

جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۱۴، بهار ۱۳۹۴  
وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۱/۲۴  
تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۱۰/۲۱  
صفحات: ۱۷۶ - ۱۵۵

## پهنه‌بندی خطر زمین‌رانش و تأثیر آن بر ناپایداری سکونت‌گاه‌های شهری مورد شناسی: زیباشهر گرگان

دکتر ابوالقاسم امیراحمدی<sup>۱</sup>، رامش تمسکینی<sup>۲</sup>، ملیحه محمدنیا<sup>۳</sup>

### چکیده

ناپایداری دامنه‌ای به ویژه خطر زمین لغزش از جمله مخاطرات عمده‌ای است که در مناطق شیب دار با خاک‌های سست، معمولاً از فراوانی زیادی برخوردار است. منطقه تپه‌های زیبا شهر گرگان به دلیل گسترش تپه‌های لسی و خاک‌های کم‌مقاومت و هم‌چنین تبدیل مناطق شیب دار به مناطق مسکونی و ساخت و ساز و فعالیت‌های عمرانی بر روی شیروانی‌ها به منظور احداث راه، ساختمان و .... حساسیت ویژه‌ای در برابر مخاطرات زمین لغزش دارد. در این تحقیق تلاش بر این است که عوامل موثر بر ناپایداری منطقه با تأکید بر ژئومورفولوژی مورد بررسی قرار گیرد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، نقشه شهری گرگان و تصاویر ماهواره‌ای به همراه بازدید میدانی است. روش تحلیل نیز بر مبنای داده‌های موجود به صورت استقرایی است. برای تحلیل داده‌ها، نقشه‌های مورد نظر به محیط GIS منتقل و با استفاده از مدل AHP به ارزیابی خطر زمین لغزش در منطقه پرداختیم. مجموعاً ۸ معیار اصلی مرتبط با وقوع پدیده زمین لغزش مورد تحلیل قرار گرفت، این معیارها به عنوان نقشه‌های عامل هر کدام جداگانه کلاس‌بندی شده و از روش‌های آماری و مشورت با کارشناسان متخصص ارزش‌گذاری شدند. نقشه نهایی تولید شده در منطقه نشان داد که عامل شیب ۱۵/۸ درصد، زمین‌شناسی و انعطاف‌پذیری خاک ۲۸ درصد، گسل ۱۴ درصد و کاربری اراضی ۱۲/۳ درصد، بیشترین تأثیر را در بروز زمین لغزش منطقه داشته است. پس منطقه ناپایدار بوده و دوری از حریم خطر بهینه تر است. کلید واژگان: زمین لغزش، GIS، AHP، سکونتگاه روستایی، شهر گرگان.

## مقدمه

زمین‌لغزش‌ها یکی از مخاطرات طبیعی است که پس از زلزله و سیل، بیشترین خسارات را به انسان وارد می‌کنند. به طوری که سالانه میلیاردها تن خاک و سنگ بر اثر این پدیده جابه‌جا می‌شود. دوری جستن از تبعات مخاطرات طبیعی زمانی میسر خواهد بود که درک صحیحی از این مخاطرات صورت پذیرد. (مرائی، آرایش، ۱۳۸۸: ۹۱)

جالب توجه است که با وجود پیشرفت‌های زیادی که در تجزیه و تحلیل مکانیسم زمین‌لغزش‌ها انجام گرفته است، هنوز نمی‌توان زمان وقوع یک زمین‌لغزش را پیشگویی کرد. نخستین نشانه‌ای که لغزش زمین را در آینده‌ای نزدیک بازگو می‌کند، ترک‌های سطحی است که در بخش بالایی شیب‌ها، موازی راستای دامنه به وجود می‌آیند و به طور فزاینده‌ای گسترش می‌یابند. با پر شدن تدریجی آب‌های سطحی در این ترک‌ها، توده خاکی یا سنگی ضعیف‌تر می‌شود، نیروی رانش افقی افزایش می‌یابد و لغزش زمین آغاز می‌شود. از آنجا که گسیختگی در توده سنگ ممکن است به تدریج و به صورت پیش‌رونده روی دهد؛ بنابراین میانگین تنش برشی که به مقدار زیادی از مقاومت برشی توده سنگی - خاک بیشتر است، می‌تواند لغزش زمین را موجب شود (عرب عامری، ۱۳۸۶: ۲).

نتایج حاصل بیانگر آن است که عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه مورد مطالعه، به طور سیستماتیک با یکدیگر ارتباط داشته و هر جا که دخالت انسان بیشتر بوده و عوامل تأثیرگذار حضور بیشتری دارند خطر وقوع زمین‌لغزش نیز زیاد است (مرائی، آرایش، ۱۳۸۸: ۹۱). اصولاً ارتفاعات و اراضی تپه ماهوری با وجود داشتن محاسن متعدد به دلیل وجود شیب زیاد معابر، زمین‌های ناهموار، محدودیت فضا و زمین، مشکل دفع آب‌های سطحی و شبکه فاضلاب و... برای استقرار شهرها و سایر سکونت‌گاه‌های انسانی

خیلی مناسب نیستند و در هنگام مکان‌گزینی شهرها باید این مسأله را همواره مد نظر داشت (نگارش ۱۳۸۲: ۱۳۶).

منطقه زیباشهر گرگان که در امتداد شمال به جنوب واقع شده است، به دلیل برخورداری از لطافت هوا و وضعیت اقلیمی بسیار مناسب و وجود پوشش گیاهی زیبا، مورد توجه بسیار زیاد قرار گرفته و این عوامل سبب انتخاب این منطقه جهت سرمایه‌گذاری‌های عمرانی توسط بخش‌های دولتی و خصوصی گردیده است. ایجاد ساخت و سازهای بی‌رویه مجموعه‌های خدماتی عمومی، واحدهای ویلایی و حتی آپارتمانی بدون توجه به وضعیت زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی و مکانیزم لغزش لایه‌های زمین و به طور کلی پایداری گستره طرح مورد بررسی، موقعیتی را فراهم آورده که عملاً ادامه ساخت و ساز در این منطقه را بدون توجه به عوامل فوق غیرممکن می‌سازد (عرب عامری، ۱۳۸۶: ۲).

بدین منظور ساختارهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی گستره طرح مورد مطالعه قرار گرفت و در جهت درک هرچه بهتر دلایل بروز ناپایداری، عملیات صحرایی در محدوده طرح انجام شده است. این تحقیق در پی آن است که با شناسایی محدوده مورد مطالعه، عوامل مؤثر در ناپایداری شیب‌ها را بررسی کند و به تحلیل پایداری شیب‌ها بپردازد و در صورت ناپایداری، راهکارهایی را جهت برطرف کردن آنها ارائه دهد. برای ورود و ذخیره اطلاعات و تحلیل مکانی اطلاعات از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS<sup>۱</sup>) استفاده شده است.

در سطح جهانی کارهای اولیه مربوط به پهنه‌بندی خطر در ارتباط زمین‌لغزش را مهندسان زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی انجام داده‌اند. همچنین با پیشرفت‌های شگرف از علوم رایانه‌ای و تفسیر عکس‌های هوایی و

زمین‌لغزش پرداخت. راد بروج<sup>۴</sup> و ونت ورس (۱۹۹۳)، نقشه برآورد فراوانی زمین‌لغزش را در ناحیه سانفرانسیسکو (کالیفرنیا) با مقیاس ۱:۷۰۰۰۰ تهیه کرده‌اند. آن نقشه به عنوان نقشه آزمایشی که فراوانی احتمال رویداد زمین‌لغزش را در ناحیه با تقریب اولیه ۶ رده که رده ۱ با حداقل فراوانی زمین‌لغزش و رده ۶ را با حداکثر وقوع زمین‌لغزش تهیه کرده‌اند. اوکاک اوغلو و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۲)، در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه به مطالعه دینامیک حرکات توده‌ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده‌های بارش برای دوره‌های طولانی و کوتاه‌روزانه و ساعتی توسط آنها به وضوح دلالت بر این داشت که بارش سنگین در زمین‌لغزش به عنوان عاملی محرک نقش دارد. اسپیزوا و بنگوچه<sup>۶</sup> (۲۰۰۲)، خطر زمین‌لغزش در حوزه ریوگرانده آندهای مرکزی آرژانتین را پهنه‌بندی کردند. آنها ضمن مطالعات خود به ارتباط نزدیک بین سنگ‌شناسی به مقاومت زیاد و لایه‌بندی ضخیم در بخش فوقانی، جهت شیب غالب جنوبی و غربی، ذوب برف‌ها، بارش‌های رگباری به وقوع زمین‌لغزش‌ها دست یافتند.

