

## بررسی ناپایداری ژئومورفولوژیک گردنه صائین (بین شهر نیر و سراب، منطقه آذربایجان) با استفاده از روش آنبالاگان

عقیل مددی<sup>\*</sup>، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

در مورخه شانزدهم خردادماه سال هزار و سیصد و هشتاد و چهار در محور مواصلاتی نیر-سراب (گردنه صائین) در استان اردبیل زمین لغزه نسبتاً بزرگی رخ داد که در اثر آن حدود یک کیلومتر از محور فوق‌الذکر از بین رفت و خسارات جانی و مالی فراوانی را به وجود آورد. عوامل مختلفی در ایجاد این زمین لغزه نقش داشته‌اند؛ که از جمله می‌توان به عوامل زمین‌شناسی (لیتولوژی و ساختار زمین‌شناسی)، ضخامت و بافت خاک، درصد پوشش گیاهی، کاربری زمینها، میزان پستی و بلندی و شیب دامنه و بالاخره آب‌های زیر زمینی اشاره نمود. برای پی بردن به میزان ناپایداری در قسمت‌های مختلف منطقه بر اساس روش آنبالاگان، ابتدا کل منطقه مورد مطالعه به ۳۲ واحد کاری تقسیم گردید و سپس عوامل تاثیر گذار در لغزش به صورت جداگانه در هرکدام از واحدهای کاری مورد ارزیابی قرار گرفت و ارزش عددی هرکدام بدست آمد و در نهایت کل امتیازات جمع گردید. بر اساس امتیازهای بدست آمده نقشه خطر زمین لغزش برای کل منطقه رسم گردید. بررسی این نقشه گویای این حقیقت است که کل منطقه به پنج پهنه از نظر خطر زمین لغزه تقسیم شده‌اند؛ پهنه باخطر بسیار بالا ۱۰/۵ کیلومتر مربع از مساحت کل منطقه یا ۲۳ درصد اراضی را به خود اختصاص داده که در اطراف رودخانه و محل عبور جاده قرار گرفته‌اند. مناطق با خطر زیاد ۲۴/۶ درصد منطقه مورد مطالعه، پهنه با خطر متوسط ۲/۱ درصد، پهنه با خطر کم ۱۸ درصد و پهنه با خطر خیلی کم ۱۴/۷۵ از منطقه را به خودشان اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: زمین لغزه، روش آنبالاگان، پهنه‌بندی، صائین، واحد کاری

### مقدمه

همکاران، ۲۰۰۶: ۱۱۲۱). این پدیده جزو آن دسته از پدیده‌های ژئومورفولوژی است که اکثراً به عنوان یکی از بزرگترین عوامل مزاحم برنامه‌های عمرانی در کلیه زمینه‌ها از جمله در ایجاد و توسعه شبکه‌های ارتباطی زمینی به شمار می‌رود (رجایی، ۱۳۷۳: ۳۰۱). تقریباً هر

لغزش زمین نتیجه حرکت مواد در روی دامنه است که در اثر عمل آب و نیروی ثقل ایجاد می‌گردد (احمدی، ۱۳۷۴: ۲۳۴)، که در اثر آن توده‌ای از مواد سنگی و خاک به طرف پایین دامنه جابه‌جا می‌شود (دیوس و

سبب لغزش زمین در روستاهای شیران و گلستان، ورنیاب، ویلادره و جوراب شد و خسارت جزئی بر منطقه وارد نمود که حدود چند کیلومتر با منطقه صائین فاصله دارد (مددی، ۱۳۷۷: ۱۱۹ و ۱۲۰). در سال ۱۳۸۴ بدنبال احداث جاده از منطقه کوهستانی بین شهر اردبیل و سراب در منطقه صائین زمین لغزه نسبتاً بزرگی رخ داد در طی این حادثه یک نفر کشته شد (هاشمی طباطبایی، ۱۳۸۴: ۴) ۱۰ دستگاه اتومبیل خسارت دیده که جمع ضرر آنها حدود ۶۰۰ میلیون ریال برآورد شده است. در این حادثه ۴۰۰ متر از طول جاده اردبیل-سراب به کلی از بین رفت و حدود ۱/۱ کیلومتر آسیب دید که جمعاً ۸۰۰۰ میلیون ریال خسارت ببار آورده است. در اثر این حادثه ۱۸/۵ هکتار از اراضی مرتعی منطقه با درجه خوب تا متوسط نابود شد که سازمان جهاد کشاورزی خسارت وارده را ۲۰۰۰ میلیون ریال تخمین زده است. لذا با توجه به حجم عظیم خسارات جانی و مالی که در بالا به برخی از آنها اشاره شد مطالعه و بررسی این پدیده ژئومورفولوژی و آگاهی از پایداری دامنه‌ها به منظور جلوگیری از کاهش خطرات و خسارات ناشی از آن لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

#### پیشینه تحقیق

در زمینه موضوع مورد مطالعه مطالعات زیادی در سطح بین‌المللی و ایران کار شده که آوردن همه آنها موجب طولانی شدن مطلب خواهد شد؛ بنابراین فقط به چند مورد از آنها اشاره خواهیم نمود. روستایی (۱۳۷۹)، دینامیک لغزش های زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روش های موفومتری در حوضه اهر چای انجام داد واز

