

پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با مدل آماری دو متغیره وزنی AHP در استان گلستان

سولماز خزایی موغانی^۱، ناصر بای^۲، نادر اویسی^۳

۱. دانشجوی دکترای آبخیزداری، گلستان، ایران.

Email:so.khazaei@gmail.com

۲. دکترای اقلیم‌شناسی، مرکز علمی - کاربردی هلال احمر استان گلستان، ایران.

۳. مدیر امور پژوهشی، مؤسسه آموزش عالی علمی - کاربردی هلال احمر، تهران، ایران.

دریافت: ۹۲/۱۱/۱۲ پذیرش: ۹۳/۷/۱

چکیده

مقدمه: زمین لغزش یکی از خطرات طبیعی است که همه ساله خسارت جانی و مالی فراوانی در کشور به همراه دارد و باعث تخریب جاده‌های ارتباطی، مراتع، مناطق کوهستانی، ایجاد فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیز می‌شود.

روش‌ها: در این پژوهش، خطر زمین لغزش واقع در استان گلستان با مدل آماری دو متغیره تراکم سطحی، وزن‌دهی شده با روش AHP ارزیابی شد. ابتدا با بازدید میدانی و استفاده از اطلاعات محلی از زمین لغزش‌های موجود (تعداد و مساحت) فهرست‌برداری شد و نقشه پراکنش زمین لغزش به تفکیک شهرستان تهیه گردید.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، نقشه خطر نسبی با ۶ کلاس تهیه گردید که بیشترین و کمترین تعداد زمین لغزش‌ها به ترتیب در شهرستان مراوه تپه و آق‌قلا رخ داده است و بیشترین مساحت لغزش در شهرستان علی‌آباد می‌باشد. همچنین شهرستان‌های کلاله کردکوی و علی‌آباد بیشترین درصد از طبقه خطر بسیار زیاد و شهرستان‌های گنبد، رامیان، ترکمن و گمیشان کمترین درصد از طبقه خطر بسیار زیاد را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: تجزیه و تحلیل عوامل وقوع زمین لغزش در هر یک از شهرستان‌های استان گلستان، نشان می‌دهد که عوامل مؤثر در زمین لغزش از اهمیت متفاوتی برخوردارند.

کلمات کلیدی: زمین لغزش، پهنه‌بندی خطر، روش

AHP

مقدمه

بلاهای طبیعی از زمان های بسیار دور، همواره با تهدید منابع و زندگی، مشکلات عدیده ای را برای بشر به وجود آورده است. لذا امروزه شناسایی راه حل های مناسب برای تسکین، کنترل و کاهش خسارت ناشی از وقوع حوادث طبیعی، مورد توجه مراکز تحقیقاتی، دانشگاه ها و سازمان های جهانی است. در بین ۴۳ خطر طبیعی تهدید کننده زندگی بشر و منابع طبیعی، پدیده زمین لغزش با وجود تفاوت های شدید وابسته به شرایط محیطی، از جایگاه خاصی برخوردار است (۱۱). عوامل متعددی مانند شرایط زمین شناسی، شرایط هیدرولوژیکی، وضعیت توپوگرافی، مورفولوژی، آب و هوا و هوازگی بر پایداری یک دامنه تأثیر می گذارند و می توانند باعث ایجاد لغزش شوند (۱۵). مناطق شمالی کشور از جمله مناطقی هستند که میزان درصد زمین لغزش آنها به طور نسبی زیاد است و همچنین ترکیب عوامل طبیعی و انسانی باعث وقوع خسارت های زیاد ناشی از این پدیده شده است. بررسی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش های یک منطقه و پهنه بندی خطرهای حاصل از آن می تواند کمک مؤثری در کاهش خسارت های حاصل از این پدیده با دوری جستن از این مناطق بنماید، با این هدف لازم است تا نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش برای این مناطق تهیه گردد. شرایط زمین شناسی یکی از عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش های استان گلستان می باشد، وجود رخنمون های وسیع از سازندهای حساس به لغزش از قبیل شیست های گرگان، سازند شمشک، سازند خوش ییلاق،

لس های کواترنر و همچنین خاک رویی نسبتاً ضخیمی که روی سازندها تشکیل شده موجب گردیده که سطح قابل توجهی از استان به طور بالقوه دارای شرایط وقوع حرکت توده ای باشد. در کنار این عوامل عامل انسانی نیز با استفاده نادرست از منابع طبیعی، تغییر کاربری و احداث جاده های متعدد روستایی و جنگلی در سطح استان حرکت های توده ای را بسیار تشدید می کند (۵). اصل و پایه روش های کیفی برپایه استفاده از شاخص زمین لغزش در نواحی مشخصی با ویژگی های زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی مشابه هستند. روش های کیفی که از وزن دهی و نرخ دهی استفاده می کنند به عنوان روش های نیمه کمی شناخته می شوند. کلاستاقی و همکاران (۱۳۸۶) مطالعه وقوع زمین لغزش ها را در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده سازی با استفاده از نرم افزار GIS در حوضه آبخیز تچن ساری انجام دادند. نتایج آنها نشان داد، بیشتر زمین لغزش ها در مناطقی با تغییر کاربری از جنگل به اراضی دیم و باغ در دامنه های شیب دار و نزدیک به جاده رخ داده است. ملکی و قربانپور (۱۳۸۷) نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش حوضه چرمه شهرستان سنقر استان کرمانشاه را با استفاده از چهار روش تراکم سطح، قضاوت کارشناسی (تحلیل سلسله مراتبی)، وزن متغیرها و ارزش اطلاعاتی نقشه های خطر زمین لغزش این حوضه تهیه کردند. عظیم پور و همکاران (۱۳۸۸) در حوضه پهنه بندی خطر وقوع حرکات توده ای در حوضه آبخیز اهرچای با استفاده از AHP نتیجه گیری کردند که عوامل زمین شناسی بیشترین وزن و عوامل انسانی