صفاری و مقیمی<sup>۱</sup> (۱۳۸۸) به ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان شهر تهران با استفاده از مدل شاخص زمین لغزش (LIM) پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که حدود ۱۷.۳ درصد از مناطق مسکونی محدوده‌های کوهستانی در پهنه‌های با خطر متوسط به بالا گسترش یافته‌اند. همچنین امیدوار و کاویان<sup>۲</sup> (۱۳۸۹) به برآورد حجم زمین‌لغزش‌ها بر پایه مساحت در مقیاس منطقه‌ای در استان مازندران پرداختند. در این پژوهش اطلاعات مربوط به ۴۲۲ زمین‌لغزش در این استان شامل مساحت و حجم و

ماهواره‌ای روند شتاب بیشتری داشته است. در نقاط متعدد دنیا دانشمندان با روش‌های متعدد و در مقیاس‌های مختلف اقدام به مدل‌سازی و تهیه نقشه‌های زمین‌لغزش کرده‌اند. در کشور ما مطالعات کارهای مربوط به مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش بسیار جوان بوده و عمدتاً به اوایل دهه (۸۰-۱۳۷۰) باز می‌گردد. در ایران پس از وقوع زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار منجیل و همچنین بعد از اعلام دهه ۱۹۹۰ میلادی به عنوان دهه کاهش اثرات بلایای طبیعی تشکیل کمیته ملی کاهش بلایای طبیعی و کمیته فرعی تخصصی کاهش خسارات ناشی از زلزله و لغزش لایه‌های زمین در ارتباط با انواع مطالعات پیرامون پدیده زمین‌لغزش از جمله تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش اقداماتی آغاز شده است (محمدی غیسوندی، ۱۳۸۹) و امروزه به علت گسترش و پیشرفت قابل ملاحظه در علوم کامپیوتری، مطالعه و بررسی زمین لغزش‌ها با سهولت و سرعت بیشتری امکان پذیر شده است (گروه مطالعه امور زمین‌لغزش‌ها، ۱۳۸۴).

بالتیانو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰) به ارزیابی خطر زمین لغزش در کشور رومانی با استفاده از شاخص LSI پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین لغزش‌ها در شرق فلات مولداویایی بوده است. نیلسن<sup>۲</sup> (۱۹۷۹) به ارزیابی سریع پایداری شیب‌ها در منطقه خلیج سانفرانسیسکو پرداخته تا به مسائل ناشی از آن پی برده و با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های زمین‌شناسی و شیب اقدام به تهیه نقشه ارزیابی خطر پایداری شیب کرده است. انبالگان<sup>۳</sup> (۱۹۹۹)، به شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش در ناحیه کوهستانی کاتگودام - نانیتیل در کومال هیمالیا و پهنه‌بندی آن با استفاده از فاکتور ارزیابی خطر

4.burrough  
5.ocakoglu  
6.Espizua and bengochea

1. Bălțeanu et al  
2. Nilson  
3. anbalagan

در این پژوهش سعی بر این است که به بررسی علل وقوع زمین‌لغزش با استفاده از GIS در منطقه زیباشهر گرگان پرداخته شود.

### محدوده مورد مطالعه

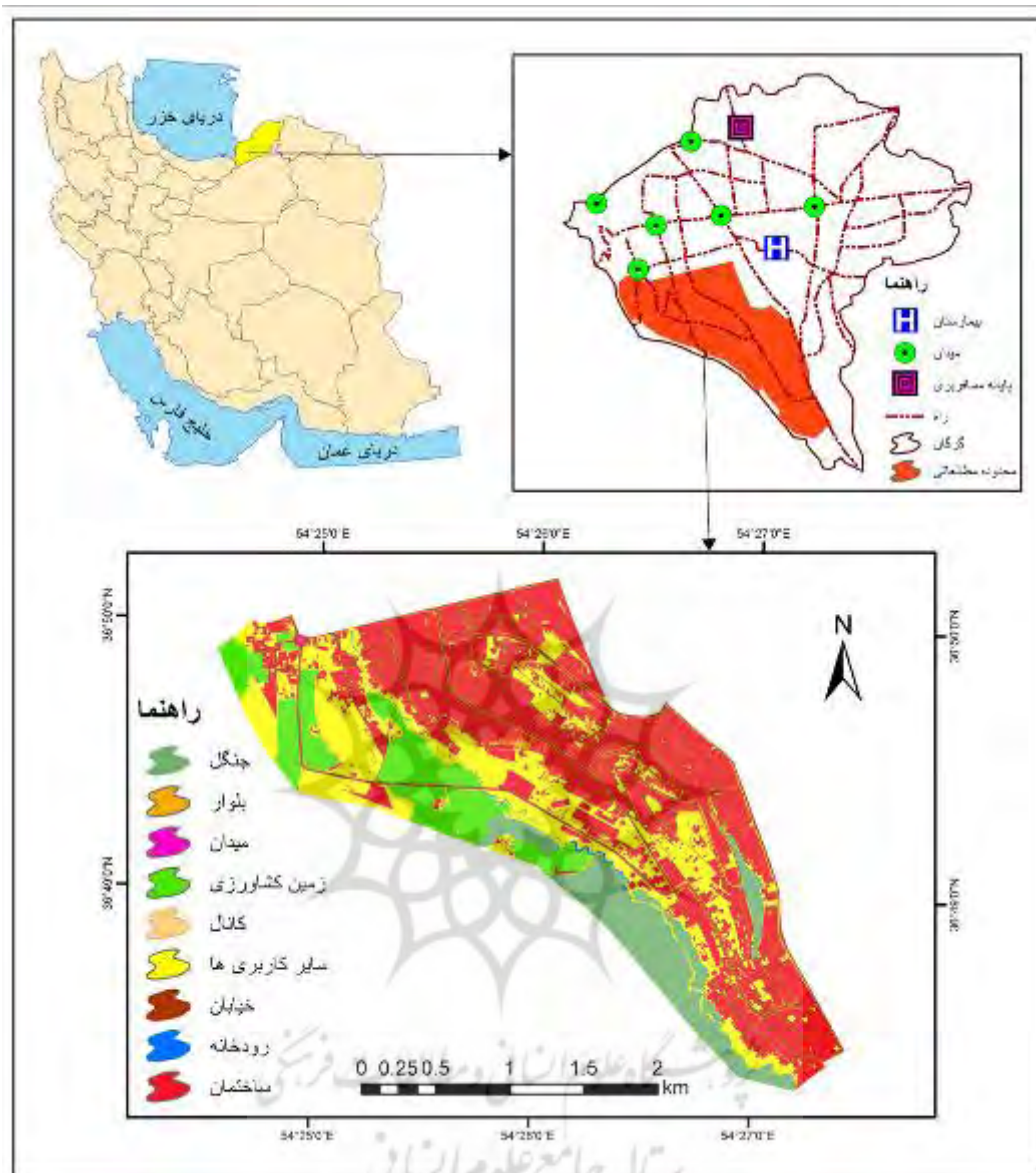
استان گلستان با مساحت  $20437/74$  کیلومتر مربع،  $1/3$  درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به دریای خزر و استان مازندران محدود می‌شود (اداره برنامه‌ریزی شهرداری گرگان، ۱۳۹۱: ۱۰).

شهرستان گرگان در عرض جغرافیایی  $36$  درجه و  $50$  دقیقه شمالی و طول  $54$  درجه و  $25$  دقیقه شرقی واقع شده است، این شهرستان از شمال به شهرستان‌های آق قلا و بندر ترکمن، از جنوب به استان سمنان و ارتفاعات شاهکوه، از شرق به شهرستان علی‌آباد و از غرب به شهرستان کردکوی محدود می‌شود. مرکز این شهرستان شهر گرگان با وسعت  $24/96$  کیلومتر مربع است (مهندسی مشاوره هامون یک، ۱۳۷۸: ۱۴)، که از شهرهای بخش غربی استان گلستان است و در ارتفاع متوسط  $155$  متری از سطح دریا قرار دارد. این شهر در  $54/24$  تا  $54/28$  طول شرقی  $36/49$  تا  $36/51$  عرض شمالی در دامنه شمالی رشته کوه البرز گسترده شده است (طرح جامع شهر گرگان، ۱۳۷۹: ۱۳۸).

از نظر توپوگرافی شیب زمین و روند حرکت آب‌های زیرزمینی از جنوب به طرف شمال است. شیب متوسط این شهر  $4$  درصد است و دو رودخانه از میان آن می‌گذرد (فنون، ۱۳۶۸: ۸۲).

عمق تهیه شد؛ پس از تجزیه و تحلیل میزان عمق میانگین زمین‌لغزش‌ها در استان مازندران  $7.81$  متر برآورد شد. در زمینه بررسی خطر زمین‌لغزش فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴)، در پژوهشی در منطقه رودبار با استفاده از منطق فازی به این نتیجه رسیدند که تراکم زمین‌لغزش‌ها در رده‌های با خطر بالا بسیار بیشتر از مقدار آن در رده‌های با خطر پایین است.

همچنین عطاپور فرد و حسینی (۱۳۷۵)، به بررسی زمین‌لغزه روستای ملج‌آرام بخش رامیان شهرستان آزادشهر پرداختند و زمین‌لغزه ملج‌آرام را انواع چرخش - انتقالی پیش رونده است که خاکی به حجم  $10^7 * 5/6$  متر مکعب توسط آن جابه‌جا گردیده است و با توجه به ضریب اطمینان‌های تعیین شده، مشخص شد که زمین‌لغزه هنوز حرکت نهایی خود را نشان نداده است و باید توسط روش‌های مناسبی نظیر ایجاد زهکشی عمود بر شیب توپوگرافی و کاشت گیاهان و... آن را پایدار کرد. رهنمازاده و همکاران (۱۳۸۹)، در منطقه اسکل‌آباد خاش به پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های آماری دو متغیره و GIS پرداختند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که حدود  $10/6$  درصد از مساحت منطقه در پهنه خطر بسیار زیاد قرار دارد. در همین زمینه رنجبر و روغنی (۱۳۸۸)، به پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از روش AHP در شهرستان اردل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عامل شیب در این شهرستان مهمترین علت زمین‌لغزش محسوب می‌شود. همچنین روستایی (۱۳۸۳)، در روستای نصیرآباد استان آذربایجان شرقی به بررسی علل وقوع زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های کمی پرداخت و به این نتیجه رسید که بارش‌های ناگهانی و شدید در منطقه و نفوذ آب‌های سطحی در بالادست علل اصلی وقوع زمین‌لغزش بوده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

عوامل مؤثر در لغزش به صورت دقیق مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. بعد از مطالعه میدانی و طبقه‌بندی اسناد و مدارک، این اسناد با استفاده از روش استقرایی تجزیه و تحلیل شد. روش آمار توصیفی جهت تبیین نمودارها و جداول مختلف موجود در تحقیق و رسم آنها در نرم افزار EXCEL صورت گرفته است.

