲		غرب		۲/۵	۳۰۰۰	شیل سیاه، آهک رسی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ
۱۳	۱۷/۵	جنوب	۷۵۰	۱/۵	۳۰۰۰	شیل سیاه بیتومن‌دار، آهک سفید آمولیت ماسه‌سنگ
۱۴	۳۰	جنوب شرقی				
۱۵	۲۵		۳۵۰	۰/۵	۲۵۰۰	شیل سیاه بیتومن‌دار، آهک سفید آمولیت ماسه‌سنگ
۱۶	۳۰	غرب	۲۰۰۰			
۱۷		جنوب غربی	۲۰۰۰			
۱۸	۲۵	جنوب	۷۵۰	۰/۵	۳۰۰۰	کنگلومرای قرمز، ماسه‌سنگ، رادیولاریت، آهک مارنی فسیل‌دار، آهک دولومیت
۱۹	۳۰	غرب			۲۰۰۰	
۲۰					۲۵۰۰	
۲۱	۳۰	جنوب شرقی		۱/۵	۳۰۰۰	سنگ آهک توده‌ای نازک‌لایه، آهک اولومیتی، آهک کنگلومرا
۲۲		غرب	۱۵۰۰	۰/۵	۲۵۰۰	شیل سیاه، آهک رسی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ
۲۳	۲۵	شمال غربی	۳۵۰	۱/۵	۳۰۰۰	
۲۴		جنوب	۱۵۰۰	۲/۵	۲۵۰۰	دولومیت نازک‌لایه تا ضخیم‌لایه، سنگ آهک نرم فسیل‌دار
۲۵	۳۰	جنوب غربی	۲۰۰۰		۱۵۰۰	سنگ نمک، ژپیس، ماسه‌سنگ قرمز، شیل خالدار
۲۶		جنوب شرقی	۷۵۰	۰/۵	۲۰۰۰	سنگ آهک توده‌ای نازک‌لایه، آهک اولومیتی، آهک کنگلومرا

ادامه جدول ۲: ماتریس آنتروپی برای عوامل شش‌گانه

زمین‌لغزش	شیب (درصد)	جهت شیب	فاصله از گسل	فاصله از آبراهه	طبقات ارتفاعی	زمین‌شناسی
۲۷		غرب	۱۵۰۰		۳۵۰۰	شیل میکادار خاکستری و سبز، ماسه‌سنگ با میان‌لایه آهک
۲۸		جنوب شرقی	۷۵۰		۲۰۰۰	سنگ آهک نرم فسیل‌دار، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، دولومیت لایه‌ضخیم ایندریت
۲۹			۲۰۰۰		۱۵۰۰	
۳۰	۲۵	شمال	۱۰۰		۲۰۰۰	دولومیت نازک‌لایه تا ضخیم‌لایه، سنگ آهک نرم فسیل‌دار
۳۱	۳۰	جنوب شرقی	۲۰۰۰		۱۵۰۰	سنگ آهک نرم فسیل‌دار، ماسه‌سنگ، کنگلومرا، دولومیت لایه‌ضخیم ایندریت
۳۲	۲۵	شرق	۱۵۰۰			
۳۳	۳۰	شمال شرقی	۷۵۰		۲۰۰۰	سنگ آهک نرم فسیل‌دار
۳۴	۲۵	شرق				
۳۵		جنوب شرقی	۲۰۰۰			شیل میکادار خاکستری و سبز، ماسه‌سنگ با میان‌لایه آهک
۳۶	۳۰			۱۰۰	۱/۵	۲۵۰۰
۳۷		شمال غربی	۷۵۰	۰/۵	۳۰۰۰	شیل میکادار خاکستری و سبز، ماسه‌سنگ با میان‌لایه آهک
۳۸	۲۵	جنوب	۲۰۰۰		۱۵۰۰	کنگلومرا، دولومیت لایه‌ضخیم ایندریت

