

## تحلیل و پهنه بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک استان گلستان

منوچهر فرج زاده\*

دانشیار دانشگاه تربیت مدرس

محمد رضا ثروتی

دانشیار دانشگاه شهید بهشتی

واله طاهری

کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

### چکیده

این تحقیق به بررسی مخاطرات زمین، لغزش، زلزله، سیل، فرسایش و بیابان زائی در سطح استان گلستان پرداخته است. بدین منظور از نقشه‌های توپوگرافی رقومی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین شناسی و خاکشناسی استان گلستان، آمار مربوط به ایستگاه‌های آب سنجی و داده‌های ثبت شده زلزله استان مورد مطالعه در ۲۰ سال اخیر، نقشه‌های پهنه بندی بیابان زائی و فرسایش استان استفاده شد. برای تهیه نقشه خطر پهنه بندی خطر زمین لغزش استان از روش تحلیل سلسله مراتبی و برای تهیه نقشه پهنه بندی زلزله از خطوط گسل و شدت زلزله، برای پهنه بندی خطر سیل از آمار ایستگاه‌های آب سنجی و محاسبه ضریب سیل خیزی استفاده شده و برای پهنه بندی خطر فرسایش از مدل پسیاک و نیز برای پهنه بندی بیابان زائی با کمک نقشه اولیه تهیه شده به کار گرفته شد. سپس با همپوشانی لایه هر یک از عوامل به صورت جداگانه با محدوده شهرها و شهرستان‌ها پهنه‌های خطر هر مخاطره مشخص و فراوانی و فراوانی نسبی تعداد شهر، روستا و جمعیت در معرض خطر مشخص شد. طبق نتایج نهایی حاصل از نقشه‌های پهنه بندی هر یک از مخاطرات بیشترین مساحت نسبی که هر یک از مخاطرات در استان گلستان در بر می‌گیرد عبارتند از: ۳۰/۳۶ درصد سطح استان در پهنه با خطر زیاد زمین لغزش ۵۱/۸۴ درصد از سطح استان در پهنه خطر متوسط زلزله، ۲۸/۶۳ درصد از سطح استان در پهنه با خطر کم سیل، ۳۹/۲۳ درصد سطح استان در پهنه خطر متوسط فرسایش و ۴۳/۹۳ درصد سطح استان در پهنه خطر خیلی کم بیابان زائی قرار دارند. همچنین بررسی مخاطرات طبیعی نسبت به سطح و جمعیت استان نشان می‌دهد که تعداد ۵۶،۱۳،۲۱۵،۱،۲۳ روستا به ترتیب در معرض خطر خیلی زیاد بیابان زائی، فرسایش، سیل، زلزله و زمین لغزش قرار دارند. طبق بررسی نتایج حاصل از جداول مساحت و مساحت نسبی هر یک از مخاطرات بر حسب شهر و شهرستان‌های استان گلستان، از نظر خطر زمین لغزش شهرستان آزاد شهر، از نظر خطر زلزله شهرستان آزاد شهر، از نظر خطرسیل شهرستان رامیان، از نظر خطر فرسایش شهرستان کلاله و از نظر خطر بیابان‌زایی شهرستان گنبد کاووس نسبت به سایر شهرستان‌ها در معرض خطر بیشتری قرار دارند.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، سیل، بیابان زائی، فرسایش خاک، زلزله، استان گلستان

## مقدمه

با وجود تمام پیشرفت‌های چشمگیر علمی و تکنولوژیکی هنوز هم انسان نگران خشم طبیعت، بلایا و حوادث است. فجایع و حوادث هنوز هم انسان را غافلگیر می‌کند و بشر با وجود تمام تلاش‌های خود هنوز هم نتوانسته است کنترل سرنوشت خود را در دست گرفته و بر رویدادهای غیرمترقبه غلبه کند و میزان خسارات و تلفات ناشی از هر بحران یا حادثه‌ای رابطه‌ای مستقیم با آسیب‌پذیری او دارد. موقعیت کشور ما چه از نظر زمین لرزه و چه از نظر تغییرات بارش و دما و پدیده‌های ناشی از آنها نگران‌کننده بوده و به عنوان دهمین کشور بلاخیز دنیا معرفی شده است.

مرور بلایای گذشته به ما امکان شناخت محله‌ها و جوامع آسیب پذیر را می‌دهد. تحلیل تأثیرات بلایای گذشته بر جوامع و گروه‌های اجتماعی گوناگون کمک خواهد کرد تا ارتباط بین ماهیت مخاطرات و تأثیرات آن بر عناصر در معرض خطر را بهتر درک کنیم. گابت و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) با استفاده از داده‌های بارش و بار رسوبی روزانه حوضه آناپورنای هیمالایای نپال، به اثرات بارش و ویژگی‌های شیب دامنه در شروع زمین لغزش‌ها در دوره بارش‌های موسمی این حوضه پی بردند. آن‌ها دریافتند که هر زمان طی دوره بارش‌های موسمی، آستانه بارش به بیش از ۸۶۰ میلی‌متر برسد، حرکات لغزشی به وقوع خواهد پیوست. فیض نیا و همکاران (۲۰۰۴)، در تحقیقی تحت عنوان بررسی عوامل موثر در وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آب خیز شیرین رود سد تجن به مقایسه ۴ روش پهنه بندی خطر زمین لغزش یعنی ارزش اطلاعاتی، تراکم سطح، شاخص هم پوشانی و روش تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند. ماتسواوکا (۱۹۹۵)، به تهیه نقشه خطر لرزه‌ای برای یک کلانشهر با نواحی اطرافش با استفاده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در ژاپن پرداخت. خطرات لرزه‌ای در این پژوهش شامل حرکت زمین، لغزش و رانش شیب‌ها برای شهر توکیو می‌باشد که براساس جداولی به هر کدام از این عوامل وزن داده شده و نقشه‌های پتانسیلی تهیه شده از آن‌ها به صورت یک نقشه نهایی نمایش داده شده است. کرمی و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی با هدف پهنه بندی خطر زمین لرزه در شهرستان بستان آباد، شناسایی سرچشمه‌های لرزه زاء، برآورد توان لرزه زائی گسل‌های فعال منطقه و ممیزی نواحی پر خطر تا کم خطر از نظر وقوع زمین لرزه را انجام دادند و خطر پذیری جوامع انسانی شهرستان را از پدیده‌ی لرزه بررسی می‌کنند و نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ۸۱/۴۳ درصد از مساحت شهرستان بستان آباد در پهنه‌ای با خطر بسیار زیاد، زیاد و نسبتاً زیاد واقع شده است و ۶۲ درصد از جمعیت شهرستان و ۷۸ روستای آن که در پیرامون گسل تبریز زندگی می‌کند از خطر پذیری بسیار بالائی در برابر حوادث ناشی از وقوع زمین لرزه برخوردارند. استفان<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) در تحقیقات و مطالعات خود به بررسی سیل‌های رخ داده در سال‌های ۱۹۹۶ و ۱۹۹۷ در حوضه آبخیز رودخانه سنگ زرد واقع در ایالت مونتنانای امریکا پرداخت. وی همچنین برای تعیین پهنه‌های سیل گیر رخ داده در این دو سال مشخصات ۲۵ مقطع را در طول یک مسیر ۱۸ کیلومتری

1. E.J. Gabet et al.

2. Stephen

برداشت و پهنه‌های سیل با دوره بازگشت مختلف را تعیین کرد. کوخ-شرستا<sup>۳</sup> (۲۰۰۱)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اقدام به پهنه بندی فرسایش و کاربری اراضی در حوزه خولا کشور نپال نمود و در نهایت مقدار فرسایش خاک را به میزان ۰.۱ تا ۰.۴ تن در هکتار در سال در اراضی با کاربری کشاورزی و آبی و در نهایت میزان فرسایش خاک را ۱۲/۶ تن در هکتار در سال در برآورد کرد. در ایران راستگو و همکاران (۱۳۸۵) مقدار فرسایش و رسوب حوزه آبخیز تنگ کنشت با مدل‌های پسیاک اصلاح شده<sup>۴</sup> و ای پی ام<sup>۵</sup> را به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی برآورد کردند و نتیجه گرفتند که مدل پسیاک اصلاح شده نتایج بهتری را نسبت به مدل ای پی ام برای حوزه مورد نظر ارائه داده است. فاکس و وگلر<sup>۶</sup> (۲۰۰۵) تغییر کاربری را در تایلند، چین، ویتنام و لائوس در ۵۰ سال اخیر بررسی کردند. در این تحقیق از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی استفاده گردید. نتایج نشان دادند که دو عامل سیاست گذاری دولتی و تجاری شدن این مناطق سبب تغییر کاربری شده است. کرمان (۱۳۸۵) عامل اصلی موثر در تخریب اراضی یا بیابانزایی حوضه‌ی آبخیز کوه‌دشت را عامل انسانی دانسته و از میان عوامل انسانی مهمترین فرایند بیابانزایی در منطقه را تخریب منابع آب در اثر پمپاژ و افت سفره آبی و پس از آن تخریب اراضی و تخریب منابع گیاهی به دلیل تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به اراضی کشاورزی و مناطق شهری، قطع بوته‌ها و درختان و چرای بی رویه می‌داند.