کمترین وزن را دارد. سنگچینی و همکاران (۱۳۸۹) ارزیابی و مقایسه مدل آماری دو متغیره در پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز چهل‌چای، استان گلستان را با ۴ روش مدل آماری دو متغیره و تراکم عددی انجام دادند. حاتمی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱) با پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و تکنیک GIS در شهرستان خرم‌آباد معیارهای فاصله از آبراهه، جاده و تراکم آبراهه مهم‌ترین عوامل زمین‌لغزش هستند. ایلماز (۲۰۰۹) با تهیه نقشه استعداد زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های نسبت فراوانی، آماری لجستیک و شبکه عصبی در ناحیه تاکات ترکیه به این نتیجه رسید که مدل نسبت فراوانی با یک مقدار داده کافی، می‌تواند به عنوان یک ابزار ساده در ارزیابی استعداد زمین‌لغزش استفاده شود. ناندی و شکور (۲۰۰۹) ارزیابی حساسیت‌پذیری به زمین‌لغزش را بر پایه GIS با استفاده از آنالیزهای آماری دو متغیره و چندمتغیره رگرسیون لجستیک در حوضه رودخانه کیهوگا در شمال شرق در امریکا انجام دادند. در این پژوهش درجه شیب، تیپ خاک، فرسایش‌پذیری خاک، شاخص خمیرایی خاک الگوی پوشش گیاهی، بارندگی و نزدیکی به آبراهه به عنوان عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش حوضه انتخاب شدند.

روش تحقیق

روش مورد استفاده در این تحقیق، روش نیمه کمی ارزش اطلاعاتی است، در این روش مانند سایر روش‌ها ابتدا عوامل اعتبار نقشه‌های پهنه‌بندی خطر لغزش عمدتاً به مقادیر و کیفیت داده‌های موجود، مقیاس کار و انتخاب روش تحقیق مناسب برای

تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی بستگی دارد. در این تحقیق پس از پهنه‌بندی و شناسایی مناطق مستعد تأثیرگذار در وقوع لغزش مثل شیب، جهت شیب، باران، کاربری ارضی، لیتولوژی، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، نقشه عوامل مذکور تهیه و با روش سلسله مراتبی از نظر خطر زمین‌لغزش، پهنه‌بندی گردید. یکی از مهم‌ترین مراحل ارزیابی خطر زمین‌لغزش، شناسایی و تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های به وقوع پیوسته می‌باشد. بدین منظور از طریق بازدید میدانی، استفاده از اطلاعات محلی و همچنین نقشه پراکنش زمین‌لغزش (تهیه شده از تفسیر عکس هوایی و بازدید میدانی) و اطلاعات موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها تهیه گردید. پس از تکمیل پرسشنامه‌های مربوط، ویژگی‌های هر کدام از زمین لغزش‌ها ثبت شد. سپس با استفاده از نقشه پراکنش زمین‌لغزش فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌های رخ داده در هر شهرستان محاسبه شد. با مرور منابع قبلی و با بررسی شرایط محلی منطقه مورد مطالعه (از بین ۱۴ عامل در منابع مختلف) ۸ عامل، شیب، جهت، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، کاربری اراضی و میزان بارندگی به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش انتخاب گردید. پس از جمع‌آوری آمار و اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان، تعداد ۵۷ ایستگاه با دوره آماری مناسب (۱۳۸۷-۱۳۴۷) انتخاب شد. در ادامه، مقادیر بارش سالانه این ایستگاه‌ها در نرم‌افزار ArcGIS با استفاده از روش کریجینگ، میان‌یابی و

این قضاوت‌ها در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی تبدیل به مقدار کمی بین ۱ تا ۹ شده است (جدول شماره ۱)؛
۳- محاسبه وزن یا میزان اثر بخشی هر یک از عوامل؛

۴- محاسبه نرخ تراکم هر واحد: بدین منظور نقشه هر یک از عوامل مؤثر با نقشه پراکنش زمین لغزش همپوشانی داده شد و مساحت و درصد زمین لغزش در هر طبقه از نقشه عوامل محاسبه و بعد با استفاده از معادله تراکم سطح (۷) نرخ هر طبقه محاسبه گردید.

$$R_a = 1000 \times \left(\frac{A}{B} \right) - 1000 \times \left(\frac{C}{D} \right)$$

A: مساحت لغزش‌های هر واحد، B: مساحت هر واحد، C: مساحت کل لغزش در منطقه، D: مساحت کل منطقه، R_a : نرخ تراکم سطح.