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

پس از تبدیل معیارها به عدد صحیح و تشکیل ماتریس اولیه جدول (۲)، مقدار (p_{ij}) با استفاده از رابطه ۱ و مقدار (k) با رابطه ۳ به دست آمده و برای محاسبه (E_j) برای هر عامل، از رابطه ۲ استفاده شده است که مقادیر آن در جدول (۳) مشاهده می‌شود. در این رابطه، (E) از توزیع احتمال (P_i) براساس سازوکار آماري محاسبه شده است و مقدار آن در صورت تساوی (p_i) ها با یکدیگر، بیشترین مقدار ممکن خواهد بود (اصغریور، ۱۳۸۵: ۱۹۶). سپس عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار (d_j) از کسر مقدار (E_j) از عدد یک به دست آمده است. با استفاده از رابطه ۴، وزن هر یک از معیارهای استفاده شده در ماتریس آنتروپی زمین‌لغزش (w_j) که شامل شیب

پس از تبدیل معیارها به عدد صحیح و تشکیل ماتریس اولیه جدول (۲)، مقدار (p_{ij}) با استفاده از رابطه ۱ و مقدار (k) با رابطه ۳ به دست آمده و برای محاسبه (E_j) برای هر عامل، از رابطه ۲ استفاده شده است که مقادیر آن در جدول (۳) مشاهده می‌شود. در این رابطه، (E) از توزیع احتمال (P_i) براساس سازوکار آماري محاسبه شده است و مقدار آن در صورت تساوی (p_i) ها با یکدیگر، بیشترین مقدار ممکن خواهد بود (اصغریور، ۱۳۸۵: ۱۹۶). سپس عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار (d_j) از کسر مقدار (E_j) از عدد یک به دست آمده است. با استفاده از رابطه ۴، وزن هر یک از معیارهای استفاده شده در ماتریس آنتروپی زمین‌لغزش (w_j) که شامل شیب

درجه عدم اطمینان از اطلاعات ایجاد شده به‌ازای هر کدام از شاخص‌ها به قرار زیر است:

$V_{ij} = (0/011088)$ ، $(22/93078)$ ، $(0/02088)$ ، $(0/01168)$ ، $(0/10034)$ ، $(0/32354)$

و سرانجام برای اوزان (w_j) از شاخص‌های موجود خواهیم داشت:

پس از تبدیل معیارها به عدد صحیح و تشکیل ماتریس اولیه جدول (۲)، مقدار (p_{ij}) با استفاده از رابطه ۱ و مقدار (k) با رابطه ۳ به دست آمده و برای محاسبه (E_j) برای هر عامل، از رابطه ۲ استفاده شده است که مقادیر آن در جدول (۳) مشاهده می‌شود. در این رابطه، (E) از توزیع احتمال (P_i) براساس سازوکار آماري محاسبه شده است و مقدار آن در صورت تساوی (p_i) ها با یکدیگر، بیشترین مقدار ممکن خواهد بود (اصغریور، ۱۳۸۵: ۱۹۶). سپس عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار (d_j) از کسر مقدار (E_j) از عدد یک به دست آمده است. با استفاده از رابطه ۴، وزن هر یک از معیارهای استفاده شده در ماتریس آنتروپی زمین‌لغزش (w_j) که شامل شیب

درصد، فاصله از گسل ۶۰/۸۴ درصد، فاصله از آبراهه ۵/۷۴ درصد، زمین‌شناسی ۱۲/۴۹ درصد و طبقات ارتفاعی ۷/۰۱ درصد است که در وقوع زمین لغزش‌های منطقه اثرگذار بوده است. جدول (۴) درصد تأثیرگذار پایین برای سازند و شیب به سبب امتیازات برابر اکثر زمین لغزش‌ها در این ۲ پارامتر است؛ یعنی بیشتر زمین لغزش‌ها در یک نوع سازند و در یک شیب مشابه واقع شده‌اند. با توجه به رابطه بالا، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۴). با قراردادن موقعیت زمین لغزش‌های منطقه مشخص شد که از ۳۸ زمین لغزش رخ داده در منطقه مورد مطالعه، ۱۷ زمین لغزش در پهنه خطر متوسط و ۱۲ زمین لغزش در پهنه خطر بالا واقع شده‌اند.