بررسی پیشینه فوق نشان می‌دهد که مخاطرات ژئومورفولوژیک به صورت جداگانه مطالعه و پهنه بندی شده است؛ بر این اساس هدف مقاله حاضر، پهنه بندی مخاطرات ژئومورفولوژیکی استان گلستان و تبیین میزان آسیب پذیری بخش‌های مختلف استان در برابر هر یک از مخاطرات ژئومورفولوژیکی می‌باشد تا با ارائه یک نگاه یکپارچه، وضعیت استان را از نظر رخداد مخاطرات ژئومورفولوژیک مورد بررسی قرار دهد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** استان گلستان براساس آمار نامه سال ۱۳۸۱ با مساحت ۲۰۴۳۷/۷۴ کیلومتر مربع و براساس آمارنامه سال ۱۳۷۶ با مساحت ۲۰۳۸۰/۷ کیلومتر مربع تقریباً ۱/۳ درصد مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده است. استان گلستان در محدوده جغرافیایی ۵۶ - ۵۴ طول شرقی و ۳۸ - ۳۶ عرض شمالی و در بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد (شکل ۱).

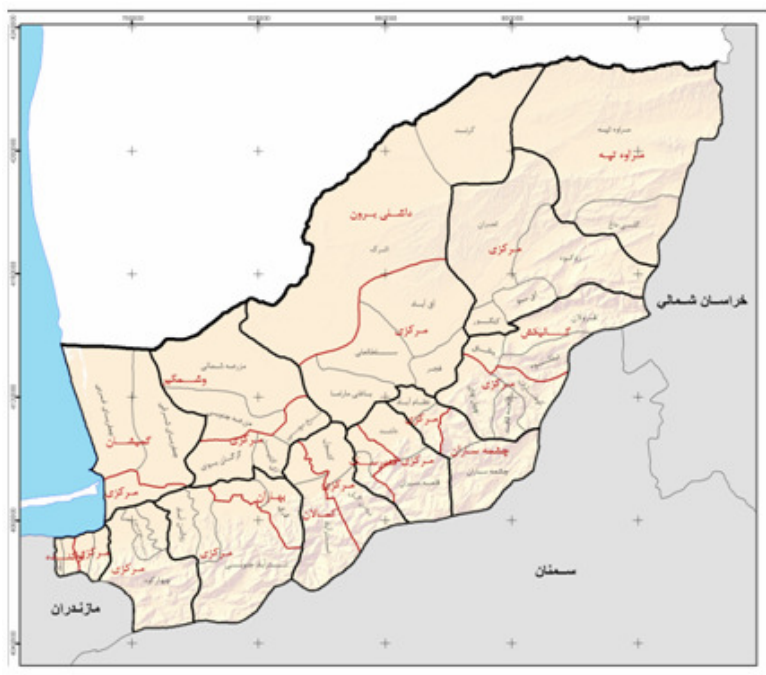
قسمت اعظم استان گلستان، آب و هوای معتدل خزری مدیترانه‌ای دارد ولی جلگه گرگان به لحاظ مجاورت باصحرای ترکمنستان و دوری از دریا و کاهش ارتفاعات، آب و هوای نیمه بیابانی و گرم دارد. جمعیت استان براساس آخرین سرشماری انجام شده در سال ۱۳۷۵ کل کشور ۱۴۲۶۲۸۸ نفر و براساس سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۸۵ کل کشور ۱۶۱۷۰۸۷ نفر است که این جمعیت ۱/۳ درصد جمعیت کل

3. Kokh-Sherstha  
4. Modified Pasific Southwest Inter Agency (MPSIAC)  
5. Erosion Potential Method (EPM)  
6. Fox and Vogler

کشور محسوب می شود. از لحاظ اقتصادی، کشاورزی محور اصلی فعالیت های اقتصادی مردم استان گلستان است که دامداری، شیلات و صنایع تبدیلی کشاورزی نیز در آن رونق دارد.

داده های مورد استفاده در این تحقیق عبارت اند از:

- نقشه های توپوگرافی رقومی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۱۰۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰۰؛
- تصاویر ماهواره ای ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی و تصاویر ماهواره ای IRS مربوط به سال ۲۰۰۷ میلادی به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی؛
- نقشه تراکم پوشش گیاهی؛
- نقشه مناطق رانشی استان؛
- عکس های هوایی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۴۵ و ۱:۴۰۰۰۰؛
- نقشه های زمین شناسی استان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰؛
- نقشه خاکشناسی استان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰؛
- آمار مربوط به ایستگاه های آب سنجی سطح استان در طی ۲۰ سال اخیر؛
- آمار زلزله های رخ داده در سطح استان در طی ۲۰ سال اخیر؛
- نقشه پهنه بندی بیابان زائی استان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰؛
- نقشه پهنه بندی فرسایش استان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.



شکل ۱: موقعیت استان گلستان

در این تحقیق از نرم افزارهای متعددی به منظور تهیه لایه‌های مورد نیاز از جمله نرم افزار Arc\GIS به منظور تجزیه و تحلیل‌های مکانی، پهنه بندی نقشه‌های خطر، تهیه خروجی نقشه‌ها، نرم افزار ERDAS به منظور انجام پیش پردازش و پردازش‌های مورد نیاز روی تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی به منظور استخراج اطلاعات مورد نیاز از جمله تهیه نقشه کاربری اراضی استان و نیز استخراج نقاط لغزشی استفاده شد.

برای پهنه بندی خطر زمین لغزش استان گلستان با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، در مرحله اول به جمع آوری داده های مورد نیاز از منابع مختلف از جمله عکس‌های هوایی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ مربوط به سال ۱۳۴۵، تصاویر ماهواره ای ETM+ مربوط به سال ۲۰۰۳ میلادی با قدرت تفکیک مکانی ۲۸/۵ متر، باند پانکروماتیک ماهواره SPOT5 مربوط به سال ۲۰۰۵ میلادی با قدرت تفکیک مکانی ۲/۵ متر، تصاویر ماهواره‌های IRS مربوط به سال ۲۰۰۶ میلادی با باند های طیفی ۲۴ متر و باند پانکروماتیک ۶ متر، استفاده از اطلاعات مربوط به نقاط لغزش در بانک اطلاعاتی ادارات استان گلستان، مدل رقومی ارتفاعی زمین<sup>۷</sup> که از مدل رقومی ارتفاعی زمین موجود برای کشور با اندازه پیکسل ۹۰ متری تهیه شده از نقشه‌های توپوگرافی با اختلاف ارتفاع ۱۰۰ متری، استفاده شد، نقشه‌های کاربری اراضی، سنگ شناسی، گسل‌ها، رودخانه‌ها، راه‌های موجود و خاکشناسی استان گلستان و آمار بارندگی ایستگاه‌های هیدروگرافی استان گلستان مربوط به ۲۰ سال اخیر به همراه اطلاعات مکانی (موقعیت مکانی)، ارتفاع از سطح دریا، از مرکز هواشناسی استان گلستان بدست آمد، سپس به صورت یک لایه برداری نقطه ای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی تهیه شد. در مرحله دوم اقدام به تهیه لایه‌های مورد نیاز (عوامل موثر در پهنه بندی زمین لغزش استان گلستان) از منابع داده‌های موجود پرداخته شد که عبارتند از لایه‌های شیب، جهت شیب، هیپسومتری (طبقات ارتفاعی)، بارندگی، فاصله از شبکه آبراهه، فاصله از شبکه جاده‌های موجود، فاصله از گسل‌های موجود، تراکم پوشش گیاهی، سنگ شناسی، کاربری اراضی، انعطاف پذیری خاک، تابع‌های انحنا شیب، پلان انحنا و پروفیل انحنا. در مرحله سوم به منظور تعیین اهمیت هر طبقه در هر معیار، اقدام به محاسبه میزان لغزش با توجه به سطح هر طبقه با کمک تابع آمار زونی<sup>۸</sup> در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی شد. سپس با استفاده از روش وزنی فازی میزان تاثیر هر طبقه در هر نقشه در مقیاس ۱-۰ رتبه بندی شد به این ترتیب که طبقه ای که تاثیر بیشتری داشت وزن بیشتری به آن اختصاص داده شد. در مرحله چهارم برای تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش استان گلستان، اقدام به محاسبه ارزش هر معیار با استفاده از ماتریس مقیاسات زوجی (روش سلسله مراتبی) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی گردید. سپس با استفاده از تابع همپوشانی وزنی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی با لحاظ وزن هر طبقه و هر معیار اقدام به تهیه نقشه پهنه بندی زمین لغزش منطقه در ۵ طبقه شد.