در این تحقیق برای تعیین محدوده مورد مطالعه و شناسایی ویژگی آن از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۰۰۰

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق از روش مطالعه کتابخانه‌ای و مطالعه میدانی استفاده شده است. ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی محدوده مورد نظر مشخص شده، سپس با مراجعه به کتابخانه‌ها و سازمان‌های مختلف، کتب، مقاله، گزارش‌های مختلف، منطقه مورد مطالعه بررسی شده است. در مرحله بعد با مراجعه به سطح زمین و انجام مطالعات میدانی و مقایسه آنها با نقشه‌های پایه

در رأس آن هدف کلی قرار دارد. در این روش عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شود. سپس بر اساس میزان ارجعیت دو معیار مقایسه‌ای ارزش‌گذاری می‌شوند.

از آنجا که تعداد لایه‌های انتخابی در مورد تحلیل سلسله مراتبی، ۸ لایه اطلاعاتی بوده‌اند؛ بر این اساس برای انجام مقایسه، ماتریسی به ابعاد ۸×۸ ایجاد می‌شود. سپس عوامل مختلف دو به دو با هم مقایسه می‌شوند و مقادیر مربوط به آنها اختصاص می‌یابد. برای محاسبه مقادیر و بردار، ستون‌ها با هم جمع شده، هر سلول ماتریس بر جمع ستون مربوط تقسیم می‌شود.

$$BX = \frac{b1}{\sum bn} \quad \text{در این رابطه:}$$

BX - وزن نرمال‌شده در هر سلول

B1 - وزن مقایسه‌ای هر سلول

$\sum bn$  - مجموع وزن‌های مقایسه‌ای هر ستون

ماتریس

شهری و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و تصاویر ماهواره‌ای آیکونوس سال ۲۰۰۳ گرگان و اطلاعات اقلیمی و هیدرولوژی از ایستگاه‌های هواشناسی و آب منطقه‌ای گرگان استفاده شده است. در همین زمینه بر اساس بازدهی‌های میدانی و بررسی نقشه‌های مذکور، عوامل مؤثر در وقوع این پدیده شناسایی شده‌اند و بانک اطلاعاتی اولیه و تهیه نقشه‌های ارتفاعی، زمین‌شناسی، شیب، ژئومورفولوژی، کاربری زمین، خاک، فاصله از گسل، فاصله از رودخانه و فاصله از جاده ایجاد شد. هر یک از نقشه‌های فوق به نقشه‌های معیار تبدیل شده‌اند. برای ورود و ذخیره اطلاعات و واحدهای مذکور و تحلیل مکانی اطلاعات از روش AHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. هر یک از نقشه‌ها در سیستم مختصات UTM با بیضوی مبنای WGS۱۹۸۴ زون ۴۰ شمالی تهیه شدند.

جهت بررسی عوامل مؤثر در زمین‌لغزش از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است. این روش بر اساس تجزیه مسائل پیچیده به سلسله مراتب است که

جدول ۱: مقایسه پارامترها

تراکم جمعیت	زمین شناسی	کاربری زمین	فاصله از خیابان	فاصله از رودخانه	فاصله از گسل	شیب	خاک	ضریب سازگاری
								۰/۰۸
							خاک	
							۲	شیب
						۰/۵	۱	فاصله از گسل
					۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	فاصله از رودخانه
				۰/۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳	فاصله از خیابان
			۲	۱	۰/۵	۰/۳۳	۰/۵	کاربری زمین
		۲	۳	۲	۱	۰/۵	۱	زمین شناسی
	۰/۳۳	۰/۵	۲	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۳۳	تراکم جمعیت

میزان شیب (بیشتر از ۴۰) را نشان می‌دهد و در شکل (۲) ملاحظه می‌شود.

جدول ۲: توزیع شیب منطقه مورد مطالعه

کلاس شیب	مساحت به درصد
۲-۰	۱۰/۹۷
۵-۲	۲۲/۱۲
۱۵-۵	۳۱/۷۵
۴۰-۱۵	۲۸/۸۸
بیشتر از ۴۰	۵/۷۴
کلاس شیب	مساحت به درصد
۲-۰	۱۰/۹۷
۵-۲	۲۲/۱۲
۱۵-۵	۳۱/۷۵
۴۰-۱۵	۲۸/۸۸
بیشتر از ۴۰	۵/۷۴

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

## مباحث

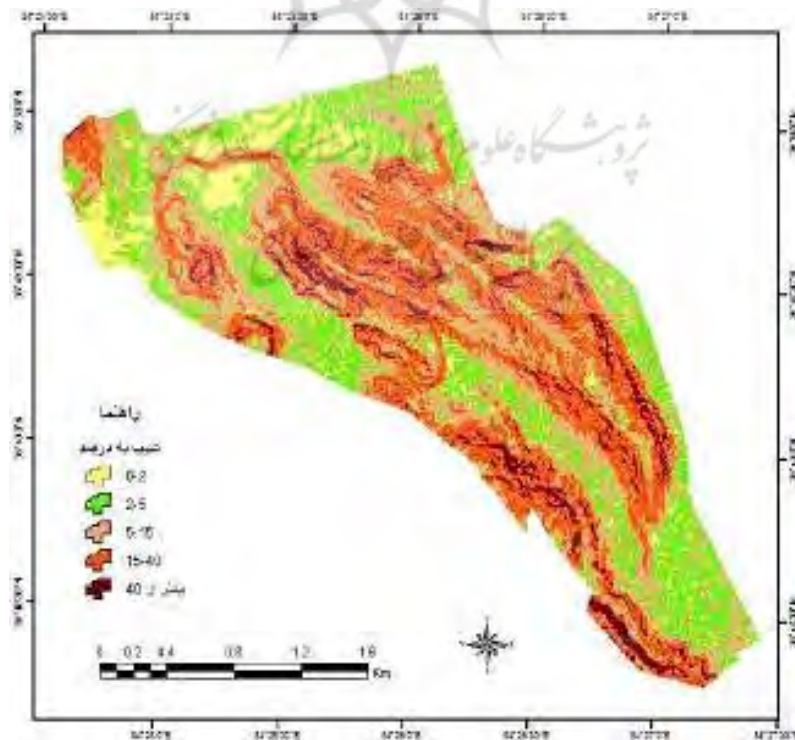
عوامل مؤثر بر زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه عبارت‌اند از:

### ۱. شیب

بر اساس استاندارد ارائه‌شده از طرف اتحادیه جغرافیایی بین‌المللی سطوح هموار و کم‌شیب برای استقرار شهرها مناسب هستند.

در این رابطه حداکثر شیب زمین که برای استقرار شهر مناسب تشخیص داده شده است، نباید از ۱۱ درجه تجاوز کند. البته بسته به اوضاع محیط این مقدار اندکی تغییر می‌کند. شیب ۸ درجه تا ۱۵ درجه به عنوان حد فوقانی شیب قابل اجرا برای ساخت و سازهای شهری در نظر گرفته شده است (زمردیان، ۱۳۸۳: ۲۹).

در این مرحله از تحقیق با توجه به اهمیت شیب در فعالیت‌های شهری، شیب منطقه به پنج کلاس تقسیم شد. رنگ زرد شیب (۰-۲) و رنگ قهوه‌ای بالاترین



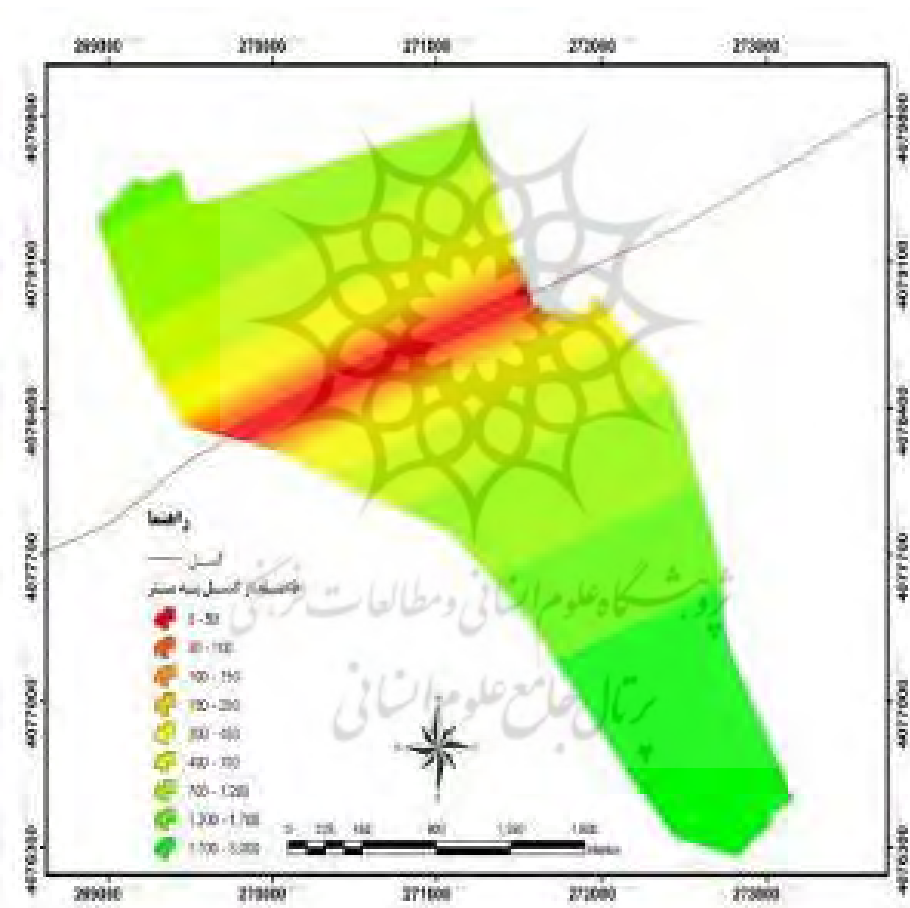
شکل ۲: نقشه شیب منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