$$W_{ij} = (0/11310), (0/608436), (0/25992), (0/57431), (0/12249), (0/70134)$$

بنابراین مدل ناحیه‌ای میزان خطر زمین لغزش در منطقه با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$H = (S * 0/025992) + (A * 0/0608436) + (DF * 0/113107) + (R * 0/57431) + (L * 0/12249) + (E * 0/70134)$$

در این رابطه، شیب (S)، جهت شیب (A)، گسل (DF)، آبراهه (R)، زمین‌شناسی (L)، ارتفاعی (E) است. با توجه به ویژگی‌های طبیعی و جغرافیایی منطقه و روش آنتروپی که برای وزن‌دهی به کار رفته است، میزان تأثیر عوامل شش‌گانه مؤثر در زمین لغزش متفاوت است. شیب ۲/۵۹ درصد، جهت شیب ۱۱/۳۱

جدول ۴: میزان تأثیر عوامل مؤثر در زمین لغزش‌های منطقه پشتکوه فریدون شهر

عوامل مؤثر	شیب	جهت شیب	گسل	آبراهه	زمین‌شناسی	طبقات ارتفاعی	مجموع
درصد تأثیرگذار	۲/۵۹	۱۱/۳۱	۶۰/۸۴	۵/۷۴	۱۲/۴۹	۷/۰۱	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

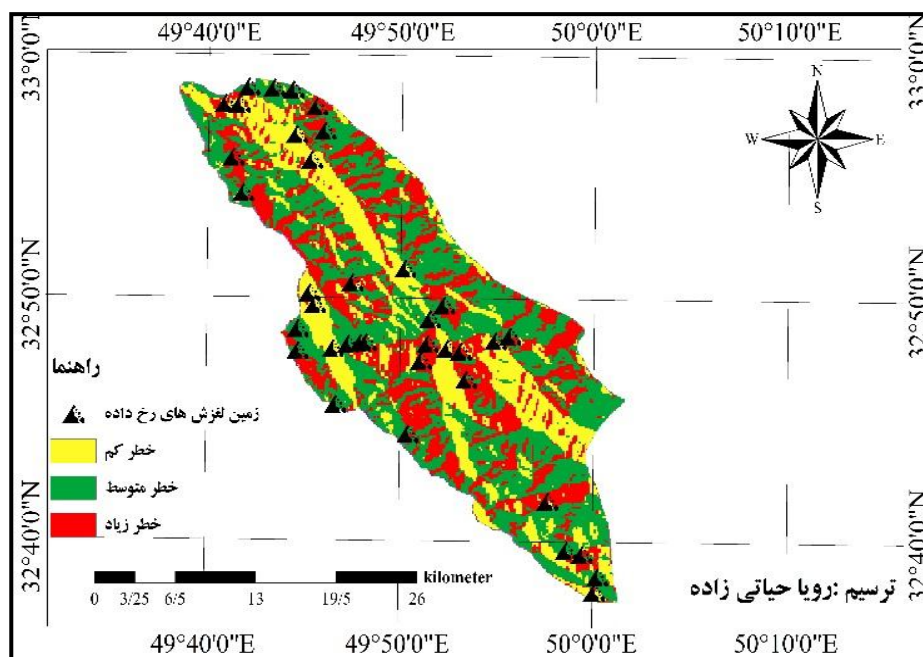
مشخص شده که از ۳۸ تا زمین لغزش رخ داده در منطقه پشتکوه فریدون شهر، ۹ لغزش در پهنه کم‌خطر و ۱۷ لغزش در پهنه متوسط و ۱۲ لغزش در پهنه پرخطر محاسبه شده است.