1. DEM  
2. Zontal Statistic

برای پهنه بندی خطر زلزله استان گلستان، پس از جمع آوری رخداد زلزله در سال‌های مختلف با استفاده از اطلاعاتی که توسط موسسه جغرافیا از طریق روزنامه‌های سال‌های اخیر و سایت [WWW.Unic-ir.org](http://WWW.Unic-ir.org) از سال ۱۹۳۰ میلادی تاکنون، داده‌های پایگاه ملی داده‌های علوم زمین و داده‌هایی که از بولتن پژوهشگاه زلزله از سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ گرفته شد یک لایه اطلاعاتی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی براساس موقعیت جغرافیایی و شدت زلزله<sup>۹</sup> تهیه شد و با استفاده از تابع درونیابی و با کمک تخمین گر فاصله وزن معکوس اقدام به تخمین شدت زلزله سایر مناطق بر اساس نقاط نمونه خالص گردید و خطر زلزله در ۴ طبقه پهنه خطر خیلی زیاد، پهنه خطر زیاد، پهنه خطر متوسط و پهنه خطر کم طبقه بندی شد. جهت پهنه بندی زلزله بر اساس خطوط گسل بعد از تهیه نقشه گسل و نقشه زمین شناسی استان گلستان، نقشه گسل‌ها بر اساس نقشه زمین شناسی رقومی شد. سپس لایه گسل براساس طول گسل و به صورت سه گروه گسل‌های اصلی و لرزه زا (با درازای بیش از ده کیلومتر)، گسل‌های متوسط (با درازای بین دو تا ده کیلومتر)، گسل‌های فرعی (کوته‌تر از دو کیلومتر) تقسیم بندی شد و با جداسازی گسل‌های با طول بیش از ۵ کیلومتر، نقشه حریم گسل‌ها در ۵ ناحیه شامل ناحیه ۱ با حریم ۱۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه حریم گسل، ناحیه ۲ با حریم ۳۰۰۰ متری با عنوان پهنه ویرانی خیلی شدید، ناحیه ۳ با حریم ۷۰۰۰ متری با عنوان پهنه تکان‌های شدید یا ویرانی گسترده، ناحیه ۴ با حریم ۱۰۰۰۰ متری با عنوان پهنه حرکت‌های تند یا خسارت زیاد و ناحیه ۵ پهنه بدون خسارت طبقه بندی شد.

برای پهنه بندی سیل استان، ابتدا با استفاده از دبی حداکثر لحظه‌ای ۷۴ ایستگاه آب سنجی استان بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۵ و با استفاده از نرم افزار SPSS، بهترین توزیع آماری (لوگ پیرسون) شناسایی و با لحاظ دبی با دوره ۲۵ ساله، ضریب سیل خیزی با استفاده از رابطه هاگر در هر ایستگاه محاسبه شد. در مرحله بعد اقدام به بررسی میزان کمیت نقاط از لحاظ توزیع نرمال گردید. سپس میزان روند نمونه‌ها در جهت‌های شرقی - غربی و شمالی - جنوبی بررسی شد. در مرحله بعد اقدام به بررسی ساختار مکانی متغیر به منظور به کارگیری تخمین گره‌های زمین آماری شد به این گونه که به بررسی روابط جفت نمونه‌ها از لحاظ فاصله، مقدار و جهت گردید و مشخص گردید که امکان برقراری ساختار مکانی بین نمونه‌ها وجود دارد و بهترین مدل، مدل کروی تشخیص داده شد. در انتها نقشه پهنه بندی تهیه شده با استفاده از تخمین گر کریجینگ در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی در ۵ طبقه شامل خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم طبقه بندی گردید.

به منظور پهنه بندی خطر فرسایش خاک استان گلستان از مدل پسیاک اصلاح شده استفاده شد. در این روش تاثیر و نقش نه پارامتر مهم و موثر شامل زمین شناسی سطحی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش زمین، کاربری زمین، وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوزه، فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب برای برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه آبخیز استفاده گردید و در رابطه با شدت و

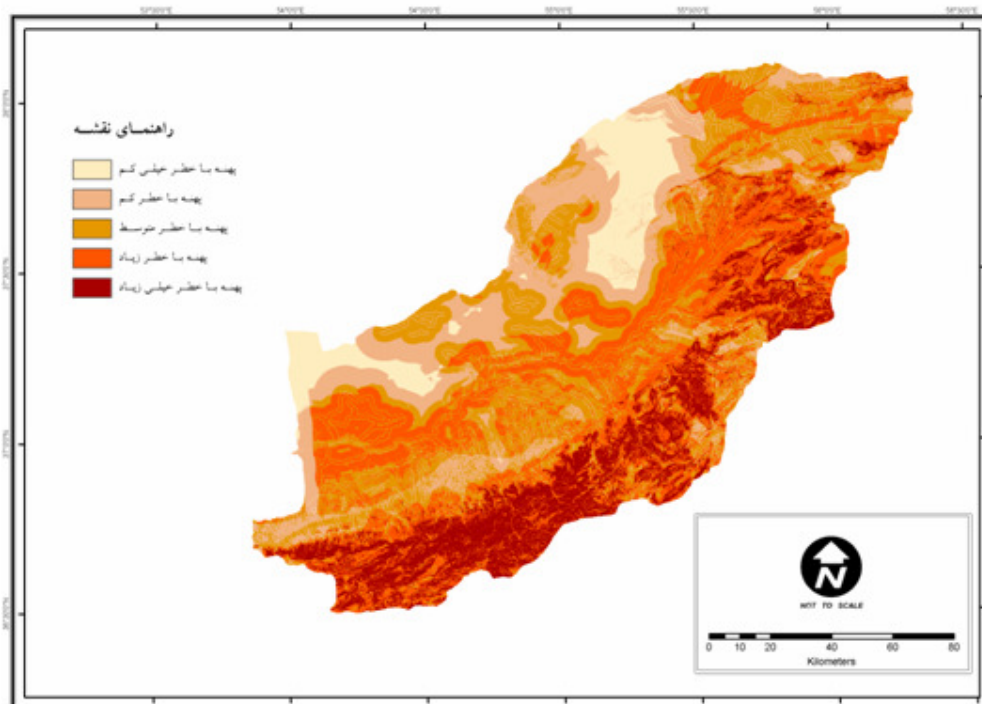
ضعف هر عامل، عددی به آن نسبت داده شد و سرانجام با در نظر گرفتن مجموع اعداد به دست آمده برای عوامل مختلف، میزان رسوب دهی حوزه بر آورد شد.

برای تهیه نقشه بیابانزائی، سطح استان در مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ از نقشه بیابان زائی تهیه شده موجود برای استان با مشخصات نوع طبقه تخریب و کلاس وضعیت فعلی - رخساره استفاده شد. به منظور بررسی مخاطرات پنج گانه در سطح استان قبل از تهیه نقشه هر کدام از این عوامل، هر عامل به طور جداگانه با محدوده شهرستان‌ها در محیط GIS به روش اشتراکی همپوشانی داده شدند؛ سپس مساحت هر شهرستان از لحاظ پهنه‌های خطر بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم و بسیار کم با توجه به هر مخاطره مشخص شد.

در نهایت به منظور بررسی مخاطرات فوق با توجه به روستا و جمعیت در معرض خطر اقدام به همپوشانی لایه‌های مخاطرات با لایه روستاها در سطح استان شد و فراوانی و فراوانی نسبی تعداد روستا و جمعیت مشخص گردید.