## ۲. فاصله از گسل

فاصله از گسل و اثر احتمالی زمین‌لرزه در ایجاد زمین‌لغزش‌ها حائز اهمیت زیادی است. بر اساس محاسبات انجام‌شده زلزله‌هایی با بزرگی  $6/5$  ریشتر می‌توانند در همهٔ شیب‌های مستعد منطقه، باعث ایجاد گسیختگی‌های بزرگ گردند. از آن جایی که منطقه مورد مطالعه بر روی گسل قرار گرفته و از نظر لرزه‌خیزی جزء مناطق خطر بالا و خیلی بالا است، نتایج بررسی انجام‌شده نشان می‌دهد که بر حسب

فاصله از گسل می‌توان انتظار احتمال وقوع حرکت‌های توده‌ای را داشت. نقشهٔ فاصله از گسل در ۹ کلاس تهیه شد. گسل گرگان با جهت تقریباً شرقی - غربی در شمال منطقه قرار گرفته است. رنگ قرمز (۰-۵۰) و سبز (۳۰۰۰-۱۷۰۰) در نقشه نشان می‌دهد که هر چه از گسل، فاصله بیشتر می‌شود شدت اثر ناپایداری منطقه کمتر می‌شود.



شکل ۳: نقشهٔ فاصله از گسل منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

## ۳. فاصله از رودخانه

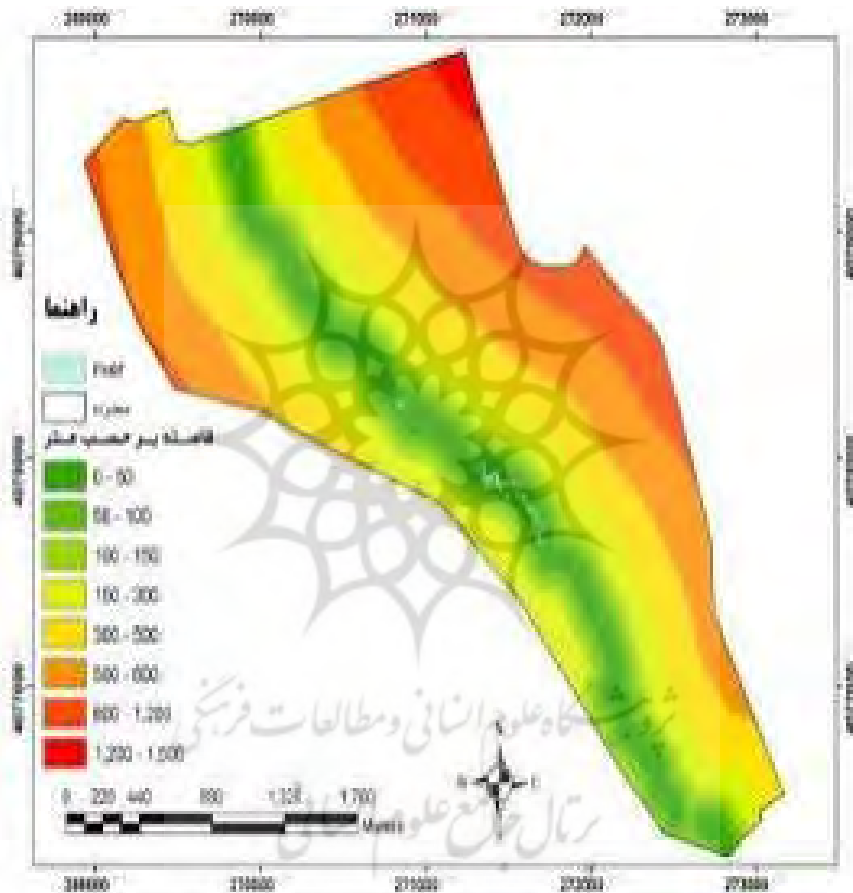
به طور کلی وقوع زمین‌لغزش رابطهٔ معکوسی را با فاصله از آبراهه نشان می‌دهد. آبراهه‌ها یا زهکشی

آب‌های جاری در سطح منطقه نقش مؤثری در افزایش حساسیت دامنه‌های مجاور خود برای ناپایداری خواهند داشت. روان‌آب‌های سطحی ناشی از ریزش



در وقوع زمین‌لغزش منطقه ندارد و حریم رودخانه با توجه به وجود شیب در بعضی مناطق آن به علت پوشش گیاهی انبوه زمین‌لغزش به ندرت اتفاق می‌افتد. نقشه مورد نظر در ۸ کلاس تهیه شد که دورترین منطقه تا رودخانه ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ متر فاصله دارد.

باران و ذوب برف، به خاطر زیرشویی برخی دامنه‌ها در وقوع زمین‌لغزش تأثیر دارند. با توجه به این که فاصله نقاط مسکونی منطقه مورد مطالعه تا رودخانه النگ دره از ۱۰۰ متر بیشتر است و مقدار دبی آن در سال به طور متوسط ۲/۵ میلیون مترمکعب است و به عبارتی ۴/۷۵ متر مکعب در دقیقه، نقش محسوسی



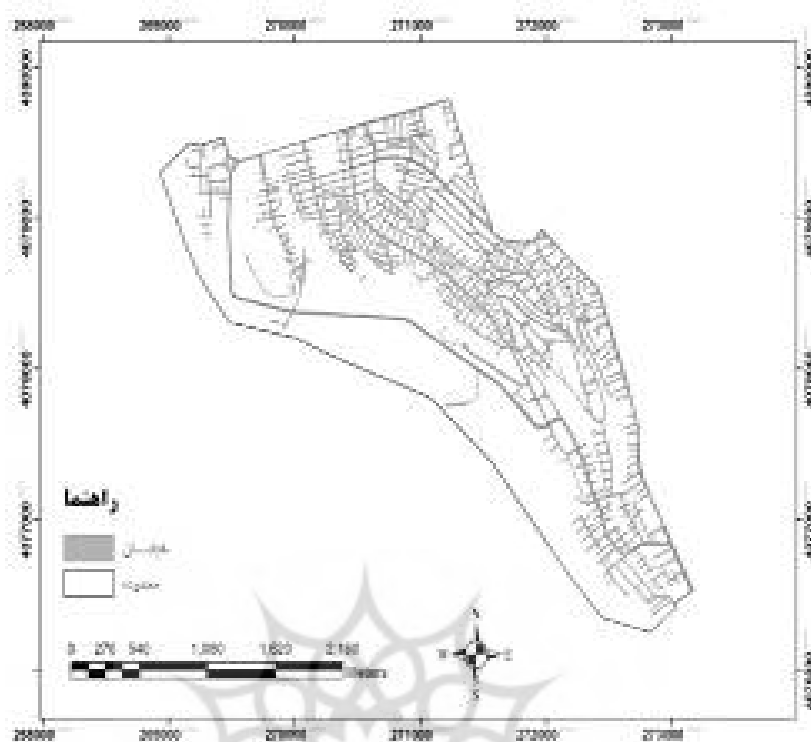
شکل ۴: نقشه فاصله از رودخانه منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

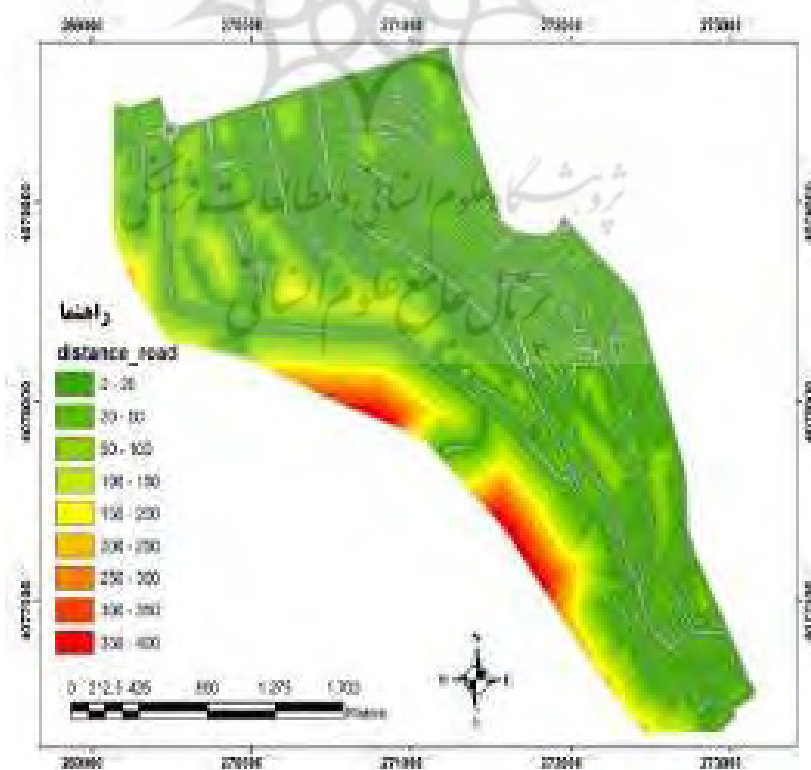
عملیات انجام می‌گیرد. در منطقه مورد مطالعه راه‌های زیادی بر روی دامنه‌ها احداث شده که این عامل می‌تواند تشدید کننده زمین‌لغزش در منطقه باشد.