در ادامه با استفاده از وزن به دست آمده، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش منطقه پشتکوه فریدون شهر شکل (۴) تهیه شده است. با قرار دادن موقعیت زمین لغزش‌ها بر روی نقشه پهنه‌بندی

جدول ۵: مساحت و درصد مناطق خطر زیاد، متوسط، کم خطر زمین لغزش

منطقه	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	تعداد زمین لغزش	درصد زمین لغزش
کم‌خطر	۱۸۱/۱۱	۳۱	۹	۲۳/۶۸
خطر متوسط	۱۹۱/۷۳	۳۳	۱۷	۴۴/۷۳
پرخطر	۲۰۹/۱۶	۳۶	۱۲	۳۱/۵۸
مجموع	۵۸۱	۱۰۰	۳۸	۱۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۴: نقشهٔ پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش پشتکوه فریدون شهر

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

۳۵۰۰ متر است و در فاصله طبق ۲۰۰-۰ متر گسل‌ها دارد. در مجموع این منطقه از نظر زمین‌لغزش جزء مناطق پرخطر استان اصفهان واقع شده که مساحت آن ۵۸۱/۵ کیلومترمربع است. منطقهٔ پرخطر در نقشه پهنه‌بندی نشان می‌دهد که نواحی مرکزی منطقه که شامل پشتکوه اول می‌شود، از حوالی پل چغاگلی تا پشندگان و روستاهای هومه به صورت خطی در امتداد هم واقع شده است. وجود روستاها و مناطق مسکونی به علت وقوع زمین‌لغزه‌ها در کوهپایه‌ها واقع شده که حدود ۳۹٪ از روستاها در معرض زمین‌لغزش واقع شده‌اند.

نتیجه

محدودهٔ مورد مطالعه در ۱۳۰ کیلومتری غرب اصفهان واقع شده است. نقشهٔ پهنه‌بندی زمین‌لغزش به دست آمده نشان می‌دهد که مناطق با خطر رخداد زیاد در قسمت‌های جنوب شرقی واقع شده‌اند. این نواحی شیب زیاد و ارتفاع بالایی دارند و در حریم

با توجه به جدول (۵)، در منطقهٔ پشتکوه فریدون شهر، پهنه‌های کم‌خطر (۳۱) درصد، محدودهٔ خطر متوسط (۳۳) درصد و منطقهٔ پرخطر (۳۶) درصد را شامل می‌شود که بیانگر پتانسیل بالای منطقه در رخداد زمین‌لغزش است. با توجه به نقشهٔ پهنه‌بندی شکل (۴) آشکار می‌شود که منطقهٔ پرخطر در شیب‌های ۳۰ درجه به بالاست که ارتفاعی بین ۲۵۰۰ متر دارد و در فاصلهٔ ۲۰۰۰ متر به بالا از گسل‌ها قرار گرفته است. این محدوده بیشتر در سازندهای مارنی و رادیولاریت‌ها هوازده رخ داده و از نظر زمین‌شناسی در تقسیم‌بندی لیتولوژی از لحاظ استعداد در برابر لغزش از دو سازند با سن متفاوت در یک گروه قرار دارد و بیشتر در سنگ‌های آهک توده‌ای نازک‌لایه، آهک‌رسی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ، سنگ نمک و ژپس قرار گرفته است. از نظر جهت شیب بیشتر شیب‌های جنوب شرقی را در بر می‌گیرد. پهنه‌های کم‌خطر شیبی در طبقهٔ ۵-۰ درجه قرار دارند و در سطوح ارتفاعی کمتر از ۱۵۰۰ متر و بالاتر از

حدود ۳۹ درصد روستاها در معرض زمین لغزش‌ها واقع شده‌اند؛ بنابراین پرهیز از هرگونه ساخت‌وساز در فاصله نزدیک به گسل‌ها و مناطق دارای سازنده‌های مارنی و رادیولاریت با شیب‌های تند و پهنه‌های پرخطر و خطر متوسط است و به‌کاربردن عملیات ایمنی‌سازی برای مسیرهای ارتباطی که از چنین محدوده‌هایی عبور داده شده‌اند، ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

- اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۵). تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، تهران. انتشارات دانشگاه تهران. ۱.
- اکبر، سمیه؛ رنجبر، حجت‌الله؛ کرمی نسب، سعید؛ عبدالملکی، مهدی (۱۳۹۲). ارزیابی خطر زمین لغزش به کمک مدل فازی دانش‌مبنا و روش ترکیبی فازی- اوزان شاهد در منطقه مسکون جیرفت، فصل‌نامه زمین‌شناسی مهندسی. دانشگاه خوارزمی. دوره ۷. شماره ۱.
- اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان (۱۳۷۶). طرح تفصیلی منابع طبیعی تجدیدشونده حوضه پشتکوه فریدون شهر، گزارش تلفیق.
- پورقاسمی، حمیدرضا؛ حمیدرضا مرادی؛ مجید محمدی؛ رئوف مصطفی‌زاده؛ عباس‌گلی جیرنده (۱۳۹۱). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از تئوری بی‌زین، مجموعه علوم و فنون کشاورزی. علوم آب و خاک. سال ۱۶. شماره ۶۲. صفحات ۱۲۱-۱۰۹.
- جلالی، نادر (۱۳۷۹). گزارش نهایی طرح ارزیابی روش‌های متداول پهنه‌بندی خطر زمین لغزش به‌منظور یافتن سازگارترین روش با شرایط کشور، طرح تحقیقات حفاظت خاک و آب‌خیزداری.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح با نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ برگه‌های (وه‌رگان- وستگان- فریدون شهر- قلعه‌سرخ).
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۱۰۰۰۰۰.
- گسل‌های منطقه و در قلمرو سازنده‌های مارنی و رادیولاریت‌ها قرار گرفته‌اند. پهنه‌های خطر متوسط و بالا در دامنه‌های جنوب غربی، جنوبی، غربی شیب دارند و لغزش زیادی دارند و منطبق بر ارتفاعی بیشتر از ۲۵۰۰ متر است. از نظر لیتولوژی در سنگ‌های شامل سنگ‌آهک توده‌ای نازک‌لایه، ماسه‌سنگ، سنگ نمک، کنگلومرا و ژئوپس قرار دارد. پهنه‌های کم‌خطر در قسمت‌های (شرق، شمال غربی) در طبقات ارتفاعی کمتر از ۱۵۰۰ متری و منطبق بر سازنده‌های شیل سیاه بیتومن‌دار یا میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ یا آهک سفید آمولیت‌دار و با شیب ۵-۰ درجه و در گسل‌های ۵۰۰-۲۰۰ متری قرار گرفته است. منطقه مورد مطالعه، مساحتی بالغ بر ۵۸۱ کیلومتر مربع است و ۳۸ زمین لغزش در آن رخ داده است. دقت‌سنجی نقشه پهنه‌بندی نهایی با زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد، ۳۶ درصد زمین لغزش‌های رخ داده در پهنه خطر بالا، ۳۳ درصد خطر متوسط و ۳۳ درصد در پهنه کم‌خطر قرار گرفته است. این مسأله نشان می‌دهد، در پهنه‌بندی لغزش‌های منطقه‌ای، مدل آنتروپی دقت و روایی لازم را از خود نشان می‌دهد و در نهایت می‌توان چنین نتیجه گرفت که منطقه مورد مطالعه جزء نواحی پرخطر استان اصفهان به‌شمار می‌آید. پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه با مدل آنتروپی نشان داد، مهم‌ترین عامل در بروز زمین لغزش‌های منطقه، گسل‌ها هستند که با ۶۰/۸۴ درصد تأثیرگذاری مهم‌ترین عامل بروز لغزش‌های منطقه بوده است. بارندگی‌ها نقش مهمی در شروع لغزش‌های منطقه دارد، به‌خصوص در زمان بارندگی‌های شدید، تحریک و وقوع حرکات توده‌ای را می‌توان انتظار داشت. بر این اساس حدود ۵۰ درصد از محدوده‌های لغزشی با بارندگی سالیانه ۶۲۰-۵۹۰ میلی‌متر است. وجود روستاها و مناطق مسکونی به علت وقوع زمین لغزش‌ها در کوهپایه‌ها واقع شده‌اند و