سال لغزش زمین مصیبت‌های بسیاری به بار می‌آورد، در بسیاری از لغزش‌ها تلفات انسانی به بیش از یکصد نفر و گاهی به هزاران نفر می‌رسد (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۷: ۲۰۰). این پدیده در سطح کره زمین خسارت‌های فراوانی در طول تاریخ برجای گذاشته است که از جمله مهم‌ترین آنها می‌توان به زمین لغزش در لوس آنجلس که در آن ۱۰۰۰۰۰ نفر کشته شدند، زمین لغزش واردلن<sup>۱</sup> در نروژ که در سال ۱۸۹۳ اتفاق افتاد و ۵۵ میلیون متر مکعب خاک را جابه‌جا نمود و در اثر آن ۱۱۱ نفر جان خود را از دست دادند و دیگر لغزشهایی که خارج از حوصله این مطالعه است. کشور ما ایران به علت کوهستانی بودن و به لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی در معرض بسیاری از بلایای طبیعی قرار گرفته است (مهندسین مشاور راه و ابنیه، ۱۳۸۴: ۱)، به علت واقع شدن در کمربند زلزله و خط گسل‌های اصلی بعضی از نقاط کشورمان به حرکات شدید زمین که تشدید کننده خطر بروز لغزش زمین است (از جمله در محورهای مواصلاتی استان اردبیل) بسیار مستعد هستند. به عنوان مثال در سال ۱۳۶۹ در استان گیلان بر اثر وقوع زمین لرزه، لغزش‌هایی در منطقه رخ داد که در اثر آن جاده‌های بسیاری تخریب گشت و راه‌های بسیاری از روستاها بر اثر سقوط سنگ و زمین لغزش مسدود گردید. تخریب بخشی از شهر گرمی در استان اردبیل در پی بارندگی‌های مهر ماه ۱۳۷۴ و رانش زمین، حرکت زمین در شهرک ولیعصر تبریز نمونه‌های از لغزش در منطقه آذربایجان است (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۴ و ۵)، وقوع زمین لرزه در اسفند ماه ۱۳۷۵ در استان اردبیل

1- Vaerdalen

بویژه در نواحی مرطوب و نیمه مرطوب دارد. فیض نیا و محمدی (۱۳۸۷)، پهنه بندی حوضه آبخیز دماوند را با بهره گیری از درون یابی ویژه و درصدهای به هریک از زیر عامل ها انجام داد و عاملهای مؤثر بر رخداد زمین لغزش را، عامل کاربری اراضی، سازند زمین شناسی، بارندگی، شیب، جهت شیب و ارتفاع تشخیص دادند. جعفری (۱۳۸۷)، عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش دامنه شمالی آلاداغ (حوضه چناران)، را بررسی و با استفاده از مدل LIM خطر وقوع زمین لغزش در منطقه را پهنه بندی کرد.

آنبالاگان (۱۹۹۲)، به شناسایی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش در ناحیه کوهستانی کاتگودام-نانیتال در کومال هیمالیا و پهنه بندی آن با استفاده از فاکتور ارزیابی خطر زمین لغزش پرداخت. آنبالاگان (۱۹۹۶) خطر زمین لغزه را در ارتفاعات کومان هیمالیا بررسی کرده است. ویراستینگ<sup>۲</sup> (۱۹۹۸)، طی تحقیقی در کشور سریلانکا پس از انجام تجزیه و تحلیل های آماری، عامل کاربری اراضی را از عوامل اصلی در وقوع زمین لغزش ها عنوان داشت. ناگاراگان<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۰)، برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در نواحی حاره ای هند از ارزش وزن دهی به پارامتر های منطقه ای و اقلیمی استفاده کردند. اوکاک اوغلو<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، نیز در ناحیه داگوی ترکیه در غرب دریای سیاه به مطالعه دینامیک حرکات توده ای پیچیده ناشی از بارش سنگین پرداختند. تحلیل داده های بارش برای دوره های طولانی و کوتاه روزانه و ساعتی توسط آنها، به وضوح دلالت بر این داشت که

مدل آنبالاگان<sup>۱</sup> برای پهنه بندی خطر زمین لغزش در این حوضه استفاده کرد. اسمعیلی (۱۳۸۱)، پهنه بندی خطر حرکت های توده ای را با استفاده از دو روش رگرسیون چند متغیره و تحلیل سلسه مراتبی در حوضه آبخیز گرمی جای انجام داده است. محمد خان (۱۳۸۳)، بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر آن در حوضه آبخیز طالقان را با در نظر گرفتن شش عامل شیب، ارتفاع، سنگ شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پهنه بندی نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سنگ شناسی در وقوع زمین لغزش در منطقه از بقیه عوامل بیشتر بوده است و بعد از آن به ترتیب کاربری اراضی، شیب، جهت، ارتفاع و بارش دارای بیشترین اثرات هستند. احمدی و همکاران (۱۳۸۴)، بررسی عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و پهنه بندی خطر آن در حوضه آبخیز طالقان را با در نظر گرفتن شش عامل شیب، ارتفاع، سنگ شناسی، بارندگی، جهت دامنه و کاربری اراضی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پهنه بندی نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر سنگ شناسی در وقوع زمین لغزش در منطقه از بقیه عوامل بیشتر بوده است و بعد از آن به ترتیب کاربری اراضی، شیب، جهت، ارتفاع و بارش دارای بیشترین اثرات هستند. شادفرو یمانی (۱۳۸۶)، زمین لغزش در حوضه آبخیز جلیسان تنکابن را با استفاده از مدل LNRFF مورد پهنه بندی قرار داده اند، نتایج تحقیق ایشان نشان داد که این مدل کارایی بسیار خوبی برای پهنه بندی زمین لغزش