در این معادله، برای محاسبه نرخ هر طبقه، تراکم زمین لغزش در هر طبقه از تراکم زمین لغزش در کل منطقه کم می‌شود. بنابراین اگر تراکم زمین لغزش در طبقه، بیشتر از تراکم لغزش منطقه باشد، نرخ آن طبقه مثبت و سبب ناپایداری می‌شود، ولی اگر تراکم زمین لغزش در طبقه، کمتر از تراکم لغزش منطقه باشد، نرخ آن طبقه منفی است و سبب پایداری می‌شود. در نهایت به منظور پهنه‌بندی با استفاده از مدل آماری دو متغیره وزنی AHP، وزن هر عامل در نقشه نرخ آن ضرب شد و نقشه خطر زمین در ۵ طبقه، طبقه‌بندی شد.

نقشه هم بارش استان گلستان تهیه گردید. نقشه فاصله از گسل در ۵ طبقه (طبق تقسیم‌بندی مصفایی، ۱۳۸۵، ۱۶۵) نقشه فاصله آبراهه در ۷ طبقه، نقشه فاصله از جاده در ۶ طبقه (طبق تقسیم بندی کلارستاقی و همکاران، ۱۳۸۶، ۸۵)، نقشه شیب بر اساس DEM، در ۶ طبقه (طبقه‌بندی حائری و سمیعی، به نقل از کورکی نژاد و همکاران، ۱۳۸۴، ۹۴) و نقشه جهت بر اساس DEM در ۵ طبقه تقسیم‌بندی شد. در ادامه، بر اساس نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی، همچنین نقشه کاربری اراضی در ۹ طبقه مناطق مسکونی، جنگل، کشت دیم، کشت آبی، جنگل مصنوعی و باغ، دریاچه، مرتع، اراضی شور و باتلاق تهیه گردید.

یافته‌ها

فرایند تحلیل سلسله مراتبی براساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب استوار است که در رأس آن هدف کلی قرار دارد. بعد از تجزیه مسئله به صورت سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند. سپس براساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش‌گذاری انجام می‌شود (۱) تحلیل سلسله مراتبی ۴ مرحله دارد:

- ۱- ایجاد درخت سلسله مراتبی: انتخاب معیارها و عوامل مؤثر بر هدف تصمیم؛
- ۲- مقایسه زوجی: مقایسات زوجی توسط گروه کارشناس خبره انجام شده است. در این مرحله با توجه به عوامل مؤثر، ماتریس وزن برای مقایسه تشکیل، و عوامل مؤثر دو به دو با هم مقایسه شدند.

بحث

پراکنش زمین‌لغزش‌ها برحسب شهرستان‌های استان گلستان

در شکل شماره ۱، پراکنش زمین‌لغزش‌ها در شهرستان‌های مورد مطالعه نشان داده شد، و فراوانی هر زمین‌لغزش به تفکیک شهرستان محاسبه گردیده است. با توجه به جدول شماره ۲ بیشترین و کمترین تعداد زمین‌لغزش‌ها به ترتیب در شهرستان مراوه تپه و آق‌قلا رخ داده است. ولی بیشترین مساحت لغزش در شهرستان علی‌آباد می‌باشد.

پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با روش AHP

با مقایسات زوجی توسط ۸ متخصص هیئت علمی و ۶ متخصص اجرایی وزن عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش تعیین شد (جدول شماره ۳). براساس نظر کارشناسان وزن طبقات شیب ۰/۱۹۲، جهت شیب ۰/۰۵۹، زمین‌شناسی ۰/۲۶۵، فاصله از گسل ۰/۰۸۱، فاصله از آبراهه ۰/۰۳۵، فاصله از جاده ۰/۰۶۳، کاربری اراضی ۰/۱۰۷ و میزان بارش ۰/۱۹۸ محاسبه شد. نکته با اهمیت در مورد ماتریس زوجی این است که نرخ ناسازگاری باید کمتر از ۰/۱ باشد (۳)، نرخ سازگاری در این پژوهش CR برابر ۰/۰۱ است که نشان‌دهنده سازگاری بالای ماتریس مربوطه می‌باشد. با توجه به وزن‌های محاسبه شده و با استفاده از رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش محاسبه گردید (شکل شماره ۲). این نقشه در ۵ طبقه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شده است. در جدول شماره ۴ مساحت هر یک از طبقات به تفکیک شهرستان بیان شده است.