## نتایج

نتایج مطالعه نشان می‌دهد که از نظر زمین لغزش معیارهای طبقات شیب با وزن نسبی ۰/۲۲۶۸، انعطاف پذیری خاک با وزن نسبی ۰/۱۵۳۶ و سنگ شناسی با وزن نسبی ۰/۱۵۰۴، بیشترین تأثیر و عوامل دیگر شامل جهت شیب با وزن نسبی ۰/۰۲۰۵، بارندگی با وزن نسبی ۰/۰۲۲۸ و فاصله از شبکه راه‌ها با وزن نسبی ۰/۰۱۶۱، کمترین تأثیر را در ارزیابی زمین لغزش دارند. همچنین نتیجه محاسبه ضریب سازگاری نشان داد که ضریب سازگاری این قضاوت‌ها<sup>۱۱</sup> برابر ۰/۰۶۷ است که بر طبق تجربه هرگاه ضریب سازگاری برابر و یا کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان ادعا کرد که سازگاری قضاوت‌ها مراعات شده، داوری‌ها خوب و وزن‌های بدست آمده قابل اعتماد است. نتایج حاصل از تهیه نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش استان در محیط سیستم اطلاعات جغرافیائی به روش آنالیز سلسله مراتبی (شکل ۲)، نشان می‌دهد که حدود ۱۴ درصد سطح استان خطر در پهنه خطر زمین لغزش با خطر خیلی زیاد، ۳۰ درصد با خطر زیاد، ۲۹ درصد با خطر متوسط، ۱۸/۵۳ درصد با خطر کم، ۷/۸۸ درصد با خطر خیلی کم می‌باشد. وضعیت پهنه‌های خطر زمین لغزش استان نیز در جدول ۱ آورده شده است. جدول ۲ نیز بیانگر وضعیت روستاها، خانوار و جمعیت از نظر قرار گیری در موقعیت خطر زمین لغزش می‌باشد. جدول ۳ نشان دهنده وضعیت هر یک از شهرستان‌های استان از نظر خطر زمین لغزش می‌باشد.



شکل ۱: نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش استان به روش آنالیز سلسله مراتبی

جدول ۱: درصد وساحت طبقات نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش تحلیل سلسله مراتبی

پهنه‌های خطر	مساحت (هکتار)	مساحت نسبی (درصد)
پهنه با خطر خیلی کم	۱۵۴۱۹۲/۴۱	۷/۸۸
پهنه با خطر کم	۳۶۲۷۰۰/۹۹	۱۷/۵۳
پهنه با خطر متوسط	۵۶۸۵۰۱/۷۴	۲۹/۰۵
پهنه با خطر زیاد	۵۹۴۰۶۱/۲۹	۳۰/۳۶
پهنه با خطر خیلی زیاد	۲۷۷۲۲۵/۷۴	۱۴/۱۶

جدول ۲: فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستائی بر حسب خطر زمین لغزش در سطح استان.

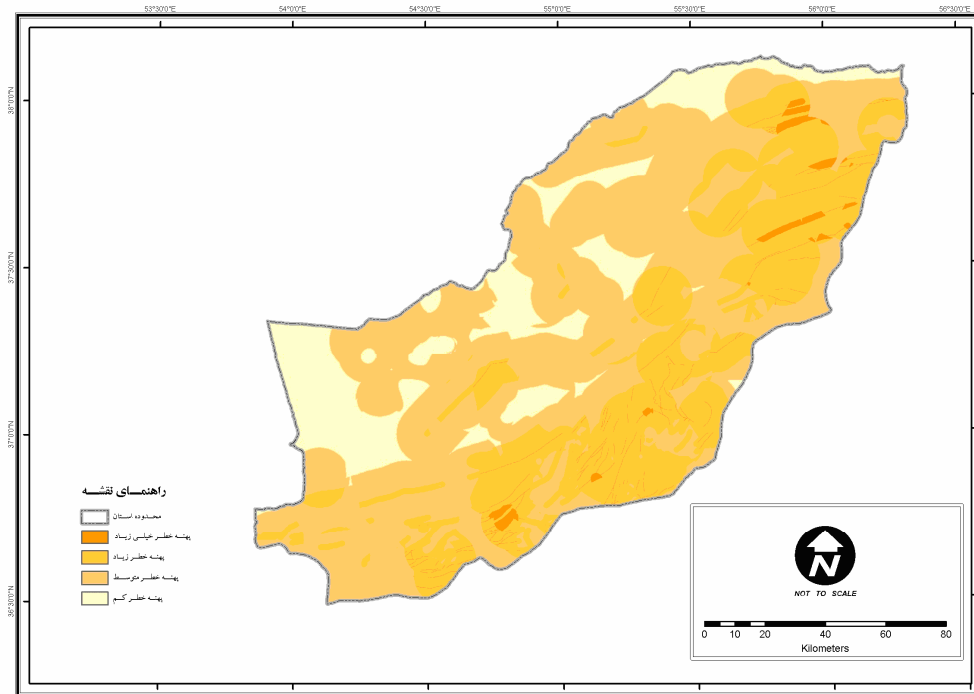
طبقه خطر زمین لغزش	تعداد روستا		تعداد خانوار		میزان جمعیت	
	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی
خطر خیلی کم	۴	۰/۵۱	۸۸۰	۰/۵۹	۵۶۲۹	۰/۶۷
خطر کم	۱۱۱	۱۴/۳۵	۲۲۹۶۳	۱۵/۴۷	۱۲۳۷۴۲	۱۴/۸۷
خطر متوسط	۳۰۱	۳۸/۹۳	۶۵۳۰۶	۴۴/۰۰	۳۶۱۳۰۷	۴۳/۴۲
خطر زیاد	۳۰۱	۳۸/۹۳	۵۵۸۳۹	۳۷/۶۲	۳۲۱۶۶۳	۳۸/۶۵
خطر خیلی زیاد	۵۶	۷/۲۴	۳۴۳۱	۲/۳۱	۱۹۷۴۶	۲/۳۷



جدول ۳: مساحت و مساحت نسبی خطر زمین لغزش بر حسب هر شهرستان

شهرستان	مساحت شهرستان	طبقه خطر زمین لغزش	مساحت زمین لغزش (هکتار)	مساحت نسبی زمین لغزش نسبت به هر شهرستان (درصد)
آزاد شهر	۸۷۶۲۴/۵۶	خطر خیلی زیاد	۲۶۵۵۱/۳۳	۳۰/۳۰
		خطر زیاد	۳۴۲۶۳/۴۳	۳۹/۱۰
آق قلا	۱۷۷۳۴۳/۶۸	خطر زیاد	۴۷۶۷۱/۹۷	۲۶/۸۸
		خطر متوسط	۶۴۱۶۶/۶۲	۳۶/۱۸
بندرگز	۲۳۴۶۴/۷۰	خطر خیلی زیاد	۲۲۳۵/۱۳	۹/۵۲
		خطر زیاد	۲۴۹۴/۵۵	۱۰/۶۳
ترکمن	۱۵۳۵۲۰/۲۰	خطر زیاد	۵۱۳۱۵/۹۲۹۷۶۱	۳۳/۴۲۶۱۷۴
رامیان	۷۸۰۰۲/۰۶	خطر خیلی زیاد	۲۳۵۹۵/۵۳۲۱۹۴	۳۰/۲۴۹۸۸۳
		خطر زیاد	۲۳۸۰۳/۶۱۹۸۳	۳۰/۵۱۶۶۵۵
علی آباد	۱۱۵۳۲۸/۳۶	خطر خیلی زیاد	۵۵۰۹۸/۳۱۸۱۱۱	۴۷/۷۷۵۱۶۸
		خطر زیاد	۲۴۴۱۰/۰۲۳۶۵۷	۲۱/۱۶۵۶۷۳
کردکوی	۸۲۱۱۰/۱۴	خطر خیلی زیاد	۲۸۲۳۰/۳۳۰۶۶۷	۳۴/۳۸۱۰۵۳
		خطر زیاد	۲۵۹۱۳/۶۴۳۳۴۱	۳۱/۵۵۹۶۱۴
کاله	۴۹۸۵۶۰/۱۰	خطر خیلی زیاد	۳۹۶۴۱/۵۴۶۸۹۸	۷/۹۵۱۲۰۷
		خطر زیاد	۱۸۹۷۶۶/۳۱۶۲۸	۳۸/۰۶۲۸۷۷
گرگان	۱۶۱۵۶۳/۵۹	خطر خیلی زیاد	۵۴۹۳۵/۲۱۹۶۴۱	۳۴/۰۰۲۲۲۸
		خطر زیاد	۴۸۶۲۲/۹۸۷۲۱۷	۳۰/۰۹۵۲۶۳
گنبدکاووس	۵۰۵۸۶۰/۴۴	خطر خیلی زیاد	۵۰/۸۸۴۴۶۳	۰/۱۰۰۵۹
		خطر زیاد	۸۷۷۱۶/۱۱۵۸۲۵	۱۷/۳۳۹۹۸۳
مینودشت	۱۵۸۳۹۱/۷۴	خطر خیلی زیاد	۴۷۹۶۷۰/۵۴۶۸۶	۳۰/۲۸۳۱۷۹
		خطر زیاد	۵۷۰۹۵/۶۶۳۵۳۷	۳۶/۰۴۷۱۲۲

نتایج حاصل از تهیه نقشه پراکنش زلزله از منابع مختلف حاکی از آن است که بیشتر زلزله‌ها در دامنه جنوبی و شمال غربی استان رخ داده است و بزرگترین زلزله با شدت ۶ ریشتر در سال ۱۹۸۵ حوالی جنوب غربی شهرستان گرگان رخ داده است. نقشه پراکنش و بزرگی زلزله‌ها و طول گسل‌ها بر اساس نقشه‌های زمین شناسی استان، حاکی از آن است که ۱۲ درصد گسل‌های استان طولشان بیش از ۱۰ کیلومتر، ۵۷ درصد گسل‌های استان با طول ۱۰-۲ کیلومتر و ۳۱ درصد گسل‌های استان با طول زیر ۲ کیلومتر می‌باشند. نتایج حاصل از تلفیق نقشه پهنه بندی خطر زلزله بر مبنای شدت در سطح استان و نقشه مقدماتی پهنه بندی خطر زلزله بر مبنای گسل (شکل ۳) حاکی از آن است که ۱/۵ درصد سطح استان در پهنه خطر خیلی زیاد، ۳۱/۴۵ درصد از سطح استان در پهنه خطر زیاد، ۵۱/۸۴ درصد از سطح استان در پهنه با خطر متوسط و ۱۵/۱۹ درصد از سطح استان در پهنه خطر کم واقع شده است. جدول ۵ و ۶ نیز نشان دهنده وضعیت روستاها و شهرستان‌ها از نظر قرار گیری در برابر خطر زلزله می‌باشد.