#### ۴. فاصله از خیابان

احداث راه همراه با زدن ترانشه‌های متعدد، باعث افزایش تنش‌های برشی و ایجاد ناپایداری و لغزش شیب‌ها می‌شود. تغییر هندسه شیب که می‌تواند منجر به ناپایداری شود از اولین اقداماتی است که در این



شکل ۵: نقشه خیابان منطقه مورد مطالعه  
منبع: مطالعات میدانی نگارندگان



شکل ۶: نقشه فاصله از خیابان  
منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

است. شکل (۷) لغزش در یک خیابان در منطقه را نشان می‌دهد که در زمان انجام پروژه اتفاق افتاده است.

احداث راه در این مناطق، بدون رعایت اصول ایمنی و استحکام‌بخشیدن به بریدگی‌های دامنه‌ای و بدون توجه به موقعیت هیدرولوژی به زمین‌شناسی و غیره سبب پایین آمدن ضریب اطمینان دامنه‌ها شده



شکل ۷: لغزش یک خیابان در منطقه مورد مطالعه (عکس از نگارندگان)

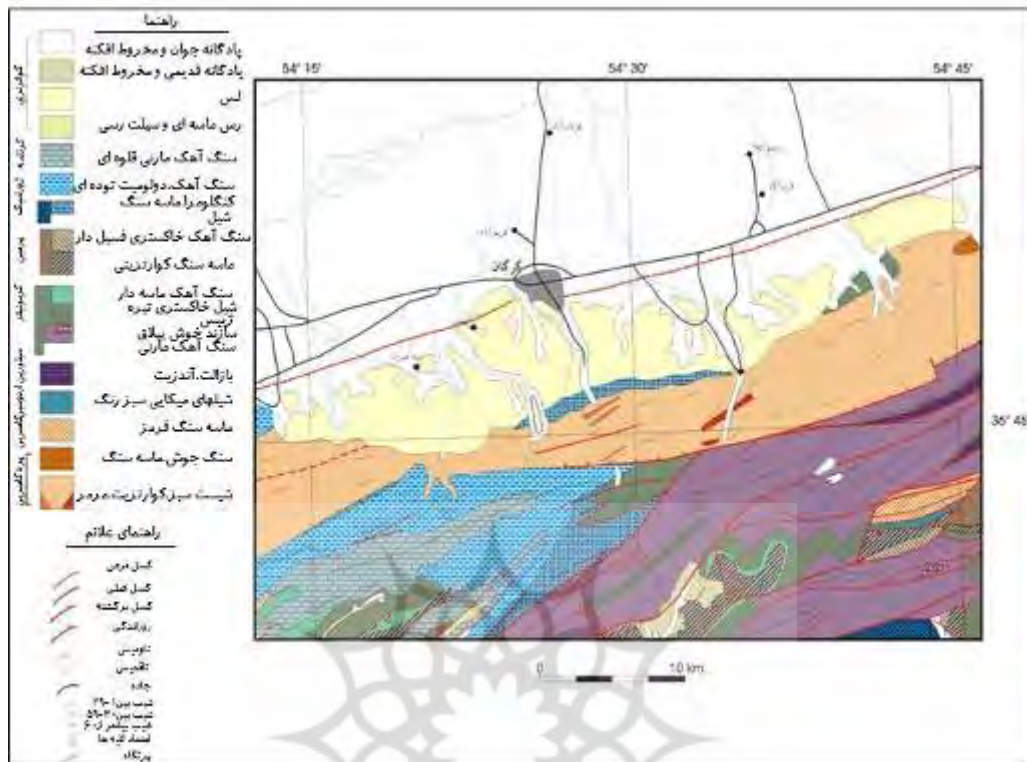
ناحیه گرگان و دشت به وجود آمده است (مجیدزاده، ۱۳۸۹: ۱۸).

محدوده مورد مطالعه در زون ساختاری گرگان-رشت واقع شده است. قسمت اعظم این حوضه توسط رسوبات کواترنری پوشیده شده و تمامی بخش شمالی و هم‌چنین بخشی از نوار جنوبی ناحیه گرگان را تشکیل می‌دهد. این رسوبات شامل پادگانه‌های جوان و مخروط افکنه آبرفتی، پادگانه‌های قدیمی و مخروط افکنه، تپه‌های لسی و در نهایت رس و رس‌های ماسه‌ای هستند. محدوده‌های مورفولوژی دشت و تپه ماهوری از نهشته‌های کواترنری تشکیل شده است (مهندسان مشاور بافت بهستان، ۱۳۸۱: ۸). بخش‌های تپه ماهوری از لس تشکیل شده‌اند که به دلیل ویژگی‌های خاص رسوب‌شناسی توانایی نگهداری رطوبت را برای مدت زیاد دارند و همین مسئله موجب تقویت پتانسیل لغزش تپه‌ها می‌شود (Horvery, ۱۹۹۷: ۵۴۱). در شکل (۸) خصوصیات زمین‌شناسی ناحیه گرگان نشان داده شده است.

نقشه مورد نظر در ۹ کلاس مشخص شده که رنگ سبز نزدیک‌ترین فاصله به خیابان (۰-۲۰) و رنگ قرمز دورترین فاصله (۳۵۰-۴۰۰) را نشان می‌دهد. به علت جنس خاک منطقه خیابان‌های آن گاهی یا دچار نشست می‌شوند یا در قسمت ترانشه‌ها به علت تغییر در هندسه شیب شاهد حرکات توده‌ای مواد خواهیم بود.

##### ۵. زمین‌شناسی و خاک

از نظر زمین‌شناسی بخش اعظم اراضی استان گلستان به دوران چهارم تعلق دارد که از لس و رسوبات آبرفتی تشکیل شده‌اند. رشته کوه البرز که در اثر فرایند کوهزایی آلپی در دوران دوم و پس از آن تا اواخر دوران سوم به شکل کنونی موجودیت یافته، گسل‌هایی در سطح منطقه ایجاد کرده که به تدریج بخش شمالی این گسل‌ها، دچار فرونشینی شده و در آن رسوبات ضخیمی انباشته شده است. به این ترتیب



شکل ۸: خصوصیات زمین‌شناسی گرگان

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

لس تا ۵۰ متری می‌رسد. در این ناحیه، به دلیل تراکم و فشردگی زیاد، شیب تندی دارند (رجائی، ۱۳۸۹: ۹۶). کاربرد اقتصادی لس‌ها از دیدگاه کشاورزی و حاصل‌خیزی خاک در خور توجه است. بخش فوقانی توالی رسوبات لس جزء بهترین خاک‌های کشاورزی جهان به شمار می‌آید. لس‌ها در منطقه جنوب گرگان و در زمین‌های لسی دامنه‌ای در آجرسازی کاربرد دارند. البته لس‌های خالص که فاقد قطعات درشت‌تر از ماسه هستند (امینی و نجفی نژاد، ۱۳۷۷: ۳).

لس‌ها جزء خاک‌های فروریزنده‌اند؛ زیرا بر اثر اشباع توسط آب ساخت متخلخل لس تخریب شده و بر اثر تراکم ناگهانی آن زمین فرو می‌نشیند. مقدار فرونشینی گاه به ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد. بافت لس‌ها معمولاً یکنواخت و دارای ۵۰ تا ۹۰ درصد ذرات در حد لای است که از خود خاصیت خمیری نشان می‌دهند. بقیه ذرات لس در حد ماسه و رس است (سازمان جهاد سازندگی استان، ۱۳۷۷: ۳۰). این تپه‌های لسی مربوط به آخرین پس‌روی دوره یخچالی بوده و منشأ آن را از صحرای ترکستان می‌دانند. در گرگان ضخامت لایه‌های



شکل ۹: احداث ابنیه بر روی بستر نامناسب لسی (عکس از نگارندگان)

منطقه در یک کلاس بررسی شود. با توجه به جدول (۵) نشان می‌دهد که بافت خاک از نوع رس است که در بعضی از نقاط آن رس همراه با گراول و سیلت مشاهده می‌شود. در حقیقت وجود رس‌ها و جذب آب و در نهایت تورم رس‌ها باعث افزایش حالت پلاستیکی مواد دامنه‌ای شده است و در نتیجه لغزش اتفاق افتاده است. نیروهای ثقلی، وجود گسل در منطقه و شیب توپوگرافی در سازندها ترک ایجاد کرده که زمینه را برای نفوذ آب فراهم ساخته است، با ورود آب و ایجاد شروط انبساط و کاهش تکیه‌گاه و مواد دامنه‌ای با توجه به خصوصیات دامنه‌های منطقه، لغزش ایجاد شده است.

با توجه به اینکه متوسط رطوبت سالانه منطقه ۷۱ درصد است، این پدیده‌ها در فصول مرطوب تشدید می‌شود و در فصول خشک حالت پایداری پیدا می‌کنند.

این مجموعه، با رسوبات لس آغاز و با رسوبات رودخانه‌ای عهد حاضر پایان می‌یابد. این گروه از نهشته‌ها به علت عدم گذر از مرحله سنگ‌زایی هنوز ساختمان سنگ رسوبی دارد؛ به طوری که استحکام ساختمان آنان بسیار سست و ناپایدار بوده و مستعدترین زمین‌های منطقه از نظر آب‌شستگی در این گروه قرار می‌گیرد که به علت عدم اتصال ذرات خاک به وسیله مواد سیمانی خاص، به راحتی تحت تأثیر عوامل فرسایش‌دهنده خواهند بود (مهندسین مشاور هامون یک، ۱۳۸۷:۱۹۵).