- سوری، سلمان؛ سیامک بهاروند؛ رضا احمدیان مقدم؛ مریم دهبان (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی، فصل‌نامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. دوره ششم. شماره ۴. صفحات ۳۱-۱۵.
- صفاری، امیر؛ ابراهیم مقیمی (۱۳۸۸). ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان‌شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی سال ۴۱. شماره ۶۷.
- فاطمی‌عقدا، سید محمود؛ جعفر غیومیان؛ محب تشنه‌لب؛ عقیل اشقلی‌فراهانی (۱۳۸۴). بررسی خطر زمین‌لغزش با استفاده از سیستم فازی در منطقه رودبار، مجله علوم دانشگاه تهران. جلد ۳۱. شماره ۱. صفحات ۶۴-۴۳.
- علایی‌طالقانی، محمود (۱۳۹۰). ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس.
- غیومیان، جعفر؛ ضیاء‌الدین شعاعی (۱۳۷۷). زمین‌لغزش روستای آبی‌کار استان چهارمحال بختیاری، مجموعه مقالات دومین همایش ملی رانش زمین و راه‌های مقابله تا خطرات آن.
- کمک‌پناه، علی؛ ناصر حافظی‌مقدس (۱۳۷۳). روش‌های پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش، مجموعه مقالات کارگاه تخصصی بررسی راهبردهای کاهش خسارات زمین‌لغزش در کشور.
- کرمی فریبا؛ مریم بیاتی؛ داوود مختاری‌کشکی (۱۳۸۷). خطر زمین‌لرزه و تحلیل ریسک‌پذیری مراکز جمعیتی از زلزله شهرستان بستان‌آباد، آذربایجان شرقی. تحقیقات جغرافیایی. دوره ۲۳. شماره ۴. صفحات ۹۶-۷۷.
- مقیمی، ابراهیم؛ مجتبی یمانی؛ سعید رحیمی‌هرآبادی (۱۳۹۲). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهر رودبار با استفاده از فرایند تحلیل شبکه، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. شماره ۴. صفحات ۱۱۸-۱۰۳.
- مقیمی، ابراهیم؛ سجاد باقری؛ طاهر صفراد (۱۳۹۱). پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه موردی: تاقدیس نثار زاگرس شمال غربی)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۹. صفحات ۹۹-۷۷.
- یمانی، مجتبی؛ پریسا پیرانی؛ فاطمه مرادی‌پور؛ عارقه شعبانی‌عراقی؛ ابوالقاسم گورابی (۱۳۹۳). ارزیابی ژئومورفولوژیکی پتانسیل زمین‌لغزش تاقدیس سیاه‌کوه، غرب ایران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۱۸. شماره ۳. پاییز ۱۳۹۳. صفحات ۱۷۰-۱۴۸.
- نوروزی‌خطیری، خدیجه؛ بابک امیدوار؛ بهرام ملک‌محمدی؛ سجاد گنجه‌ای (۱۳۹۲). تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه ۲۰ تهران)، فصل‌نامه جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۷. صفحات ۶۸-۵۳.
- Kumar Dahal, R (2008). Predictive Modeling of Rain Fall- induced Landslide Hazrd in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights-of- evidence, Geomorphology, Vol .102, PP. 496-510.
- Zongji, Y et al (2010). Regional Landslide zonation Based on Entropy Method in Three Gorges Area, chea, seventh In ternational conferenceon Fuzzy systems and knowledge Discovery.