شکل ۳: نقشه پهنه بندی خطر زلزله

جدول ۴: نقشه نهائی پهنه بندی خطر زلزله

پهنه خطر	مساحت	مساحت نسبی (درصد)
پهنه خطر خیلی زیاد	۳۰۷۲۳/۳	۱/۵۰
پهنه خطر زیاد	۶۴۰۶۸۸/۱۳	۳۱/۴۵
پهنه خطر متوسط	۱۰۵۵۸۵۶/۸۷	۵۱/۸۴
پهنه خطر کم	۳۰۹۳۸۹/۲۲	۱۵/۱۹

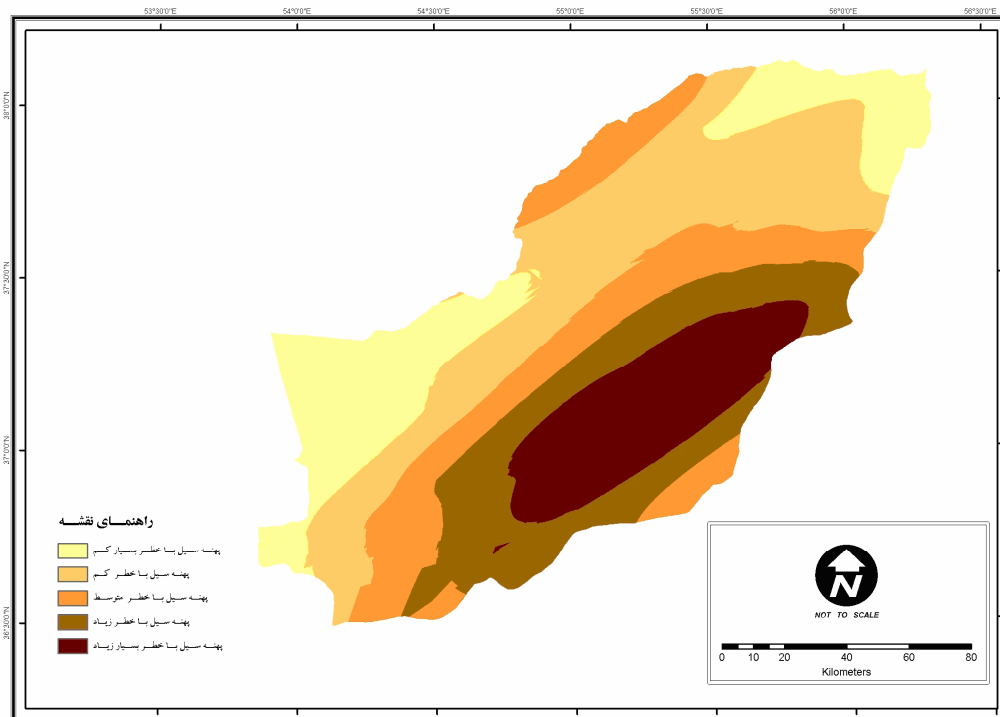
جدول ۵: فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستائی بر حسب خطر زلزله در سطح استان.

میزان جمعیت		تعداد خانوار		تعداد روستا		طبقه خطر زلزله
فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	
۱/۴۲	۱۱۸۵۹	۱/۴۵	۲۱۶۰	۱/۶۸	۱۳	خطر خیلی زیاد
۳۶/۵۲	۳۰۴۸۵۸	۳۷/۵	۵۵۸۴۳	۴۱/۹	۳۲۴	خطر زیاد
۵۲/۳۱	۴۳۶۶۱۹	۵۲/۲	۷۷۷۲۲	۴۷/۴۷	۳۶۷	خطر متوسط
۹/۱۳	۸۱۲۶۴	۸/۸۲	۱۳۱۳۲	۸/۹	۶۹	خطر کم

جدول ۶: مساحت و مساحت نسبی خطر زلزله در شهرستان‌های استان گلستان

شهرستان	مساحت شهرستان	طبقه خطر زلزله	مساحت زلزله (هکتار)	مساحت نسبی زلزله نسبت به هر شهرستان (درصد)
آزادشهر	۸۷۶۲۴/۵۶	خطر خیلی زیاد	۱۵۲۵/۹۴	۱/۷۴
		خطر زیاد	۶۰۸۹۰/۶۹	۶۹/۴۹
آق قلا	۱۷۷۳۴۳/۶۸	خطر خیلی زیاد	۱۲۷/۴۱	۰/۰۷
		خطر زیاد	۱۳۸۳۶/۰۴	۷/۸۰
بندرگز	۲۳۴۶۴/۷۰	خطر زیاد	۵۴۶۲/۵۳	۲۳/۲۷
ترکمن	۱۵۳۵۲/۲۰	خطر زیاد	۳/۳۳	۰/۰۰
رامیان	۷۸۰۰۲/۰۶	خطر خیلی زیاد	۲۲۳۲/۷۲	۲/۸۶
		خطر زیاد	۵۰۴/۵۹	۶۴/۶۸
علی آباد	۱۱۵۳۲۸/۳۶	خطر خیلی زیاد	۵۵۳۳/۹۲	۴/۷۹
		خطر زیاد	۶۵۳۱۲/۳۵	۵۶/۶۳
کردکوی	۸۲۱۱۰/۱۴	خطر زیاد	۱۱۶۱۰/۷۲	۱۴/۱۴
کلاله	۴۹۸۵۶۰/۱۰	خطر خیلی زیاد	۱۷۵۵۴/۵۸	۳/۵۲
		خطر زیاد	۲۴۷۷۱۱/۹۴	۴۹/۶۸
گرگان	۱۶۱۵۶۳/۵۹	خطر خیلی زیاد	۱۳۵۴/۹۸	۰/۸۳
		خطر زیاد	۵۷۴۲۱/۰۳	۳۵/۵۴
گنبدکاووس	۵۰۵۸۶۰/۴۴	خطر خیلی زیاد	۱۵۷/۴۱	۰/۰۳
		خطر زیاد	۲۷۴۲۵/۸۶	۵/۴۲
مینودشت	۱۵۸۳۹۱/۷۴	خطر خیلی زیاد	۱۸۷۱/۱۳	۱/۱۸
		خطر زیاد	۹۶۶۸۹/۸۲	۶۱/۰۴

نتایج حاصل از پهنه بندی سیل استان بر مبنای محاسبه میزان ضریب سیل خیزی دوره برگشت ۲۵ ساله نشان می‌دهد که میانگین ضریب سیل خیزی دوره ۲۵ ساله برای استان ۱/۷۱ و حداکثر ۳/۵ می‌باشد. نقشه پیش بینی میزان ضریب سیل خیزی استان با استفاده از تخمین گر کریجینگ طبق شکل ۴ و جدول ۶ در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی در نهایت به ۵ طبقه گروه بندی شد. در جدول ۷ نیز درجه خطر پذیری برای نواحی روستایی ارایه شده است. همچنین بر اساس جدول ۸ شهرستان‌های بندر گز، ترکمن و کردکوی فاقد خطر خیلی زیاد و زیاد سیل می‌باشند.