جهت تهیه لایه اطلاعاتی خاک از آزمایش‌های خاک پروژه‌های صدا سیم، چاله باغ، زیباشهر و مشورت با مهندسین زمین‌شناس، خاک، ژئوتکنیک استفاده شده است. از آنجایی که تعداد پراکنش نمونه‌ای خاک در سطح منطقه کم بوده و تعمیم‌پذیری نتایج را با خطا مواجه می‌ساخت و از سوی دیگر با توجه به یکسانی بافت خاک ترجیح داده شد که کل



شکل ۱۰: چگونگی تأثیر ویژگی‌های زمین‌شناسی بر محدوده مورد مطالعه

منبع: عرب عامری و همکاران، ۱۳۸۶

جدول ۳: مختصات نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه

نوع خاک	مختصات جغرافیایی	عمق حفاری شده	گمانه
CL	X:0272080 Y:4078110	۲۵ متر	BH1
CL	X:0272179 Y:4078030	۲۵ متر	BH2
CL	X:0271975 Y:4078046	۱۵ متر	BH3
CL	X:0271156 Y:4079239	۱۵ متر	BH4

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

سازه نفوذ کرده باشد یا اینکه سطح آب زیرزمینی به تدریج بالا آمده باشد. نتایج آزمایش‌های رمبندگی بر روی خاک نشان می‌دهد که خاک محدوده مطالعه رمبند است. از این رو فونداسیون‌هایی که بر روی چنین خاک‌هایی احداث می‌شوند در صورت اشباع شدن ناگهانی خاک ممکن است تحت نشست زیاد و ناگهانی قرار گیرند که در نتیجه خاک ساختار خود را از دست داده و وضعیت ناپایداری به وجود می‌آید.

هدف از انجام آزمایش رمبندگی، تعیین ضریب پتانسیل رمبندگی بر حسب درصد است. خاک‌های رمبند یا فرو ریزش، خاک‌های غیراشباعی هستند که در هنگام اشباع شدن تغییر حجم زیادی در آنها به وجود می‌آید. این تغییر می‌تواند ناشی از بار اضافی یا اینکه بدون بار اضافی صورت می‌پذیرد، لذا فونداسیون‌هایی که بر روی چنین خاک‌هایی احداث می‌شوند در صورت اشباع شدن ناگهانی خاک ممکن است تحت نشست زیاد و ناگهانی قرار گیرند. این رطوبت ممکن است در اثر عوامل مختلف به محدوده

## ۶. کاربری زمین

تغییر کاربری زمین از عواملی است که می‌تواند در جهت ناپایداری شیب مؤثر واقع شود. تأثیر این عامل گاهی مشمول گذشت زمان می‌گردد و گاهی در مدت زمان کوتاهی باعث افزایش تنش‌های برشی و ناپایداری شیب می‌شود. یکی از موارد بارز تغییر کاربری زمین، تبدیل زمین‌ها و نواحی شیب‌دار جنگلی به زمین‌های کشاورزی و مسکونی است (آرایش، مرائی، ۱۳۸۸: ۹۴).

جدول ۴: رده‌بندی شاخص رمبندگی

شاخص رمبندگی IC (%)	درجه رمبندگی
۰	غیر رمبند
۰/۱-۲	کم
۲/۱-۶	متوسط
۶/۱-۱۰	نسبتاً شدید
>۱۰	شدید

منبع: مهندسین مشاور ژئوآزمای شمال، ۱۳۸۹

جدول ۵: نتایج رمبندگی

شماره گمانه	عمق انجام آزمایش (M)	شاخص رمبندگی IC (%)
۱	۶-۹	۷/۲۵۰
۲	۰/۰۵-۳	۶/۶۲۵
۳	۶-۸	۶/۴۵

منبع: مهندسین مشاور ژئوآزمای شمال، ۱۳۸۹

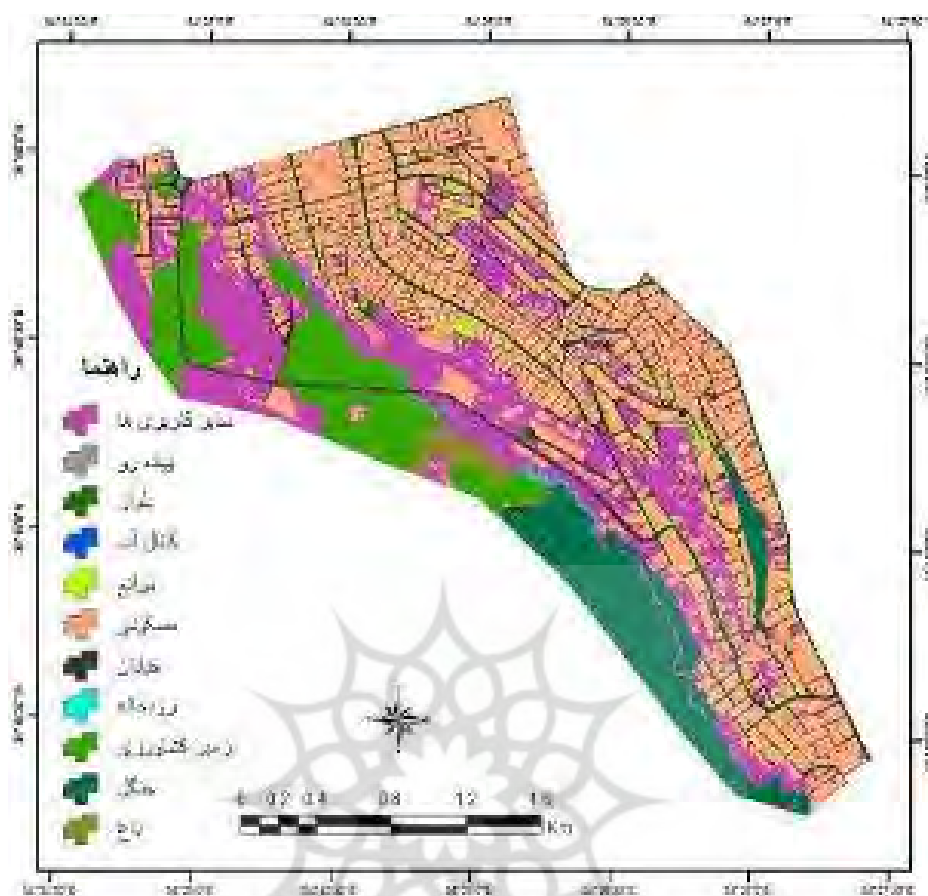
جدول ۶: کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

نوع کاربری	مساحت به هکتار	مساحت به متر مربع	مساحت به درصد
مرتع	۰/۷۳۴۴	۷۳۴۴	۰/۱۲
رودخانه	۲/۴۱۳۶	۲۴۱۳۶	۰/۳۹
کانال	۳/۷۳۸۸	۳۷۳۸۸	۰/۶۱
پیاده رو	۲۲/۹۶۹۶	۲۲۹۶۹۶	۳/۷۵
جنگل و باغ	۶۵/۷۸۹۶	۶۵۷۸۹۶	۱۰/۷۷
کشاورزی	۶۷/۸۶۶۰	۶۷۸۶۶۰	۱۱/۱۰
خیابان	۷۴/۰۹۰۲	۷۴۰۹۰۲	۱۲/۱۲
سایر	۱۴۵/۵۹۹۶	۱۴۵۵۹۹۶	۲۳/۸۲
مسکونی	۲۲۸/۸۴۶۴	۲۲۸۸۴۶۴	۳۵/۲۸

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

منطقه با کاربری مناسب است؛ پس بیشتر منطقه ناپایدار بوده و ساخت و ساز در این منطقه خالی از اشکال نیست.

با توجه به جدول بالا و شکل (۱۱) مشاهده می‌شود که بیشترین درصد مساحت کاربری به مسکونی تعلق دارد و با توجه به جنس خاک، شیب زمین، وجود گسل و نوع کاربری حدوداً ۱۱ درصد



شکل ۱۱: نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

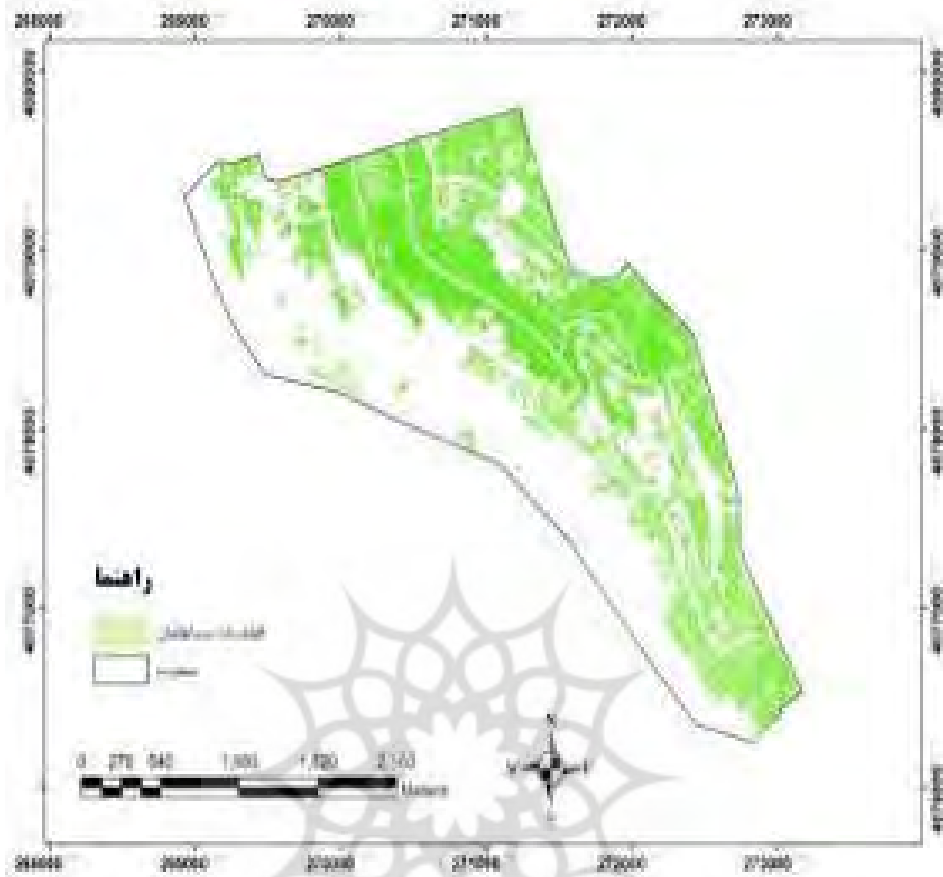
منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