A Survey on Landslides of Poshtkuh Region in Fereydounshahr by Entropy Model

Dr. SomayehSadat Shahzeidi
Assistant Professor of Geomorphology
University of Guilan

Roya Hayatezadeh
M.A of Geography

Introduction

Today, cities are exposed to natural hazards for many reasons. These risks, that are associated with many human and financial damage, require urgent and preventive measures. Poshtkouh is one of the cities of Fereydounshahr. The purpose of the present study was to analyze and zonate geomorphic hazards in Poshtkouh area of Fereydoun Shahr city, with about 581 square kilometers located in the west of Isfahan province. The method of this research is descriptive-analytic. In descriptive part, using documentary studies and then using aerial photographs, Google Earth, geological maps and field studies, the land-slope zoning map was carried out and through entropy model The Arc GIS 10 software was developed. The results show that the distance from fault (60.84), geology (12.49%), direction of gradient (11.38%), elevation classes (7.17%), distance from the river (5.74%), slope (2.59%) were affected by the occurrence of landslides in the region. The zoning map of the area shows that low risk zones (31%), moderate (33%) and high risk areas (36%) of the region are included. Construction with distances from faults and geological layers in the high-gliding areas, immunization of communication paths and control of excavation and excavation operations in the geological layers are the most important steps to reduce the damage of the slope motions in Poshtkuh zone area of Fereydoun Shahr.

Methods and Material

The method of this research is descriptive-analytic and its type is developmental-practical and, using documentary studies, and the required data and information were gathered. Information layers such as slope, topography, vegetation cover, land use altitude map, etc. were prepared using topographic maps of 1: 50000, geological maps of 1:100000 and 1:250000 and digital elevation model of Iran. These maps were used as the main tool in this study and ArcGIS 3.0 was used to analyze the data and preparation of the required maps. Using air photos and Google Earth, landslides were identified. Then a field survey was conducted to control the data layers of land. In the following, landslides were investigated in the area of 6 factors: geology, fault, waterway, topography slope, direction of gradient, elevation classes as factors influencing landslide occurrence. These six layers of information were converted in to Raster layers and digital data. Due to the characteristics of the landslides area taken, the weight of each layer and the entropy for the classification matrix layer was formed. Decision Matrix contains information that entropy can be used as a criterion for evaluation.

Results and Discussion

By studying the landslide location of the area, it was determined that 38 landslides occurred in the area, 7 landslides in the low risk zone, 17 landslides in the middle danger zone and 12 landslides in the high risk zone, and showed low zones. The danger is 31% of the area, the areas with a medium risk of 33% and 36% in the high risk area. Which states that the region has a high potential in landslide events. According to the zoning map of the area, it became apparent that the high-risk area is on slopes above 30 degrees, with an altitude of 2500 meters and at a distance of 2000 meters up to the faults. This area has occurred mostly in marl formations and weathered radiolarites, and consists of thin lime rock, limestone, clay loam, conglomerate and sandstone, rock and gypsum. According to the direction of gradient, most slopes are south-east. Low risk zones are located between 0-5 degrees. At altitudes less than 1500 meters and above 3500 meters. And at a distance of 200-0 meters from the faults. In total, this area is located in landslide in high risk areas of Isfahan province with 581/5 square kilometers. The high-risk area in the zoning shows that central areas, including the first Poshtkuh are located linearly along the Choghagolie Bridge to Pashandegan and countryside. The existence of villages and inhabitable areas are due to the occurrence of landslides in the foothills and about 39% of them are located in landslide.

Conclusion

In zoning of landslides of the study area, the entropy model shows the accuracy and validity, and finally, it can be said that the studied area is considered as high risk areas of Isfahan province. The zonation of the studied area with entropy model showed that the most important factor in the occurrence of landslides in the area are faults and with 60.84 percent, the area is affected by the creation of landslides. Rainfall also plays an important role in the initiation of landslides in the region, especially during heavy rainfall and massive movements can be expected. Accordingly, about 50% of slippery areas with an annual rainfall of 620-590 mm. About 39% of the villages encounter landslides.