شکل ۴: نقشه پهنه بندی خطر سیل خیزی استان

جدول ۶: درصد و مساحت طبقات پهنه بندی خطر سیل خیزی استان

پهنه‌های خطر	مساحت (هکتار)	مساحت نسبی (درصد)
پهنه با خطر خیلی کم	۳۹۵۸۲۹/۹۹	۱۹/۴۲
پهنه با خطر کم	۵۸۳۶۲۵/۲۵	۲۸/۶۳
پهنه با خطر متوسط	۳۹۱۶۶۸/۲۱	۱۹/۲۲
پهنه با خطر زیاد	۳۷۱۰۰۶۷۳	۱۸/۲۰
پهنه با خطر خیلی زیاد	۲۹۵۶۷۱/۸۷	۱۴/۵۰

جدول ۷: فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستائی بر حسب خطر سیل در سطح استان

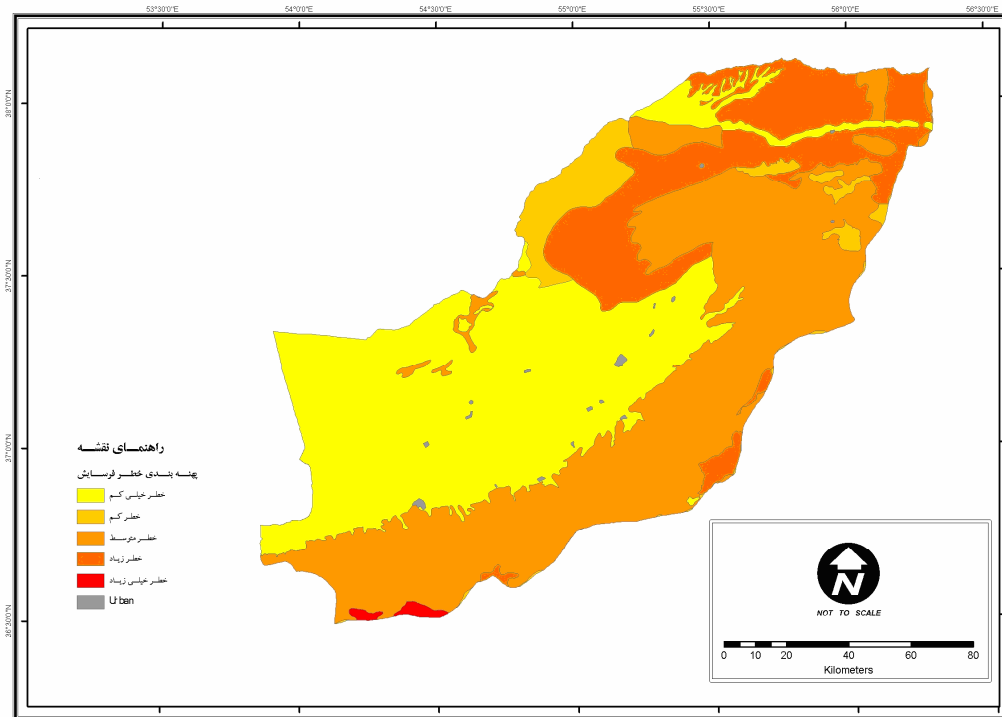
طبقه خطر سیل	تعداد روستا		تعداد خانوار		میزان جمعیت	
	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی
خطر بسیار کم	۷۴	۹/۵۷	۱۳۲۶۹	۸/۹۱	۷۶۰۴۴	۹/۱۱
خطر کم	۱۲۰	۱۵/۵۲	۲۲۹۸۲	۱۵/۴۳	۱۲۹۲۴۳	۱۵/۴۸
خطر متوسط	۱۶۴	۲۱/۲۱	۲۵۰۷۱	۱۶/۸۴	۱۴۰۹۹۹	۱۶/۸۹
خطر زیاد	۲۰۰	۲۵/۸۷	۴۲۰۰۹	۲۸/۲۲	۲۳۷۱۹۳	۲۸/۴۱
خطر بسیار زیاد	۲۱۵	۲۷/۸۱	۴۵۵۲۶	۳۰/۵۸	۲۵۱۱۲۱	۳۰/۰۸

جدول ۸: مساحت و مساحت نسبی خطر سیل بر حسب هر شهرستان

شهرستان	مساحت شهرستان	طبقه خطر سیل	مساحت سیل خیزی (هکتار)	مساحت نسبی فرسایش نسبت به هر شهرستان (درصد)
آزادشهر	۸۷۶۲۴/۵۶	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۳۶۲۲۸/۶۷۵۹۲۱ ۱۹۹۸۷/۸۴۸۴۱۷	۴۱/۳۴۵۳۴۴ ۲۲/۸۱۰۷۸۳
آق قلا	۱۷۷۳۴۳/۶۸	خطر زیاد	۱۵۶۴۸/۰۶۴۳۴۱	۸/۸۲۳۵۸۲
رامیان	۷۸۰۰۲/۰۶	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۵۹۸۹۴/۹۰۹۸۵۲ ۱۶۸۷۹/۹۰۹۵۹۹	۷۶/۷۸۶۳۱۸ ۲۱/۶۴۰۳۳۸
علی آباد	۱۱۵۳۲۸/۳۶	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۴۵۹۴۴/۲۲۸۵۴۳ ۶۵۷۶۰/۷۸۳۷۶۳	۳۹/۸۳۷۷۵۴ ۵۷/۰۲۰۴۷۹
کاله	۴۹۸۵۶۰/۱۰	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۶۹۹۲/۹۱۴۸۸۴ ۶۷۹۳۳/۵۶۰۱۶۹	۱/۴۰۲۶۲۲ ۱۳/۶۲۵۹۵۲
گرگان	۱۶۱۵۶۳/۵۹	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۵۸۷۲۷۰۴۴ ۸۴۱۵۵/۱۱۲۹۱۲	۰/۳۶۳۳۴۹ ۵۲/۰۸۷۹۲
گنبدکاووس	۵۰۵۸۶۰/۴۴	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۲۶۹۸۶/۸۸۴۹۵۲ ۶۰۹۹۹/۵۶۵۶۷۶	۵/۳۳۴۸۴۸ ۱۲/۰۵۸۵۷۶
مینودشت	۱۵۸۳۹۱/۷۴	خطر خیلی زیاد خطر زیاد	۱۱۹۴۱۴/۹۳۸۰۶۵ ۳۷۴۷۰/۴۲۳۴۲۲	۷۵/۳۹۲۱۵ ۲۳/۶۵۶۸۰۴

نتایج حاصل از پهنه بندی خطر فرسایش خاک در سطح استان حاکی از آن است ۳۸/۵۹ درصد استان در پهنه خطر خیلی کم، ۴/۸۱ درصد استان در پهنه خطر کم، ۳۹/۲۳ استان در پهنه خطر متوسط، ۱۶/۷۳ درصد استان در پهنه خطر زیاد، ۰/۳۸ درصد از سطح استان در پهنه خطر خیلی زیاد قرار دارد (شکل ۵ و جدول ۹). جدول ۱۰ نیز بیانگر فراوانی و جمعیت روستاهای در معرض خطر فرسایش با شدت‌های مختلف می‌باشد. بر اساس جدول ۱۱، شهرستان‌های آق قلا، بندرگز، ترکمن و رامیان فاقد خطر خیلی زیاد و زیاد فرسایش می‌باشند.

نتایج حاصل از خطر بیابان زایی در سطح استان حاکی از آن است که ۴۳/۹۳ درصد از سطح استان از نظر بیابان زایی در پهنه خطر خیلی کم، ۱/۵ درصد از سطح استان در پهنه خطر کم، ۱۹/۲۳ درصد از سطح استان در پهنه خطر متوسط، ۲۰/۳۳ درصد از سطح استان در پهنه خطر زیاد و ۱۴/۹۶ درصد از سطح استان در پهنه خطر خیلی زیاد واقع شده است (شکل ۶ و جدول ۱۲). جدول ۱۳ نیز بیانگر روستاها و جمعیت در معرض خطر فرسایش بیابان زایی می‌باشد. همچنین بر اساس جدول ۱۴ شهرستان‌های آزاد شهر، بندرگز، رامیان، علی آباد، کردکوی، گرگان و مینو دشت فاقد خطر زیاد و خیلی زیاد بیابان زایی می‌باشند.