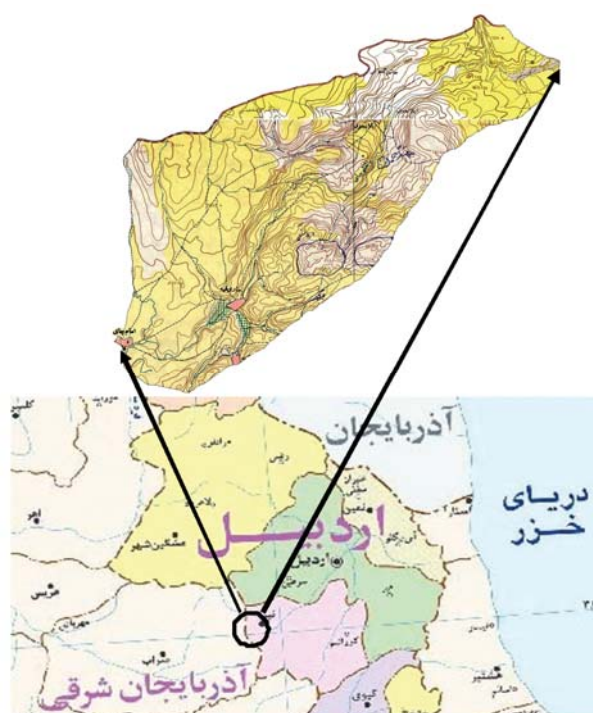
2 - Weerastinghe

3 - Nagaragan

4 - Ocakoglu

<sup>1</sup> Anbalagan

منطقه را سر شاخه‌های بالخلی چای زهکشی می‌نماید، که خود از زیر حوضه های قره سو، دره رود و ارس به شمار می‌آید. این منطقه عمدتاً از سنگهای آذرآواری دوران سوم و نهشته های آبرفتی دوران چهارم تشکیل شده است. به لحاظ ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن از آب و هوای نیمه مرطوب سرد برخوردار است.



شکل شماره ۱: موقعیت منطقه در شمال غرب ایران

#### مواد و روش‌ها

در این مطالعه یکی از روش‌های متداول در پهنه بندی زمین لغزه استفاده شده است، که این روش عبارت است از روش پهنه‌بندی آنبالاگان. این روش برای اجرای طرح‌های توسعه در مناطق کوهستانی کمک قابل توجهی به طراحان و مهندسان می‌کند. روش مذکور به عوامل عمده موثر در ناپایداری دامنه مثل زمین‌شناسی، شیب، پستی و بلندی، کاربری زمین، پوشش گیاهی و شرایط

بارش سنگین در زمین لغزش به عنوان یک عامل محرک نقش دارد. اسپیزوا و بنگوچه آ<sup>۱</sup> (۲۰۰۲)، خطر زمین لغزش در حوضه ریوگرانده آند های مرکزی آرزانتین را پهنه‌بندی کردند. آنها ضمن مطالعات خود به ارتباط نزدیک بین سنگ شناسی با مقاومت زیاد و لایه بندی ضخیم در بخش فوقانی، جهت شیب غالب جنوبی و غربی، ذوب برفها، بارش های رگباری به وقوع زمین لغزش ها دست یافتند. جرارد و گاردنر<sup>۲</sup> (۲۰۰۲)، به بررسی ارتباط بین زمین لغزش و تغییر کاربری اراضی حوضه زهکش لیخو کولا در تپه ماهورهای میانی نپال در شمال کاتماندو پرداختند. تحقیقات آنها نشان داد که بیشترین معناداری، بین گسیختگی های بزرگ روی تراسهای رها شده و جنگلهای تخریب یافته وجود دارد. سارکا و کانونگو<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، در تحقیقی در منطقه دارجیلینگ هیمالیا با استفاده از تکنیکهای GIS و RS دریافتند که وقوع زمین لغزش ها با برخی از عوامل از قبیل جاده، تراکم زهکشی و گسل در ارتباط می باشد.