مدل آماری دو متغیره AHP روش مناسب برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش استان گلستان ارزیابی گردید که با نتایج شیرانی و همکاران (۱۴)، ملکی و قربانی (۱۰) یالسن (۱۵)، کلارستاقی و همکاران (۲۰۰۹) و کریمی سنگ‌چینی و اونق (۶) که در پژوهش‌های خود این مدل را مناسب برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوزه مورد مطالعه خود دانسته‌اند همخوانی دارد. با توجه به شکل شماره ۱ بیشترین تعداد زمین‌لغزش‌ها در شهرستان مراوه تپه رخ داده است که ۴۰ درصد از آنها در کاربری کشت آبی ثبت شده است و سپس کشت دیم بیشترین فراوانی زمین‌لغزش را دارد. البته باید توجه داشت که این شهرستان از وسعت زیادی نسبت به اکثر شهرستان‌ها برخوردار است. شهرستان علی‌آباد با اینکه تعداد زمین‌لغزش‌های رخ داده در آن مساوی بسیاری از شهرستان‌های دیگر است، ولی بیشترین مساحت زمین‌لغزش‌ها را دارد. با اینکه بیشترین مساحت این شهرستان را سازند خوش ییلاق و مبارک تشکیل داده که مقاوم به لغزش هستند ولی شیب و بارش زیاد این منطقه و عوامل انسانی از جمله جاده‌سازی ایجاد این زمین‌لغزش‌ها را تشدید کرده است. مراوه تپه برخلاف علی‌آباد در مناطق زمین‌لغزش شامل سازند لس و شبه لس است که بستر خوبی برای زمین‌لغزش است و عامل کاربری که عمدتاً کشت آبی است این عامل را بسیار تشدید کرده است. پراکنش زمین‌لغزش‌ها در طبقات شیب نشان داد که بیشترین تعداد زمین‌لغزش در طبقه شیب ۶ تا ۱۵ درصد رخ داده است، ولی با توجه به مساحت بالای این طبقه می‌توان نتیجه گرفت که

قسمت‌هایی از جنگل که جاده ساخته شده و یا در حال احداث است رخ داده و تعداد زیادی در جنگل‌های در حال بهره برداری و حاشیه مناطق مسکونی و تعدادی هم در جنگل‌های طبیعی به وقوع پیوسته است، پس از آن کشت آبی دارای بیشترین تعداد زمین لغزش بود که البته این تعداد زمین لغزش فقط در یک سوم از مساحت این کاربری رخ داده است. همراه شدن کشت آبی با شیب بالا و نزدیک بودن به گسل از جمله عوامل عمده این زمین لغزش است زیرا مساحتی که فاقد لغزش می‌باشد در شیب‌های پایین و کم باران واقع شده است. همچنین کشت دیم نیز با همراه شدن با عوامل دیگر باعث تشدید زمین لغزش شده است. جنگل کاری مصنوعی و باغ با وجود اینکه مساحت کمی از منطقه را به خود اختصاص داده است، ولی تعداد زمین لغزش‌های قابل توجهی دارد. همان‌طور که ذکر شد اغلب زمین لغزش‌های ثبت شده در کاربری جنگل در اطراف و نزدیک به جاده‌ها رخ داده است. همچنین نرخ تراکم سطح نیز نشان می‌دهد که فاصله ۷۵ تا ۱۰۰ متر و ۷۵ تا ۱۵۰ متری از جاده مستعد زمین لغزش می‌باشد و هرچه از جاده دورتر می‌شویم تعداد زمین لغزش‌های رخ داده در واحد سطح کاهش یافته است. با توجه به اینکه نتایج طبقه فاصله ۰ تا ۵۰ متری از آبراهه‌ها می‌باشد نرخ تراکم سطح محاسبه شده در این طبقه نشان می‌دهد که این طبقه نسبت به لغزش ناپایدار است. در فاصله بیشتر از ۴۵۰۰ متری از آبراهه بیشترین تعداد زمین لغزش رخ داده است که می‌توان دلیل آن را مساحت بسیار بالای این طبقه دانست. یکی از

تراکم سطحی این زمین لغزش‌ها پایین است، همچنین مساحت زمین لغزش‌ها در این طبقه بسیار کم است. در مقایسه با مساحت آن می‌توان بیان کرد که با وجود تعداد بالای زمین لغزش، دارای پایداری می‌باشد. نرخ تراکم سطح محاسبه شده در هر طبقه نشان از ناپایداری بسیار شیب ۲۶ تا ۳۵ درصد دارد. پراکنش زمین لغزش در جهت‌های متفاوت شیب نشان داد که بیشترین فراوانی و مساحت مربوط به شیب‌های رو به شمال می‌باشد که از رطوبت بالاتری برخوردار است. رطوبت باعث افزایش پدیده خاک‌زایی و ضخامت خاک می‌شود که در نتیجه افزایش زمین لغزش را در این جهت‌ها به دنبال دارد. همچنین نرخ تراکم سطح در این طبقه بیان می‌کند که این طبقه شیب در این منطقه بسیار ناپایدار است. بیشترین مساحت این منطقه را سازند Q_m (پهنه گلی) تشکیل داده است که سازند مقاومی نسبت به لغزش نیست، ولی تعداد زمین لغزش‌های رخ داده در این سازند نسبت به مساحت آن کم می‌باشد که می‌توان از جمله عوامل پایداری آن را شیب پایین و بارش کم و نبود گسل و همچنین کاربری مرتع دانست. با توجه به نرخ سطح محاسبه شده برخی از سازندها برخلاف مقاوم بودنشان، وضعیتشان از نظر زمین لغزش ناپایدار است که می‌توان به دلیل همراه شدن عوامل ناپایداری مانند کاربری، بارش زیاد شیب بالا و نزدیکی به گسل، آبراهه و جاده دانست. پراکنش زمین لغزش در کاربری‌های موجود در منطقه نشان می‌دهد که بیشترین زمین لغزش در جنگل رخ داده است، ولی با بازدیدهای میدانی از زمین لغزش‌ها مشخص گردید که حدود نیمی از این لغزش‌ها در