شکل ۵: پهنه بندی خطر فرسایش استان

جدول ۹: وضعیت مساحت و مساحت نسبی طبقات فرسایش استان گلستان

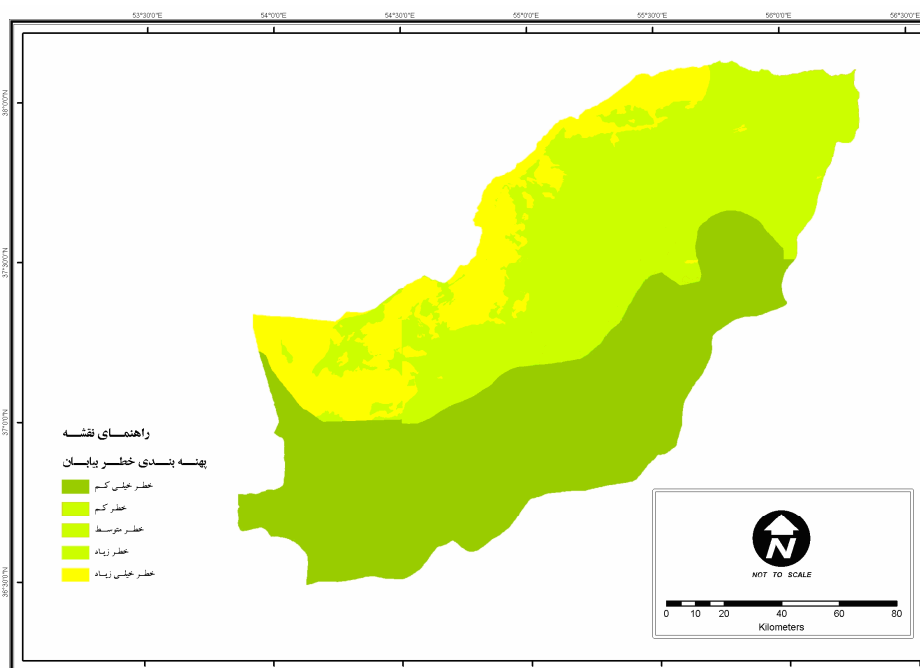
ردیف	پهنه خطر فرسایش	مساحت (هکتار)	مساحت نسبی (درصد)
۱	پهنه خطر خیلی کم	۷۸۵۹۳۸/۰۸	۳۸/۵۹
۲	پهنه خطر کم	۹۸۱۲۰/۰۵	۴/۸۱
۳	پهنه خطر متوسط	۷۹۸۸۸۳/۹۶	۳۹/۲۳
۴	پهنه خطر زیاد	۳۴۰۸۵۹/۸۶	۱۶/۷۳
۵	پهنه خطر خیلی زیاد	۷۸۷۴/۲۲	۰/۳۸
۶	خلیج گرگان	۴۸۲/۷۰	۰/۰۲۳
۷	مناطق مسکونی	۴۲۱۶/۵۳	۰/۲۰۷

جدول ۱۰: فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستائی بر حسب خطر فرسایش در سطح استان.

طبقه فرسایش	تعداد روستا		تعداد خانوار		میزان جمعیت	
	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی
خطر خیلی کم	۴۶۸	۶۱/۷۴	۱۰۷۹۴۵	۷۴/۱۴	۶۰۴۶۳۶	۷۴/۲۲
خطر کم	۱۴	۱/۸۴	۱۵۳۰	۱/۰۵	۹۲۷۹	۱/۱۳
خطر متوسط	۲۴۴	۳۲/۱۸	۳۱۷۳۷	۲۱/۸	۱۷۵۲۵۱	۲۱/۵۱
خطر زیاد	۳۱	۴/۰۸	۴۲۳۶	۲/۹۰	۲۴۷۷۶	۳/۰۴
خطر خیلی زیاد	۱	۰/۱۶	۱۴۴	۰/۱۱	۶۷۱	۰/۱

جدول ۱۱: مساحت و مساحت نسبی خطر فرسایش بر حسب هر شهرستان

شهرستان	مساحت شهرستان	طبقه خطر فرسایش	مساحت فرسایش (هکتار)	مساحت نسبی فرسایش نسبت به هر شهرستان (درصد)
آزاد شهر	۸۷۶۲۴/۵۶	خطر خیلی زیاد	۱۱۵۸۲/۴۵	۱۳/۲۱۸۲۸
علی آباد	۱۱۵۳۲۸/۳۶	خطر زیاد	۱۴۸۶/۸۸	۱/۲۸۹۲۶۲
کردکوی	۸۲۱۱۰/۱۴	خطر خیلی زیاد	۲۵۹۷/۷۵	۳/۱۶۳۷۵
کلانه	۴۹۸۵۶۰/۱۰	خطر زیاد	۱۷۶۱۹۴/۳۸	۳۵/۳۴۰۶۵
گرگان	۱۶۱۵۶۳/۵۹	خطر خیلی زیاد	۴۱۵۰/۹۵	۲/۵۶۹۲۴۲
		خطر زیاد	۹۸۷/۳۳	۰/۶۱۱۷۲۸
گنبدکاووس	۵۰۵۱۶۰/۴۴	خطر زیاد	۱۴۴۸۵۱/۹۱	۲۸/۶۳۴۷۵۹
مینودشت	۱۵۸۳۹۱/۷۴	خطر زیاد	۳۰۵۳/۸۳	۱/۹۲۸۰۲۴



شکل ۶: نقشه پهنه بندی خطر بیابان زائی در سطح استان

جدول ۱۲: وضعیت مساحت و مساحت نسبی طبقات بیابان زایی استان

ردیف	پهنه خطر بیابان زائی	مساحت (هکتار)	مساحت نسبی (درصد)
۱	پهنه خطر خیلی کم	۸۹۵۱۳۶/۸۱	۴۳/۹۳
۲	پهنه خطر کم	۳۱۳۰۸/۹۷	۱/۵۳
۳	پهنه خطر متوسط	۳۹۱۸۲۴/۶۱	۱۹/۲۳
۴	پهنه خطر زیاد	۴۱۴۲۷۵/۹۹	۲۰/۳۳
۵	پهنه خطر خیلی زیاد	۳۰۴۸۹۳/۰۵	۱۴/۹۶

جدول ۱۳: فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستائی بر حسب خطر بیابان زایی در سطح استان

طبقه خطر بیابان زائی	تعداد روستا		تعداد خانوار		میزان جمعیت
	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی	فراوانی نسبی	فراوانی نسبی
خطر خیلی کم	۵۲۱	۶۷/۳۹	۱۱۱۳۶۱	۷۴/۸۱	۷۱/۸۸
خطر کم	۲۵	۳/۲۳	۶۰۵۰	۴/۰۶	۴/۴۵
خطر متوسط	۱۶۱	۲۰/۸۲	۲۲۸۵۷	۱۵/۳۵	۱۷/۱۹
خطر زیاد	۴۳	۵/۵۶	۶۴۸۳	۴/۳۵	۴/۸۶
خطر خیلی زیاد	۲۳	۲/۹۷	۲۱۰۶	۱/۴۱	۱/۵۹

جدول ۱۴: مساحت و مساحت نسبی خطر بیابان زایی بر حسب هر شهرستان

شهرستان	مساحت شهرستان	طبقه خطر بیابان زائی	مساحت بیابان زائی (هکتار)	مساحت نسبی بیابان زائی نسبت به هر شهرستان (درصد)
آق قلا	۱۷۷۳۴۳/۶۸	خطر خیلی زیاد	۵۷۱۶۷/۰۲	۳۲/۲۳
		خطر زیاد	۲۲۹۳۷/۷۳	۱۲/۹۳
ترکمن	۱۵۳۵۲۰/۲۰	خطر خیلی زیاد	۸۵۲۲۲/۸۱	۵۵/۵۱
		خطر زیاد	۱۲۳۸۳/۵۳	۸/۰۶
کلاله	۴۹۸۵۶۰/۱۰	خطر خیلی زیاد	۹۱۱۹/۳۳	۱/۸۲
		خطر زیاد	۱۹۴۷۰۹/۹۴	۳۹/۰۵
گنبدکاووس	۵۰۵۸۶۰/۴۴	خطر خیلی زیاد	۱۵۰۰۰۰/۹۵	۲۹/۶۵
		خطر زیاد	۱۸۲۹۱۰/۷۶	۳۶/۱۵

### بحث و نتیجه گیری

بررسی وضعیت استان گلستان طبق نتایج حاصل از پهنه بندی زمین لغزش استان با استفاده از داده‌های مختلف نشان می‌دهد که بیشتر پراکنش زمین لغزش‌ها در دامنه‌های جنوبی استان اتفاق افتاده است؛ از سوی دیگر نتایج بدست آمده از وزن دهی معیارهای موثر در پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که معیارهای شیب انعطاف پذیری خاک، سنگ شناسی به ترتیب با وزن نسبی ۲۲۶۸، ۱۵۳۶، ۱۵۰۴. بیشترین تاثیر را در وقوع زمین لغزش‌ها در سطح استان داشته‌اند. همچنین بیشتر روستاهای استان در طبقه خطر زمین لغزش متوسط (۴۳/۴۲٪) و زیاد (۳۸/۹۳٪) قرار می‌گیرند. بیشترین تعداد خانوار و جمعیت روستائی نیز در طبقه خطر زمین لغزش متوسط و زیاد قرار می‌گیرند. بنابراین به منظور جلوگیری از خطر زمین لغزش در بیشتر مناطق روستائی سطح استان نیازمند اقدامات پیشگیرانه می‌باشد همچنین در بررسی‌های مرتبط با ارزیابی مساحت و مساحت نسبی خطر زمین لغزش بر حسب هر شهرستان نتایج بدست آمده نشان داد که شهرستان آزاد شهر حدود ۶۹/۴ درصد سطح شهرستان میزان خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد، شهرستان آق قلا ۲۶/۸۸ درصد سطح شهرستان میزان خطر زمین لغزش بالا، بندرگز حدود ۲۰ درصد سطح شهرستان خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد، بندر ترکمن حدود ۳۳/۴۲ درصد سطح شهرستان خطر زمین لغزش زیاد، شهرستان رامیان حدود ۶۰/۷۵ درصد سطح شهرستان دارای



خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد و شهرستان علی آباد حدود ۶۸/۸ درصد سطح شهرستان خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد و شهرستان کردکوی حدود ۶۵/۹ سطح شهرستان خطر زیاد و خیلی زیاد و حدود ۴۶ درصد سطح شهرستان کلاله میزان خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد و شهرستان گرگان حدود ۶۴ درصد سطح شهرستان با میزان خطر نسبی زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد و شهرستان گنبد کاووس حدود ۱۷/۳۴ درصد سطح شهرستان خطر زیاد و خیلی زیاد و شهرستان مینودشت حدود ۶۶/۳ درصد سطح شهرستان دارای خطر نسبی زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد می‌باشد. طبق نتایج شهرستان‌های دیگر نیز تا حدود زیادی از وضعیت نسبی خطر زمین لغزش زیاد و خیلی زیاد برخوردارند به استثنای شهرستان‌های گنبد کاووس و بندر ترکمن که دلیل این امر می‌تواند شرایط ژئومورفولوژیکی خاص استان باشد که بیشتر این تاثیر در اثر عوامل شیب، انعطاف پذیری خاک و ساختار زمین شناسی استان چنانچه بیان شد نهفته است.

بیشتر زلزله‌های رخ داده در دامنه‌های جنوبی و شمال غربی استان می‌باشد. همچنین در ارزیابی شدت زلزله‌های رخ داده در سطح استان بزرگترین زلزله با شدت ۶ ریشتر در سال ۱۹۸۵ در حوالی جنوب غربی شهرستان گرگان رخ داده است. در بررسی طول گسل‌ها در سطح استان حدود ۱۲ درصد گسل‌های استان طولشان بیش از ۱۰ کیلومتر می‌باشند که از لحاظ پراکنش بیشتر در دامنه‌های جنوبی استان توزیع شده‌اند و بیشتر گسل‌های استان (حدود ۵۷ درصد) دارای طول ۲ تا ۱۰ کیلومتر می‌باشند که به صورت پراکنده در سطح استان توزیع شده‌اند. پهنه بندی انجام شده در سطح استان نشان می‌دهد که بیشتر دامنه‌های جنوبی و شمال شرقی استان در پهنه‌های با خطر بالا قرار گرفته‌اند. طبق نقشه پهنه بندی خطر زلزله نهائی بر مبنای شدت و خطوط گسل نتایج نشان داد که حدود ۱/۵ درصد سطح استان در پهنه خطر خیلی زیاد، ۳۱/۴۵ درصد در پهنه خطر زیاد و ۵۱/۸۴ درصد در پهنه با خطر متوسط و ۱۵/۱۹ درصد در پهنه خطر کم واقع شده‌اند. از لحاظ مکانی بیشتر دامنه‌های جنوبی استان در معرض خطر زیاد و خیلی زیاد نسبی زلزله قرار می‌گیرند و بیشترین درصد سطح استان در پهنه با خطر متوسط و کم واقع شده است. بررسی میزان خطر نسبی زلزله نسبت به سطح و جمعیت استان نتایج نشان می‌دهد که بیشتر روستاهای استان در معرض خطر متوسط و زیاد زلزله واقع شده‌اند. همچنین با توجه به بررسی‌های انجام شده در ارتباط با میزان خطر نسبی زلزله بر حسب هر شهرستان بیانگر این است که بیش از ۵۰ درصد مساحت شهرستان‌های آزاد شهر، بندر گز، رامیان، علی آباد و مینودشت در معرض خطر زیاد و خیلی زیاد زلزله واقع شده‌اند.

بیشتر پهنه‌های سیل خیز با خطر بسیار زیاد در قسمت جنوبی استان واقع شده‌اند و از قسمت جنوب استان به سمت شمال به تدریج از میزان سیل خیزی استان کاهش می‌یابد و بیش از ۴۰۰ روستا در معرض خطر بسیار زیاد و زیاد سیل قرار دارند و بیش از ۵۰ درصد از مساحت شهرستان‌های آزاد شهر، رامیان، علی آباد، گرگان، گنبد کاووس و مینو دشت در معرض خطر خیلی زیاد و زیاد سیل قرار دارند.

بررسی نقشه پهنه بندی خطر فرسایش نشان می‌دهد که مساحت بسیار کمی از استان در ناحیه جنوب غربی در معرض خطر زیاد فرسایش قرار دارد و قسمت جنوبی استان بیشتر در پهنه خطر متوسط قرار دارد و

قسمت اعظم شمال و شمال غربی استان در پهنه خطر زیاد قرار دارد و نواحی مرکزی و غربی استان در پهنه خطر خیلی کم قرار دارد.

بررسی فراوانی و فراوانی نسبی روستاها، تعداد خانوار، جمعیت روستایی بر حسب خطر فرسایش خاک در سطح استان نشان می‌دهد که فقط یک روستا در معرض خطر خیلی زیاد با تعداد ۱۴۴ خانوار و میزان جمعیت ۶۷۱ نفر قرار دارد و کلیه شهرستان‌ها در معرض خطر زیاد و خیلی زیاد فرسایش در سطح کمی از مساحت خود قرار دارند.

همچنین بررسی نقشه پهنه بندی خطر بیابان زایی سطح استان در می‌یابیم که قسمت‌های جنوبی استان در پهنه خطر کم قرار دارند و هر چه به نواحی شمالی استان نزدیک می‌شویم بر خطر بیابان زایی افزوده گشته به طوری که نواحی شمالی استان کاملاً در معرض خطر بیابان زایی زیاد قرار گرفته است. همچنین ۱۴/۹۶ درصد از سطح استان در پهنه خطر خیلی زیاد قرار دارد و ۲۳ روستا با جمعیتی معادل ۱۳۳۲۷ نفر در معرض خطر خیلی زیاد زلزله قرار دارند و تنها بیش از ۵۰ درصد شهرستان گنبد کاووس در معرض خطر خیلی زیاد و زیاد بیابان زایی قرار دارند.

## منابع

- ۱- راستگو، س. ب، قهرمان، ح، ثنایی نژاد، ک، داوری، س، خداشناس. (۱۳۸۵): برآورد فرسایش و رسوب حوزه تنگ کنشت با مدل‌های تجربی MPSIAC و EPM به کمک GIS. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، صفحات ۹۱-۱۰۴.
- ۲- فیض نیا و همکاران. (۱۳۸۵): بررسی رابطه بین تغییرنوع استفاده از اراضی با مقادیر فرسایش و رسوب، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۷۳.
- ۳- کرمی، فریبا، مریم بیاتی خطیبی، داوود مختاری کشکی. (۱۳۸۷): خطر زمین لرزه و تحلیل ریسک پذیری، مراکز جمعیتی از زلزله (شهرستان بستان آباد، آذربایجان شرقی). مجله تحقیقات جغرافیایی.
- ۴- کرمان، رضا. (۱۳۸۵): ارزیابی توان محیطی و ساماندهی کاربری زمین برای مدیریت خطر بیابانزایی حوضه آبخیز کوهدشت لرستان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۰۷ صفحه.
- 5- E. J. Gabet, Douglas W. Burbank, and Jaakko K. Putkonen, (2004): Rainfall Thresholds for Land Sliding in The Himalayas of Nepal. *Geomorphology* 63: 131-143.
- 6- Fox J., Vogler J.B, (2005): Land use and Land Cover Change in Montane Mainland Southeast Asia. *Environmental Management*. Vol: 36 Number 3. Pp: 10.
- 7- kokh – Sherstha, M., (2001): Soil Erosion Modeling Using Remote Sensing and GIS: a Case Study of Jhikhu Khola Watershed, Nepal, Master Thesis, Andhra University, Pp. 78.
- 8- Matsuoka Masashi, Midorikawa Saburoh, B, (1995): GIS Based Integrated Seismic Hazard Mapping for a Large Metropolitan Area, *Proceeding of Earthquake Engineering, Spain* Pp. 225-302.
- 9- Stephen, R., (2002): Hydrologic Investigation by The U.S Geological Survey Following The 1996 & 1997 Flood in The Upper Yellowstone River, Monata. *American Water Resources Association 19<sup>th</sup> Annual Monata Section Metting, Section One*, Pp.1-18.