#### ویژگی‌های عمومی منطقه

منطقه مورد مطالعه در شمالغرب ایران در منطقه آذربایجان و در غرب استان اردبیل و جنوبغربی شهر نیر واقع شده است. این منطقه عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۴۸ درجه را اشغال کرده است. در این منطقه جاده اردبیل- سراب از یک ناحیه کوهستانی عبور می نماید که به گردنه صائین معروف است. این

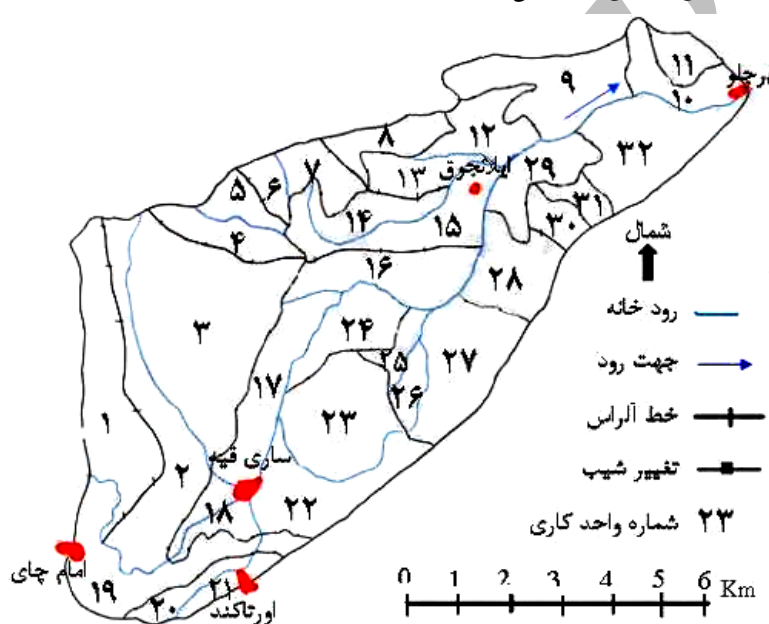
1 - Espizua and Bengochea

2 - Gerrard and Gardner

3 - Sarka and Kanungo

تقریباً تمام عوامل موثر در زمین لغزه (سنگ شناسی، خاک، ساختار، مورفولوژی، شیب، کاربری اراضی و آب زیر زمینی) را در نظر می‌گیرد، نیاز به تجهیزات ندارد و با محاسبات ساده می‌توان به تهیه نقشه پهنه بندی خطر اقدام نمود، و نیز به دلیل دسترسی آسان به اطلاعات و سادگی پارامترها در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

آب زیر زمینی بستگی دارد. در نهایت پس از امتیازدهی به عوامل فوق براساس جدول شماره ۱، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزه برای منطقه تهیه و ترسیم گردیده است. برای تهیه نقشه ابتدا کل ناحیه به ۳۲ واحد کاری تقسیم گردیده است (شکل شماره ۲) و در هر واحد به عوامل تاثیر گذار در لغزش امتیاز داده شده و سپس کل منطقه براساس جدول شماره ۲ به پنج منطقه از نظر خطر وقوع زمین لغزه تقسیم گردیده‌اند. این روش به دلیل اینکه



شکل شماره ۲: واحدهای کاری در منطقه مورد مطالعه (واحدهای کاری از روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰,۰۰۰ تهیه شده و به وسیله خط تقسیم آب، رودخانه و محل تغییر شیب در دامنه‌ها از همدیگر جدا شده‌اند).

مناطق نا مستعد (کم مستعد) برای وقوع لغزش، مناطق متوسط، مناطق با خطر زیاد و بسیار زیاد تقسیم می‌شود (جدول شماره ۲). در زیر به مطالعه و امتیازدهی عوامل موثر در وقوع لغزش در مدل آنبالاگان می‌پردازیم.

زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی: لیتولوژی یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده زمین لغزه به شمار

امتیازدهی به عوامل موثر در خطر لغزش براساس مدل آنبالاگان

در این روش براساس امتیازدهی به عوامل زمین شناسی و ژئومورفولوژی، ساختمان زمین شناسی، هوازدگی و میزان فرسایش در سنگ‌ها، ضخامت پوشش خاک، شیب توپوگرافی، ارتفاع نسبی، کاربری زمین و پوشش گیاهی و بالاخره آب زیر سطحی دامنه‌ها به

خود را از دست می‌دهند (نجفی، ۱۳۷۱: ۳۷). به طور کلی این سنگ‌ها به علت سختی و مقاومت قابل ملاحظه شان در مقابل تخریب فیزیکی به صورت قطعه سنگ‌ها متلاشی شده و اشکال صخره‌ای ایجاد کرده اند.

تراکیت ( $M''$ ) به سن پلیوستوسن در اطراف سنگ‌های ریولیت و داسیت قرار گرفته است (قسمتی از واحدهای ۱۹، ۲۳، ۲۶ و ۲۷ و واحدهای ۱۸، ۲۰، ۲۱ و ۲۲). گدازه‌های تراکیتی دارای پورفیرهای فلدسپات آلکالی، پلاژیوکلاز و کمی بیوتیت است. زمینه سنگ دانه ریز و از کانی‌های فلدسپات، کوارتز، اکسید آهن و آرژیل تشکیل شده است. فلدسپات تحت تأثیر مداوم عوامل طبیعی شکل بلورین خود را از دست می‌دهد، آرژیل نیز هیچ مقاومتی در برابر عوامل فرسایش از خود نشان نمی‌دهند. بیشترین رخنمون مربوط به سنگ بازالت الیوین دار، پیروکسن و آندزیت ( $Q^v$ ) است (بخشی از واحدهای ۸، ۱۳، ۱۴، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ و واحدهای ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۷)، لازم به ذکر است که تندشیب (پرتگاه) مشرف به جاده در محل وقوع لغزش در خرداد ماه ۱۳۸۴ از این سنگ‌ها تشکیل شده است. آندزیتها اصولاً گدازه‌های اشباع از سیلیس هستند و در مقابل جریانات سطحی بسیار مقاوم ولی به علت درزها و دیاکلازها در مقابل تخریب ناشی از یخبندان حساسیت دارند (روستایی، ۱۳۷۹: ۶۰). از تخریب سنگ‌های فوق در دامنه‌ها مواد منفصل که دارای دانه‌بندی ناهمگن (هترومتریک) است، فراهم آمده است. در بیشتر قسمتهای دامنه‌ای که جاده از آن عبور می‌کند سنگ‌های آذرین و آذرآواری بشدت هوازده شده و عمق متوسط مواد هوازده به بیشتر از ۵ متر می‌رسد (هاشمی طباطبایی، ۱۳۸۴: ۲). همچنین مورفوسکی دانه‌ها و مواد هوازده