عوامل مهم در بروز زمین‌لغزش‌ها وجود گسل در منطقه است. با توجه به نقشهٔ فاصله از گسل می‌توان مشاهده کرد که حتی در طبقات بالا که فاصله از گسل زیاد است تعداد زمین‌لغزش‌ها زیاد است. در ارتفاعات بالاتر منطقه که گسل وجود ندارد زمین‌لغزش نیز رخ نداده است. البته در این منطقه فقط فقدان گسل عامل پایداری نیست، بلکه در این منطقه شیب کم، بارش پایین و کاربری عمدتاً مرتع نیز از عوامل پایداری منطقه به شمار می‌آیند. با توجه به افزایش بارندگی به سمت ارتفاعات تعداد زمین‌لغزش‌ها نیز افزایش یافته است و می‌توان بارش را به عنوان عامل مهمی در بروز زمین‌لغزش معرفی کرد. از مزایای روش تحلیل سلسله مراتبی این است که در آن به عوامل مؤثر در بروز پدیده زمین‌لغزش از طریق مقایسه جفتی بین عوامل وزن داده شده و به ترتیب از طریق میزان تأثیرگذاری هر یک از عوامل در رخداد زمین‌لغزش اقدام به اولویت‌بندی می‌شوند. به طوری که از این طریق می‌توان به نتایج مطمئن‌تری دست یافت. بر اساس وزن‌دهی AHP، به ترتیب عوامل زمین‌شناسی، بارش، شیب، کاربری اراضی، فاصله از گسل، فاصله از راه، جهت و فاصله از آبراهه بیشترین اهمیت هستند. در حالی که در پژوهش یالسین (۲۰۰۸) در اردسن ترکیه بر اساس وزن‌دهی AHP، عوامل زمین‌شناسی، پوشش گیاهی و شیب به ترتیب اولویت به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در زمین‌لغزش شناخته شدند. با توجه به طبقه‌بندی شدت خطر در منطقهٔ مورد مطالعه طبقه با خطر متوسط دارای مساحت قابل توجهی است. در این طبقه بارش‌های بالای ۵۰۰ میلی‌متر، شیب بالای

۲۵ درصد، تراکم زیاد جاده در کاربری جنگل و فاصله از آبراهه نسبتاً نزدیک قرار دارد. همچنین وجود گسل نیز این پدیده را تشدید می‌کند. شهرستان مینودشت بیشترین مساحت این طبقه را دارد. بر اساس شکل شمارهٔ ۲ در شهرستان‌های گمیشان، بندر ترکمن، آق قلا کم‌ترین خطر وقوع زمین‌لغزش وجود دارد که کاربری غالب آن مرتع می‌باشد. طبقه با خطر زیاد که نشان دهندهٔ خطر زیاد وقوع زمین‌لغزش است، دارای مساحت ۱۲۵۰ کیلومتر مربع است و عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش در این طبقه اغلب شامل بارش‌های بالای ۷۰۰ میلی‌متر، جهت شمال (مرطوب بودن)، سازند QI (لس و شبه لس)، نزدیک بودن به گسل و جاده و همچنین کاربری کشت آبی است. کاربری این طبقه به ترتیب مساحت: کشت آبی، کشت دیم، باغ و جنگل طبیعی است. طبقهٔ خطر خیلی زیاد که نشان‌دهندهٔ خطر بسیار زیاد است حدود ۲۴۷ کیلومتر مربع مساحت دارد. این طبقه شامل بارش حدود ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر، جهت شمالی، فاصله ۰ تا ۲۰۰ متری از جاده، فاصله ۰ تا ۵۰ متری از آبراهه، نزدیک به گسل و در سازندهای پهنه گلی و لس و شبه لس است. حدود ۶۰ درصد از کاربری این منطقه را کشت آبی، ۳۰ درصد را کشت دیم و ۱۰ درصد را باغ تشکیل می‌دهد. می‌توان از پهنه‌بندی زمین‌لغزش در استان گلستان نتیجه گرفت که وقوع زمین‌لغزش‌های با مساحت بزرگ بیشتر به عوامل بارش، شیب، زمین‌شناسی و کاربری زمین بستگی دارد. این در حالی است که وقوع یا عدم وقوع زمین‌لغزش به عوامل فاصله از جاده، جهت، فاصله

- زهکشی سطحی و خروج آب از بالادست مناطق مسکونی و فراهم کردن شرایط پایداری و افزایش مقاومت برشی خاک در این مناطق؛

- تغییر کاربری از کشت گندم به باغ‌کاری (همراه با تسطیح منطقه لغزشی) و جنگل‌کاری و احیای جنگل با گونه‌های بومی منطقه؛

- احداث زهکش‌ها برای چشمه‌ها و در اراضی پرشیب و باز کردن مسیر آبراهه‌هایی که باعث خروج آب از این مناطق می‌شوند؛

- طرح سازمان‌دهی فاضلاب روستاها و برنامه‌ریزی برای آن و در مناطق با خطر زیاد جانی تخلیه روستاها؛