## ۷. مناطق مسکونی

ساخته شده است. کیفیت سکونت در این محله‌ها به سبب کوچکی و ریز دانگی قطعات (عمدتاً کمتر از ۲۰۰ متر مربع و بالا بودن ضریب اشغال زمین) بسیار نازل است و به دلیل کمبود فضای لازم برای ایجاد سکونت‌گاه، خاک‌برداری از تپه‌ها و شیب‌های تند در نواحی بالقوه خطرناک و زمین‌های نامقاوم و بسیار آسیب‌پذیر صورت می‌گیرد.

در منطقه مورد مطالعه مسکن متعددی بر روی دامنه‌های پر شیب گسترش یافته است، با توجه به شکل (۱۲) بیشتر ساخت و سازها در دامنه‌های شیب‌دار قرار گرفته است و از آنجایی که موارد ایمنی جهت این گونه ساخت و ساز در منطقه رعایت نشده است. این عامل می‌تواند هم باعث تخریب مسکن و هم ناپایداری دامنه‌ها شود. در این بین محله‌هایی به صورت غیررسمی و خودرو بر روی تپه‌های جنوب غربی شهر (محله اکبرآباد، امام‌رضا، کوی محتشم...)





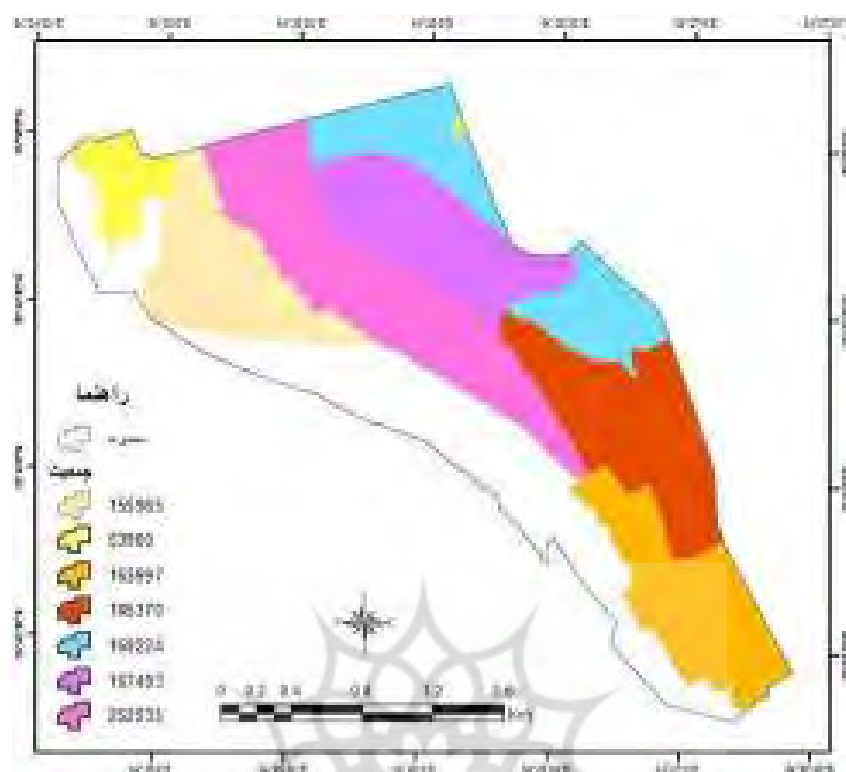
شکل ۱۲: نقشه مسکونی منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

#### ۸. تراکم جمعیت

برای تهیه لایه اطلاعاتی تراکم جمعیت منطقه مورد مطالعه از نقشه‌های رقومی شده ۱:۲۰۰۰ شهری و جهت تسریع و تکمیل نتیجه از نقشه لوله شبکه توزیع از سازمان آب و فاضلاب استفاده شده است. با توجه به شکل (۱۳) که بیشترین تراکم جمعیت در مناطق شیب‌دار قرار گرفته و با توجه به جمعیت، بیشترین مقدار لوله شبکه توزیع در این قسمت قرار دارد. منطقه به علت عواملی نظیر لوله‌های آب‌رسانی

شکسته، نشت از لوله‌های فاضلاب، نشت از مخازن آب، وجود چاه‌های جذبی و استفاده ساکنان از شوینده‌های مختلف (قلیایی شدن خاک و کمک به تشدید رمبندگی خاک) باعث از بین رفتن مقاومت خاک‌های لسی منطقه شده و ممکن است خسارات قابل ملاحظه‌ای را به وجود آورد.



شکل ۱۳: تراکم جمعیت منطقه مورد مطالعه  
منبع: مطالعات میدانی نگارندگان



شکل ۱۴: لوله شبکه توزیع منطقه مورد مطالعه  
منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

نظرات کارشناسی، روابط بین پارامترها بررسی شده و پس از نرمال‌سازی داده‌ها، لایه‌ها براساس اهمیت طبق جدول ذیل جهت بررسی نهایی استفاده شدند. با توجه به نظرات کارشناسی شیب بیشترین وزن و خیابان کمترین وزن را در ایجاد حرکات دامنه‌ای دارند.

نتایج آزمایش‌ها، تحلیل داده‌ها، بازبندی میدانی و تفسیر نقشه‌ها، تپه‌های زیباشهر و محلات مختلف آن را در معرض تهدید حرکات دامنه‌ای می‌داند. نتیجه محاسبه ضریب سازگاری کمتر از ۰/۱ است؛ پس سازگاری قضاوت‌ها مراعات شده است. اوزان به صورت کاربر مینا و پس از بررسی مطالعات مشابه و استفاده از

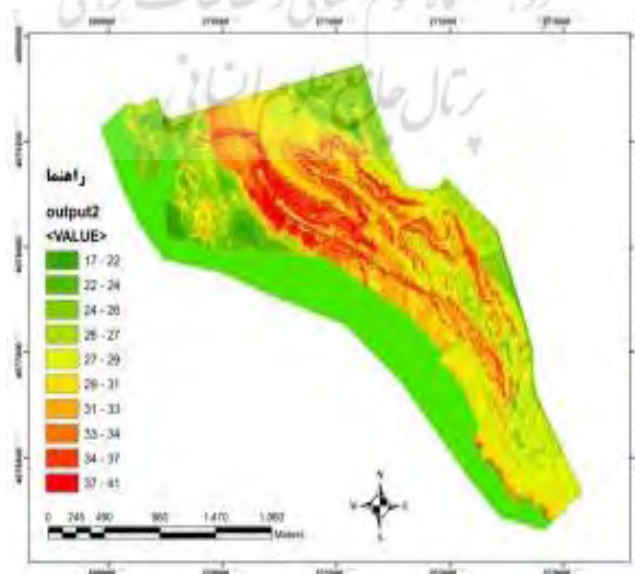
جدول ۷: اوزان لایه‌های منطقه مورد مطالعه

اوزان	لایه‌ها
۰/۹	شیب
۰/۸	زمین‌شناسی
۰/۸	خاک
۰/۸	گسل
۰/۷	کاربری
۰/۷	رودخانه
۰/۶	جمعیت
۰/۴	خیابان

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که معیارهای شیب ۱۵/۸ درصد، زمین‌شناسی و انعطاف‌پذیری خاک ۲۸ درصد، گسل ۱۴ درصد، نوع کاربری ۱۲/۳ درصد بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش در سطح منطقه داشته‌اند.

با توجه به شکل (۱۵) رنگ قرمز در نقشه، نشان‌دهنده تأثیر زیاد عوامل ژئومورفولوژی در ناپایداری منطقه است و رنگ سبز نشان‌دهنده پایدار بودن و تأثیر کم این عوامل در منطقه است. دیگر نتایج به دست آمده از وزن‌دهی معیارهای مؤثر در زمین‌لغزش با استفاده از نظرات کارشناسان و روش



شکل ۱۵: نقشه پهنه‌بندی خطر در منطقه مورد مطالعه

منبع: مطالعات میدانی نگارندگان

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج داده‌ها در لایه‌های قبل و نقشه خروجی (شکل ۱۵) به خوبی می‌توان مشاهده کرد که بیشتر مناطق مسکونی و بیشترین تراکم جمعیت در مناطقی قرار گرفته که بالاترین میزان شیب، خطوط گسل و خاک‌های سست وجود دارد؛ پس منطقه ناپایدار بوده و دوری از حریم خطر بهینه‌تر است. بهتر است منطقه به فضای سبز و پارک‌های تفریحی تبدیل شود، درغیراین صورت ساخت و ساز با تعداد طبقات محدود صورت گیرد.