می‌روند (لن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۱۲). منطقه صائین عمدتاً از سنگهای آذرین و آذرآواری تشکیل شده است (شکل ۳). قدیمی‌ترین سنگها ماسه سنگ‌های آهکی متمایل به قرمز و آهک‌های خاکستری ( $P_d^s$ ) به سن پرمین است که در محدوده واحد کاری ۲۹ و ۳۲ قرار گرفته‌اند، این سنگ‌ها بشدت هوازده شده و روی سنگ توسط مواد تخریبی نسبتاً ضخیمی پوشیده شده است. این سنگ‌ها توسط آب‌های گرم زیرزمینی متاثر شده و در حال دگرگون شدن هستند. سنگ‌های پامیس ( $M^r$ ) به سن الیگو- میوسن قسمت مرکزی و شرق محدوده را پوشانیده است (تقریباً واحدهای کاری ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۴، ۲۵، ۲۶ و ۲۷). این سنگ‌ها طبیعتاً سست بوده و نسبت به سنگ‌های مجاور (آندزیت و بازالت) بیشتر تحت تأثیر فرسایش قرار گرفته‌اند به طوری که در محل برخورد این سنگ‌ها در دامنه شمالی و در محل زمین لغزش شانزدهم خرداد هزارو سیصد و هشتادوپنج یک پرتگاه طویل شکل گرفته است. علت سست بودن آنها نیز مربوط به حفره‌داربودن و هوازده‌گی ناشی هوازده‌گی ترموکلاستی و کرایوکلاستی است؛ که موجب ایجاد درز و شکاف در سنگ‌ها می‌شود. ریولیت و داسیت ( $M^{pr}$ ) مربوط به الیگو- میوسن از پراکندگی کمتری در منطقه مورد مطالعه برخوردار است (بخش‌هایی از واحد ۲۳ و ۲۶). در مطالعات میکروسکپی دارای بافت پورفیری بوده و شامل درشت بلورهای پلاژیوکلاز، بیوتیت و کوارتز هستند که در یک زمینه متشکل از پلاژیوکلاز میکولیتی و کوارتز کریپتو کریستالین قرار گرفته‌اند (نقشه زمین‌شناسی سراب) که در آن کوارتز از سختی بیشتری برخوردار است اما پلاژیوکلاز در برابر عوامل طبیعی شکل بلورین

<sup>1</sup> -lan

گذرد تقریباً مسیر این گسل را دنبال می کند (شکل ۳). روند این گسل جنوبغربی- شمال شرقی می باشد. همچنین گسلهایی با امتداد شمال غربی- جنوب شرقی و شمالی- جنوبی در شرق روستای دکالانو وجود دارد که به طرف جاده قدیم کشیده شده اند. در دامنه مقابل جاده گسلهای فراوانی با امتداد های گوناگون دامنه را متاثر ساخته اند و درز و شکستهایی را سبب شده اند؛ به طوری که فراوانی چشمه ها در این بخش ادعای فوق را مورد تأیید قرار می دهد. زیرا در مناطق و جاهائیکه چشمه فراوان باشد، به احتمال زیاد گسل نیز فراوان است و دلیل بر تکتونیزه بودن منطقه می باشد.

نشان می دهد که دانه ها زاویه دار بوده و اثر سایش در روی آنها به چشم نمی خورد. بنابراین بیشتر مواد از همان جا تأمین شده و در دامنه استقرار یافته است. انباشته شدن مواد دامنه ای نفوذپذیر زمینه را برای لغزش زمین در تمام واحدهای کاری به غیر از چند واحد که در قسمتهای هموار قرار گرفته اند مستعد ساخته است. در مدل آنبالاگان بر اساس مقاومت سنگها در برابر فرسایش و هوازگی سنگها به آنها ارزش داده می شود (جدول شماره ۱). رودخانه بالخلی در جنوب شهر نیر که به طرف جنوبغربی امتداد یافته است بر روی یک گسل احتمالی جریان دارد این گسل از شمال آبگرم برجلو می گذرد و دره ای که جاده جدید اردبیل- تبریز از آن می

جدول شماره ۱: امتیاز دهی به عوامل موثر در ناپایداری شیبها بر اساس روش آنبالاگان (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۶۹)