- در دامنه‌های ناپایدار اجرای طرح‌های مکانیکی حفاظت از جاده‌ها و آبراهه‌ها مدنظر قرار گیرد؛

- علاوه بر انجام موارد فوق در مناطق با کلاس خطر بالا، از آنجا که در این مناطق احتمال خسارت جانی وجود دارد، باید از سیستم‌های هشداردهنده رفتارسنجی دامنه نیز استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق در راستای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در استان گلستان با روش آماری دو متغیره AHP انجام گرفت. پس از تعیین عوامل مؤثر در زمین‌لغزش از جمله عوامل فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، زمین‌شناسی، بارش، جهت شیب و طبقات شیب، مشاهده گردید که در هریک از شهرستان‌ها عوامل مذکور دارای اهمیت متفاوتی در وقوع زمین‌لغزش هستند.

از گسل و آبراهه بستگی دارد و بیشترین زمین‌لغزش‌ها در نزدیکی جاده، آبراهه و گسل و در زمین‌های کشاورزی رخ داده‌اند. درصد بالای کشت آبی که فاقد زمین‌لغزش است این حقیقت را نشان می‌دهد که در مناطقی که کشت وجود دارد و زمین‌لغزش رخ داده است. عوامل دیگر از جمله شیب و بارش بالا باعث تشدید وقوع زمین‌لغزش می‌شود. نقش مؤثرتر شیب، زمین‌شناسی و بارش و پررنگ‌تر شدن این عوامل در اثر عوامل انسانی مثل تغییر کاربری و جاده‌سازی غیر استاندارد در وقوع زمین‌لغزش را در قسمت شمالی کشور نشان می‌دهد که با نتایج پژوهش‌های شادفر و همکاران (۱۳)، کلارستاقی و همکاران (۸) و کلارستاقی و احمدی (۷) هم راستا می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده توصیه می‌شود از تغییر کاربری اراضی جنگلی که دارای شرایط دیگر وقوع یا مستعد زمین‌لغزش هستند، خودداری شود. در این مناطق احتمال خسارت جانی و مالی زیادی وجود دارد بنابراین مدیریت خطر این مناطق باید براساس اقدامات کنترلی باشد و بدین منظور باید از هر گونه برنامه توسعه ممانعت به عمل آید. با استفاده از روش‌های بیولوژیک و مکانیکی نیز می‌توان از خطر وقوع زمین‌لغزش در این مناطق تا حدی کاست. عملیات پیشنهادی مدیریت بیولوژیک برای این مناطق در کاربری زراعی، یونجه‌کاری و احداث باغ و در کاربری جنگل، جنگل‌کاری می‌باشد. از جمله عملیاتی که در این مناطق می‌توان در این مناطق پرخطر برای کاهش خطر وقوع زمین‌لغزش انجام داد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

جدول شماره ۱: فاکتورهای مختلف اولویت و تبدیل آنها به ارزش‌های کمی

اولویت فاکتور در مقایسه با دیگر فاکتورها	ارزش عددی
اولویت حداکثر	۹
اولویت خیلی زیاد	۷
اولویت زیاد	۵
اولویت متوسط	۳
اولویت ضعیف	۱
اولویت‌های بینابین	۲ - ۴ - ۶ - ۸

جدول شماره ۲: فراوانی و مساحت زمین‌لغزش‌ها در هر شهرستان

شهرستان	تعداد زمین‌لغزش	مساحت لغزش (Km ²)	شهرستان	تعداد زمین‌لغزش	مساحت لغزش (Km ²)
گنبد کاووس	۷	۰/۰۴۵	علی آباد	۴۸	۱۴/۳
گرگان	۵۲	۳/۸	رامیان	۲۵	۰/۵۸
گالیکش	۳۸	۰/۵۴	ترکمن	۲	۰/۰۱۷
آزادشهر	۴۹	۰/۲۴	کلاله	۶۹	۱
کردکوی	۲۸	۰/۰۸	بندر گز	۱۰	۰/۰۱۵
مینودشت	۴۴	۰/۷۸	آق قلا	۱	۰/۰۰۰۴
مراوه تپه	۱۷۷	۴/۴۲			

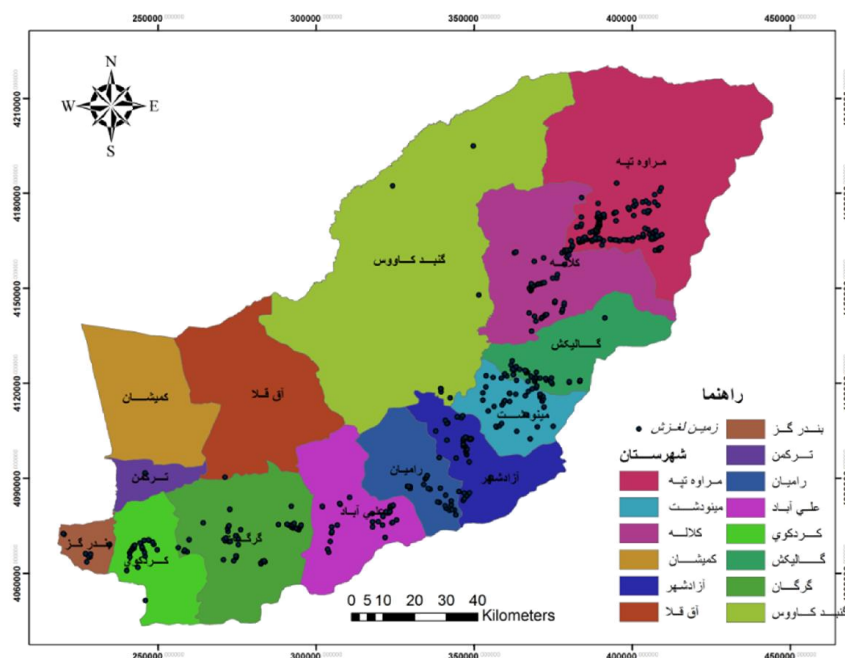
جدول ۳: مقایسات زوجی و وزن نهایی عوامل مختلف مؤثر بر زمین‌لغزش در استان گلستان