از سوی دیگر نتایج به دست آمده از وزن‌دهی معیارهای مؤثر در زمین‌لغزش با استفاده از نظرات کارشناسان و روش تحلیل سلسله مراتبی نشان می‌دهد که معیارهای شیب ۱۵/۸ درصد، زمین‌شناسی و انعطاف‌پذیری خاک ۲۸ درصد، گسل ۱۴ درصد، نوع کاربری ۱۲/۳ درصد بیشترین تأثیر را در وقوع زمین‌لغزش در سطح منطقه داشته‌اند. تغییر کاربری زمین و تبدیل نواحی شیب‌دار جنگلی به مسکونی، تغییر هندسه شیب، خاک‌برداری، ایجاد ترانشه جهت ساخت و ساز و جاده، تزریق فاضلاب به داخل شیب به وسیله چاه‌های جذبی، وجود گسل در منطقه، همه این عوامل باعث افزایش تنش برشی و ایجاد ناپایداری و لغزش شیب‌ها می‌شود. بنابراین به منظور جلوگیری از خطر زمین‌لغزش در منطقه نیازمند اقدامات پیش‌گیرانه است.

پیشنهاد می‌گردد که سیستم فاضلاب ساختمان‌های موجود یا ساختمان‌هایی که در آینده ساخته می‌شوند به صورت فاضلاب شهری یا سپتیک مرکزی اجرا گردد. همچنین در دامنه مشرف به شیب شیروانی‌ها زهکش‌های سطحی برای جمع‌آوری و هدایت آب‌های ناشی از بارندگی به بیرون از حریم شیب‌ها احداث شوند.

همچنین پیشنهاد می‌شود به منظور افزایش پایداری شیب، مناطق پر خطر به فضای سبز و محل‌های تفریحی تبدیل شود. آزمایش‌های انجام‌شده بر روی خاک نشان می‌دهد که در بعضی از اعماق خصوصاً خاک‌هایی که پلاستیسیته بالایی دارند در حالت طبیعی مقاومت بسیار خوبی از خود نشان می‌دهند؛ اما به محض اشباع شدن خاک فرو می‌ریزد و ساختار خود را از دست می‌دهد و وضعیت ناپایداری به وجود می‌آید. بنابراین باید تمهیداتی فراهم کرد که از اشباع شدن خاک به علت رطوبت غیرمنتظره جلوگیری شود. این رطوبت ممکن است ناشی از عواملی نظیر لوله‌های آبرسانی شکسته، نشت از لوله‌های فاضلاب، نشت از مخازن آب و... باشد که باعث از بین رفتن مقاومت چنین خاک‌هایی شده و ممکن است خسارات قابل ملاحظه‌ای به وجود آورد. به منظور جلوگیری از روند فرسایشی رطوبت خاک در زیر پی توصیه می‌گردد شیب‌بندی و شیاربندی اطراف به‌نحوی اجرا شود که از تجمع و نفوذ آب‌های سطحی به زیر پی جلوگیری شده و در مواردی که احتمال نفوذ آب از بالادست وجود دارد با طرح زهکش‌های مناسب از مصالح درشت دانه، از نفوذ و تجمع آب در محدوده زیر پی و اطراف بناها جلوگیری شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از ساخت سازه‌های بلند اجتناب گردد و در صورت ضرورت دستورالعملی جهت ساخت سازه‌هایی با تعداد طبقات محدود تدوین گردد تا در صورت بروز حوادث ناگوار خسارت‌های مالی و جانی کمتری متوجه مردم منطقه شود.

## منابع

امینی، آرش و علی نجفی نژاد (۱۳۷۷). نقش لس‌ها و شبه لس‌ها در توسعه اقتصادی استان گلستان، مجموعه مقالات اولین همایش توان‌مندی‌های توسعه استان گلستان.

اداره برنامه‌ریزی شهرداری گرگان (۱۳۹۱). برنامه استراتژیک گرگان ۱۴۰۴، اولین برنامه پنج‌ساله شهرداری گرگان (۹۵-۹۰).

فاطمی عقدا و همکاران (۱۳۸۴). بررسی خطر زمین‌لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه رودبار)، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۱، شماره ۱، صص ۴۳-۶۴.

فنونی، ب. (۱۳۶۸). بررسی علل افت سطح آب‌های چاه‌های شرب شهر گرگان، اداره کل آبیاری.

گروه مطالعه امور زمین‌لغزش‌ها، شرکت خدمات مهندسی جهاد (۱۳۸۴). تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز دماوند در مقیاس ۱:۵۰۰۰.

مهندسين مشاور ژئو آزماي شمال (۱۳۸۹). مطالعات ژئوتکنیک و تحلیل پایداری اراضی غربی تپه صدا و سیما، شهرداری-گرگان.

مهندسين مشاور ژئو آزماي شمال (۱۳۸۹). مطالعات ژئوتکنیک و تحلیل پایداری فاز دوم قرار دار ۵۶۳۰۱ (اراضی چاله باغ)، شهرداری گرگان.

محمدی قیسوندی، حنیفه (۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان اسلام‌آباد غرب (استان کرمانشاه)، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.

مجیدزاده، جزل (۱۳۸۹). بررسی ژئومورفولوژیکی محل دفن زباله شهری شهرستانهای استان گلستان و تأثیر آن بر کیفیت آب و خاک با استفاده از GIS، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

مختاری، داود (۱۳۸۴). ارزیابی ژئومورفولوژیکی بخشی از مسیر راه تبریز- مرند در گردنه‌ی پیام در شمال غرب ایران، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۹، شماره ۴، صص ۸۷-۱۱۱.

مراثی، احمد و آرایش، سمیرا (۱۳۸۸). پهنه بندی خطر زمین لغزش در باغ‌های چای (جنوب لاهیجان و لنگرود)، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.

نگارش، حسین (۱۳۸۲). کاربرد در ژئومورفولوژی در مکان‌گزینی شهرها و پیامدهای آن، مجله جغرافیا و توسعه، صص ۱۴۹-۱۳۳.

anbalagan.r.(1992);landslid hazard in evaluation mapping in mountainous terrain,engineering geology,vol۳۲,issue۴,p۲۶.

Burrough,p.a,(1993). principles of geographic in formation system for land resources assessment.oxford clarendon.

امیدوار، ابراهیم و عطالله کاویان (۱۳۸۹). برآورد حجم زمین‌لغزش‌ها بر پایه مساحت در مقیاس منطقه‌ای (بررسی موردی: استان مازندران)، نشریه مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۳، شماره ۴، صص ۴۵۵-۴۳۹.

رجائی، رحمت‌الله (۱۳۸۹). گلستانه، مجموعه مقالات مربوط به سرزمین جرجان و استرآباد (استان گلستان) آشنایی با استان، کتاب اول، مؤسسه فرهنگی میرداماد.

رهنمازاده، جعفر و همکاران (۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در منطقه اسکل‌آباد خاش با استفاده از روش آماری دو متغیره و سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۴، صص ۲۷۷-۲۵۵.

رنجبر، محسن و پریسا روغنی (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در شهرستان اردل با استفاده روش تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، سال اول، شماره ۲، صص ۳۰-۲۱.

روستایی، شهرام (۱۳۸۳). بررسی علل وقوع زمین‌لغزش در روستای نصیرآباد ورزقان با استفاده از روش‌های کمی، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۸، شماره ۱، صص ۴۴-۲۳.

زمردیان، محمد جعفر (۱۳۸۳). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، انتشارات دانشگاه پیام نور.

صغاری، امیر و ابراهیم مقیمی (۱۳۸۸). ارزیابی ژئومورفولوژیکی توسعه شهری و آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لغزش در دامنه‌های کوهستانی کلان شهر تهران، مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره ۶۷، صص ۷۱-۵۳.

سازمان جهاد سازندگی استان، مدیریت آبخیزداری (۱۳۷۷). مطالعات اجرایی حوزه آبخیز نمونه توشن.

سازمان هواشناسی کشور، اداره کل هواشناسی استان گلستان، آمار ایستگاه سینوپتیک هاشم آباد (۹۱-۱۳۹۰).

سازمان آب و فاضلاب استان گلستان، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰، نقشه توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ شهری ..

طرح جامع شهر گرگان (۱۳۷۹). جلد اول.

عرب عامری، حسین (۱۳۸۶). ارزیابی سطوح شیب‌دار قسمتی از تپه‌های زیباشهر گرگان، سازمان مسکن و شهرسازی استان گلستان، شماره نشریه ۲۹۰.

ocakoglu , F . , Gokeeoglu , c . , E reanoglu , m . (2002) : Dynamics of a complex mass movement triygered by heavy rainfall , a case stydy from NW turkey , flsevier , geomorphology vol 42 , p 330.

Petschko, A. Bell, R. Goets, J. and Glede, T. 2014. Assessing the quality of landslide susceptibility maps- case study Lower Austria, Natural Hazards Earth Syst. Sci., 14, 95-118.

Bălteanu,D. Chendeş,V. Sima,M. Enciu P .(2010). A country-wide spatial assessment of landslide susceptibility in Romania| Geomorphology, Volume 124, Issues 3-4, 15 December 2010,Pages102-112.

espizua.l.e,bengochea,j.p.(2002),landslid hazard and pisk zonation mapping in the rio grande basin,central andes of man doza,argentina,Elsevier,mountain research and develop ment vol 27,no2,p180.

Horvery Biatt,(1977) , " our Geologic Environment".prentice Halloinc,541 ,542p.