امتیاز	گروه بندی عوامل	توصیف	عامل موثر در ناپایداری	
تیپ I				
۰/۲		کوارتزیت و آهک	الف) سنگ شناسی	
۰/۳		گرانیت و گابرو		
۰/۴		گنیس		
تیپ II				
۱		سنگهای خوب سیمانی شده رسوبی، بطور غالب ماسه سنگ با لایه های نازک سنگ رس		
۱/۳		سنگهای رسوبی ضعیف سیمانی شده، بطور غالب ماسه سنگ با لایه های نازک شیل، رس		
تیپ III				
۱/۲		اسلیت و فیلیت		
۱/۳		شیست		
۱/۸		شیل با سنگهای بین لایه ای رسی و غیر رسی		
۲		شیل بسیار هوازده، فیلیت و شیست		
۰/۸		خاکریز فلویال خوب متراکم شده قدیمی (Alluvial)	تیپ خاک	
۱		خاک رسی با سطح طبیعی تشکیل شده از Eluvial		
۱/۴		خاک ماسه ای با سطح طبیعی		

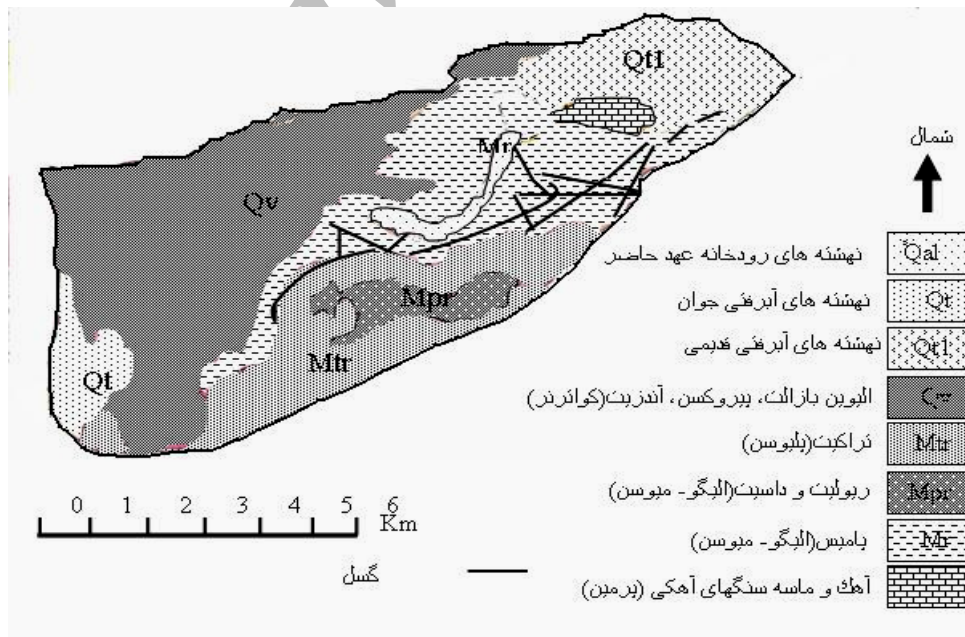
واریزه های غالباً متشکل از قطعات سنگ همراه با خاک رسی یا ماسه‌ای (Colloivial):			
۱/۲	خوب متراکم شده قدیمی تر		
۲	مواد ضعیف و جوانتر		
۰/۲	I بزرگتر ۳۰ درجه	۱) ارتباط برابری بین شیب و ناپیوستگی	
۰/۲۵	II ۲۱-۳۰ درجه		
۰/۳۰	III ۱۱-۲۰ درجه		
۰/۴۰	IV ۶-۱۰ درجه	صفحه‌ای	
۰/۵۰	V کمتر از ۵ درجه	گوه‌ای	
۰/۳	I - بیشتر از ۱۰ درجه	۲) ارتباط شیب ناپیوستگی و مقدار شیب صفحه‌ای و گوه‌ای	ب) ساختار: ارتباط ناپیوستگی‌های ساختاری با شیب
۰/۵	II - ۰-۱۰ درجه		
۰/۷	III - ۰		
۰/۸	IV - ۰-۱۰		
۱	V - بیشتر از ۱۰		
۰/۲	I - کمتر از ۱۵ درجه	۳) شیب ناپیوستگی صفحه‌ای گوه‌ای	
۰/۲۵	II - ۱۶-۲۵ درجه		
۰/۳	III - ۲۶-۳۵ درجه		
۰/۴	IV - ۳۶-۴۵ درجه		
۰/۵	V - بیشتر از ۴۵ درجه		
۰/۶۵	کمتر از ۵ متر	عمق پوشش خاک	
۰/۸۵	۶-۱۰ متر		
۱/۳	۱۱-۱۵ متر		
۲	۱۶-۲۰ متر		
۱/۲	بیشتر از ۲۰ متر		
۰/۲	بیشتر از ۴۵ درجه	پرنگاه/صخره	ج- مورفولوژی شیب
۱/۷	۳۶-۴۵ درجه	شیب تند	
۱/۲	۲۶-۳۵ درجه	شیب نسبتاً تند	
۰/۸	۱۶-۲۵ درجه	شیب آرام	
۰/۵	کمتر از ۱۵ درجه	شیب بسیار آرام	
۰/۳	کمتر از ۱۰۰ متر	کم	د- اختلاف ارتفاع (پستی و بلندی نسبی)
۰/۶	۱۰۱-۳۰۰ متر	متوسط	
۱	بیش از ۳۰۰ متر	زیاد	
۰/۶۵		زمین کشاورزی / منطقه مسکونی پرجمعیت	ه- کاربری و پوشش زمین
۰/۸		منطقه جنگلی انبوه	
۱/۲		منطقه‌ای با پوشش گیاهی	