Therefore, avoiding any construction in the near the faults and areas with a Marn and Radiolarite, with steep slopes, and high and medium risk areas.

Keywords: Landslides, Poshtkuh, Fereydoun shahar, Entropy Model.

References

- Asgharpour, Mohammad Jawad, *Multicriteria Decisions*, Tehran: Tehran University Press, 2006.
- Akbar, Somayeh et al (2013). Landslide hazard assessment using Fuzzy-based fuzzy model and Fuzzy combination method-Maqan control in Maskoun-Jiroft area, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, Kharazmi University, Vol. 7, P. 1
- Natural Resources Office of Isfahan Province (1997). Detailed plan of renewable natural resources of Farsidehshahr poshtkoh Basin, Integration Report.
- Pour Ghasemi, Hamid Reza et al (2012). Landslide hazard zonation using Bayesian theory, *Agricultural science and technology collection, Water and Soil Science*, Vol.16, No.62, PP.109-121
- Jalali, Nader (2000). Final report of the Landscape Landslide Risk Assessment (SAR), in order to find the most consistent method with the country's conditions, is a research project on soil and water conservation.

- Geographic organization of the armed forces with topographic maps of 1:50000 sheets (Wohran-Ostgan-Faridounshahr-Galeh sorkh).
- Geological Survey and Mineral Exploration Geological Plans 250000/1 and 100000/1
- Suri Salman (1394). Landslide hazard zonation using artificial neural network method, Quarterly Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources, Vol. VI, P.4, PP.15-31.
- Fatemi Aghda et al (2005). Risk of landslide risk using a fuzzy system in Rudbar area, Journal of Science, University of Tehran, Vol. 31, No. 1, PP. 43-64.
- Alaei Taleghani, Mahmoud (2011). Geomorphology of Iran, Qomes Publications
- Ghyumyan, Jafar, Shoaee, Ziauddin (1998). Landslide of the Blue Village of Chaharmahal-Bakhtiari province, Proceedings of the 2nd National Conference on Earth Traffic and Coping Routes to Its Risks.
- komakpanah, Ali, Hafezi Moghadas, Nasser(1994).Landslide hazard zonation methods,Proceedings of the specialized workshop on the study of strategies for reducing landslides in the country.
- Karami Fariba et al (2008). The risk of earthquakes and the risk analysis of population centers of the earthquake (Bostanabad, East Azarbaijan, Geographical Survey, Vol.23, Issue 4, PP. 77-96.
- Moghimi Ebrahim, et al (2013). Evaluation and zoning of landslide hazard in Roodbar city using network analysis process, Quantitative Geomorphology Researches, No. 4, PP.103-118.
- Moghimi, Ebrahim javad Bagheri, Taher Safarrad (2012). Landslide hazard zonation by entropy model, Case study: Northwest Zagros northeast, Natural Geography Research, No. 79, PP.77-99.
- Yamani Mojtaba, et al (1393). Giomorphological evaluation of the potential of landslide in the anticline of Black Mountain, West of Iran, Planning and space design, Vol.18, Number 3, Autumn 2014. PP.148-170.
- Nowroozi Khatieri, Khadijeh et al (1392). Risk Analysis of Urban Municipal Floods and Earthquakes (Case Study of Tehran Region 20), Journal of Geography and Environmental Studies, No. 7, PP. 53-68.
- Kumar Dahal , R (2008). Predictive Modeling of Rain Fall- induced Landslide Hazrd in the Lesser Himalaya of Nepal Based on Weights – of – evidence , Geomorphology , Vol .102, PP. 496-510.
- Zongji,Y,et al (2010). Regional Landslide zonation Based on Entropy Method in Three Gorges Area , chea ,seventh In ternational conferenceon Fuzzy systems and knowledge Discovery.