	جهت شیب	فاصله از جاده	شیب	فاصله از گسل	فاصله از آبراهه	کاربری	بارش	سنگ‌شناسی
سنگ‌شناسی	۴	۳	۲	۴	۴	۲	۳	۱
بارش	۳	۳	۲	۳	۴	۳	۱	۰/۳۳
کاربری	۳	۲	۰/۳۳	۲	۳	۱	۰/۳۳	۰/۵
فاصله از آبراهه	۰/۳۳	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵
فاصله از گسل	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۱	۵	۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵
شیب	۵	۳	۱	۳	۴	۳	۰/۵	۰/۵
فاصله از جاده	۳	۱	۰/۳۳	۲	۲	۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۳
جهت شیب	۱	۰/۳۳	۰/۲	۲	۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲۵
وزن نهایی	۰/۰۵۹	۰/۰۶۳	۰/۱۹۲	۰/۰۸۱	۰/۰۳۵	۰/۱۰۷	۰/۱۹۸	۰/۲۶۵

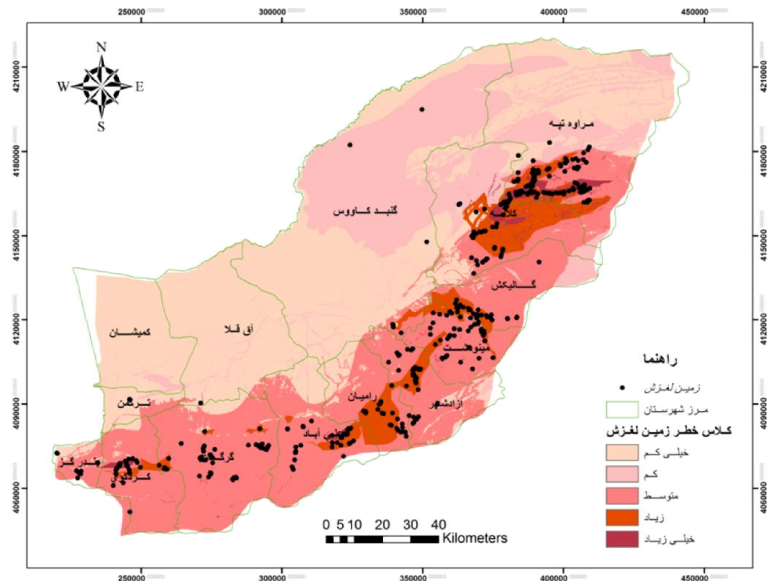
جدول شماره ۴: مساحت طبقات پتانسیل خطر در هر شهرستان (کیلومتر مربع)

طبقه خطر شهرستان	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
گنبد کاووس	۲۴۴/۶	۲۴۲۸	۱۱۰	۲۵/۲	-
گرگان	۹۱/۶۴	۰/۹۷	۱۴۶۵	۳۴/۸	۳/۸
گالیکش	۱۰/۶۷	۱۱۴/۴۷	۶۵۴/۹	۱۱۰/۶	۰/۱۷۵
کردکوی	۳۵/۴	۱/۱	۷۱۷/۶	۳۸/۴۲	۲۳/۶۸
علی آباد	۱۷۸/۹۵	۱۱/۴۱	۸۰۹	۹۱	۲۱/۴۲
رامیان	۱۴۱	۴/۳	۴۴۰	۱۹۱	-
ترکمن	۲۱۱/۲	۱۲/۷۷	۵۰	۵۰/۴	-
بندر گز	۶۳/۱	۱/۱۸	۱۴۴	-	۰/۲۹
آق قلا	۱۶۶۰	۶۶/۴	۳۴	-	-
آزادشهر	۸۲/۳۴	۲۵/۷	۶۴۶	۸۳	۰/۳۲
گمیشان	۱۰۴۱	۶۰/۲۲	-	-	-
مینودشت	۳/۳۶	۰/۱۶	۵۷۷۲۴	۸۲	۴/۸
کلاله	۳۷۸/۹	۵۴۷	۳۳۳/۶	۴۱۳	۷۱/۸۵
مراوه تپه	۱۲۷۹/۹۹	۱۰۱۳	۴۸۵	۱۷۹/۸	۱۴۸