		متوسط	
۱/۵		منطقه‌ای با پوشش گیاهی پراکنده	
۲		زمین لم یزرع	و-شرایط آب زیرزمینی
۱		در حال جریان	
۰/۸		اشباع	
۰/۵		مرطوب (تقریباً تر)	
۰/۲		نم دار	
۰		خشک	

جدول شماره ۲: پهنه بندی خطر زمین بر اساس روش آنبالاگان

توصیف پهنه	مقدار	شماره پهنه
پهنه ای با خطر بسیار کم	کمتر از ۳/۵	۱
پهنه ای با خطر کم	۳/۵ تا ۵	۲
پهنه ای با خطر متوسط	۵/۱ تا ۶	۳
پهنه ای با خطر بالا	۶/۱ تا ۷/۵	۴
پهنه ای با خطر بسیار بالا	بیشتر از ۷/۵	۵



شکل شماره ۳: نقشه زمین شناسی گردنه صائین (اقتباس از نقشه های زمین شناسی سراب و مشگین شهر)

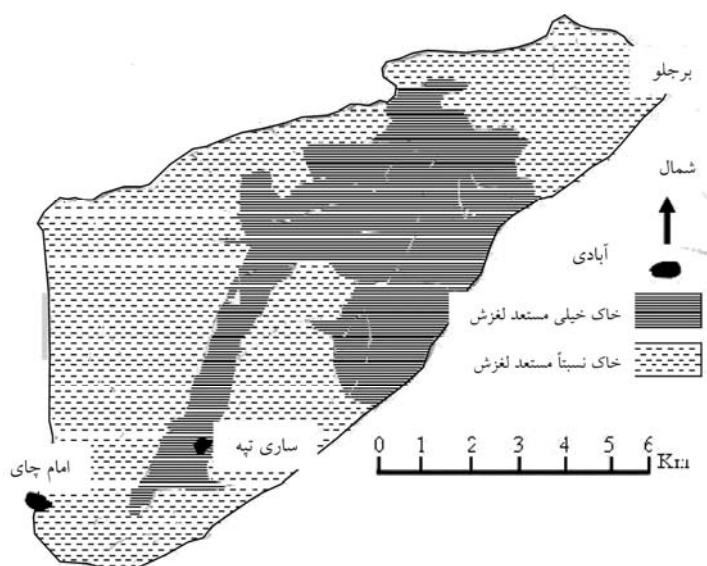
دامنه خاک به مفهوم واقعی در روی آنها تشکیل نشده و چسبندگی مواد خیلی کم است. ظرفیت اشباع از آب خاکهای منطقه به خصوص در دامنه های پرشیب که کاربری مرتع دارند، براساس آزمایشی که در گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی صورت گرفت، بین ۵۰ تا ۶۰ درصد بدست آمده است. براساس همین آزمایش حد خمیری (PL) خاکها منطقه بین ۲۰ تا ۴۰ درصد محاسبه شده است. حد روانی (LL) بین ۳۰ تا ۴۵ درصد نوسان دارد. با توجه به نتایج آزمایشات فوق، و ضخامت خاک که بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر تخمین زده شده (هاشمی طباطبائی، ۱۳۸۴: ۲) می توان گفت که خطر زمین لغزش در بخش های مختلف منطقه یکسان نبوده و بر اساس شکل شماره ۴ و جدول شماره ۳ متوسط تا بسیار زیاد می باشد.

از جمله مهم ترین گسل ها در این دامنه گسلی است که به صورت کمانی دامنه جنوبی دره ایلانجوق- ساری قیه شکسته و تندشیبی را در این دامنه به صورت طولی بوجود آورده است. به طور کلی ساختار منطقه آتشفشانی است. به عبارت دیگر فورانهای آتشفشانی سبلان سبب شده که مواد به صورت روانه ها و پرتابه ها به اطراف پراکنده بشود. در نتیجه این عمل علاوه بر مواد مذاب مانند تراکیت، بازالت و آندزیت و پرتابه هایی نیز شامل توف از دهانه خارج شده و در منطقه گسترش یافته است. امتیاز عامل زمین شناسی در جدول شماره ۳ آمده است.