شکل شماره ۱: نقشه پراکنش زمین لغزش‌های استان گلستان



شکل شماره ۲: نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP



References

1. Alijani, B. Ghahroudi, M. Amir Ahmadi, A. *Zoning occurrence risk of landslide in the northern hillside of Shah Jahan using GIS (case study: Astarkhi basin in Shirvan city)*. Journal of geographical studies. Vol. 84, PP. 118-131. 2005. [In Persian]
2. Azim pour, A, Sedugh, H. Dallal Oghali, A. Servati, M, R. *Evaluating the results of landslide risk model (case study: Rachae catchment)*. Geographical space. Vol. 9, PP. 71-87. 2009. [In Persian]
3. Ghodsipour. S. H., *Analytical Hierarchy Process (AHP)*, Amirkabir University of Technology. 2006
4. Hatami Fard, R. Mousavi S, H, Alimoradi, d., *Landslide hazard zonation using AHP and GIS techniques in the city of Khorramabad*, Geography and Environmental Planning. No. 47. PP. 60-43. 2012 [In Persian]
5. Kardan, R. A, Mosaffa, H, R. *Qualitative and quantitative aspects of landslide occurrence in Golestan province. Landslide workshop, department of agriculture*. PP. 13-18. 2006 [In Persian]
6. Karimi Sangchini, A. Onagh, Ma'sad Aldin, A. Najafi Nezhad, A. *Evaluating risk and plan of landslide management in ChehelChae watershed in Golestan province*, MA thesis. Agricultural sciences and natural resources University of Gorgan city, 2010. [In Persian]
7. Kelarestaghi, A. and Ahmadi, H. *Landslide susceptibility analysis with a bivariate approach and GIS in Northern Iran*. Arab J Geosci. Vol. 2, PP. 95-101. 2009.
8. Kelarostaghi, A. Habib Nezhad, M & Ahmadi, H. *Studying landslide occurrence in relationship with changing land use and road building*.

- Case study: Ta'jan watershed, Sari city.* Journal of geographical researches. Vol. 2, PP. 81-91. 2007 [In Persian]
9. Korki Nezhad, M. Onagh, M, Sepehri, A. *The efficiency of two models of zoning landslide risk developed by Haeri & Moor, in Gorgan-Roudbar Siah watershed.* Magazine of agricultural sciences and natural resources. Vol. 12, PP. 91-98. 2005 [In Persian]
 10. Maleki, A. Ghorbanpour, E. *Zoning occurrence risk of landslide in chermele Songhor Kermanshah Songhor.* Geography and Develop. No. 12. PP. 187-198. 2008 [In Persian]
 11. Mosaffae, G. *Comparing the efficiency of empirical and statistical models about zoning landslide risk in Alamout watershed and providing management plan.* [In Persian]
 12. Nandi, A., Shakoor, A. *GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses.* Engineering Geology. No. 110. PP. 11-20. 2009.
 13. Shadfar, S., Yamani, M., Ghoddosi, J. and Ghayoumian, J. *Landslide hazard zonation using analytical hierarchy method a case study: Chalkrood catchment.* Pajouhesh & Sazandegi. Pp. 118-126. 2007. (In Persian)
 14. Shirani, K. and Seif, A. 2012. *Landslide hazard zonation by using statistical methods (Pishkuoh region in Fereydonshahr province).* Scientific Quarterly Journal, Geosciences. Vol. 22, No. 85, PP. 149-158. 2012.
 15. Yalcin, A. *GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): comparisons of results and confirmations.* Catena. No. 72, PP. 1-12. 2008.
 16. Yilmaz, I. *Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey),* Geosciences. No. 35, PP. 1-14. 2009.
 17. Zezere, J. L., Garcia, R. A. J., Oliveira, S. C. and Reis. *Probabilistic landslide risk analysis considering direct costs in the area north of Lisbon (Portugal),* Journal of Geomorphology. No. 94. PP. 467-495. 2008.

Landslide hazard zonation using bivariate statistical (AHP) model in Golestan Province

Corresponding author: Solmaz Khazaei Moghani, PhD student in Watershed management, Golestan, Iran

Email:so.khazaei@gmail.com

Naser Bay, Climatology PhD, Center for Applied Scientific Red Crescent Golestan, Iran

Nader Oveisi, PhD student in environment, Tehran, Iran

Received: January 2, 2014

Accepted: September 23, 2014

Abstract

Background: Landslide is one of the natural hazards around the country that cause casualties and financial losses each year. This disaster destroyed roads, meadows, mountains, erosion and sedimentation in the watershed basins.

Method: In this study, the risk of landslides in Golestan province is examined via weighted (using AHP) bivariate statistical model. First, all the landslides (number & area) were listed by field study based on local data, and then the distribution map was prepared for each city.

Findings: According to the results, relative risk map was prepared with 6 classes. The highest and lowest number of landslides occurred in Maraveh Tappeh and Aq Qala respectively. The most area of landslides was in Aliabad. In addition, Ali Abad and Kalaleh Kordkuy county and also Gonbad, Ramian, Bandar Torkman, Gomishan had the most and the least hazard rate.

Conclusion: The analysis of effective factors for landslide showed that landslide factors have different importance.

Keywords: landslide, hazard zonation, AHP method