#### خاک: خصوصیات فیزیکی خاک تاثیر زیادی در

نفوذپذیری خاک دارد و منجر به جدا شدن دانه های خاک و حمل آن می گردد (شوآپ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۳: ۹۲). معمولاً توان جداشدگی خاک با افزایش اندازه دانه های خاک، افزایش می یابد؛ و قابلیت حمل خاک با کاهش اندازه دانه ها، افزایش می یابد. رس در مقایسه با ماسه به سختی قابلیت انفصال دارد، ولی به راحتی قابل حمل می باشد (شوآپ، ۱۹۹۳: ۹۲). آزمایش هایی که بر روی چند نمونه از سازندهای سطحی منطقه صورت گرفت نشان می دهد که عمدتاً بافت خاکهایی منطقه از نوع لومی-رسی می باشد؛ در بعضی قسمتها نیز دارای بافت لومی - شنی هستند. همچنین آزمایشات و بازدیدهایی که از منطقه به عمل آمده نشان دهنده این است که به علت شیب زیاد

1 - Schwab



شکل شماره ۴: نقشه تاثیر خاک در خطر لغزش منطقه

عبارتند از: صخره ها و پرتگاهها (بیشتر از ۴۵ درجه)، دامنه های با شیب تند (۳۵-۴۵ درجه)، دامنه های با شیب متوسط (۲۵-۳۵ درجه)، شیب آرام (۱۵-۲۵ درجه) و دامنه های با شیب بسیار آرام (کمتر از ۱۵ درجه).

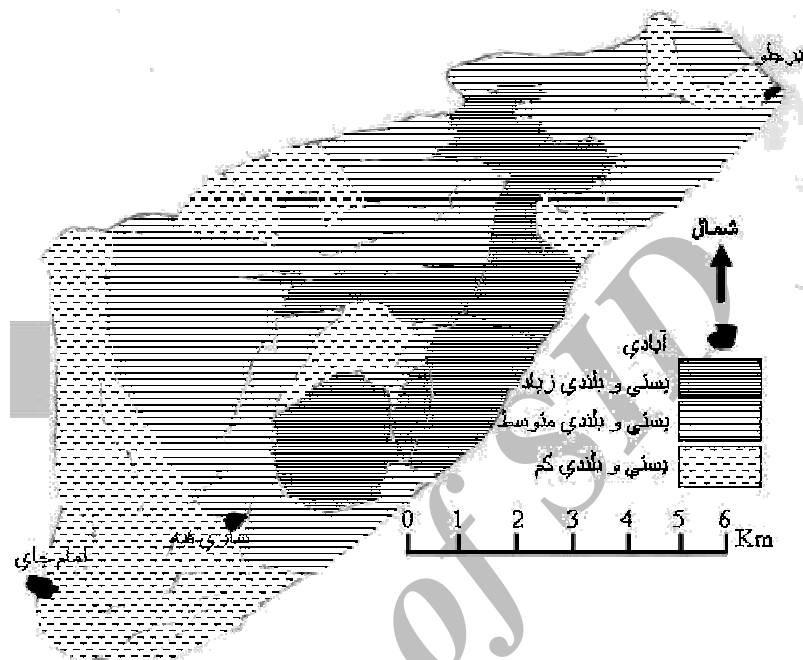
**ارتفاع نسبی:** منظور از ارتفاع نسبی اختلاف ارتفاع بین خط تقسیم آب و دره می باشد. مقدار جابجایی مواد سطحی با شدت آب و یا شیب زمین بستگی دارد که خود این عوامل تابعی از پستی و بلندی زمین می باشند (معتمد، ۱۳۷۴: ۲۱۱). در روش آنبالاگان کل منطقه مورد مطالعه بر اساس ارتفاع نسبی به سه گروه تقسیم می شود: پستی و بلندی زیاد، متوسط و کم. شکل شماره ۵ و جدول شماره ۳ به تفکیک واحد کاری وضعیت منطقه را از نظر پستی و بلندی نشان می دهد. همان طوری که شکل شماره ۵ نشان می دهد به علت این که واحدهای کاری کوچک انتخاب شده بودند، میزان پستی و بلندی در واحدهای کاری منطقه عمدتاً در گروه متوسط و کم قرار دارند. البته این به آن معنی نیست که منطقه کوهستانی نیست، بلکه نشان دهنده تضاریس و ناهمواری منطقه

**ساختار:** منظور از ساختار ارتباط ناپوستگی های ساختاری با شیب می باشد (شریعت جعفری، ۱۳۷۵، ص ۱۷۱). در بعضی از قسمتها تغییرات شیب ناشی از ساختار زمین شناسی است؛ به عنوان مثال در دامنه جنوبی دره بالخلی یک تغییر ناگهانی شیب دیده می شود که ناشی از یک گسل فرعی است. اما در دامنه شمالی تغییرات شیب ناشی از ساختار نمی باشد (نقشه زمین شناسی مشکین شهر و سراب). جدول شماره ۳ امتیاز عامل ساختار را در قسمت های مختلف منطقه نشان می دهد.

**شیب:** یکی از عوامل مؤثر برای وقوع زمین لغزه شیب می باشد و هرچه شیب زمین بیشتر باشد عمل لغزش سریع تر خواهد بود (رفاهی، ۱۳۷۵: ۱۱۴). در این منطقه، براساس نقشه های توپوگرافی مناطق همسان از نظر شیب جدا شده و برای هر قسمت میزان درصد و درجه شیب محاسبه گردید. بدین ترتیب منطقه مورد مطالعه از نظر زاویه شیب به پنج گروه تقسیم شدند و براساس این گروهها امتیاز دهی به عمل آمد (جدول شماره ۱ و ۳) که

وسیله خطوط تقسیم آب، خط‌القعر و محل تغییر شیب از همدیگر جدا شده‌اند؛ بنابراین پستی و بلندی در واحدهای کاری کم بدست آمده است.

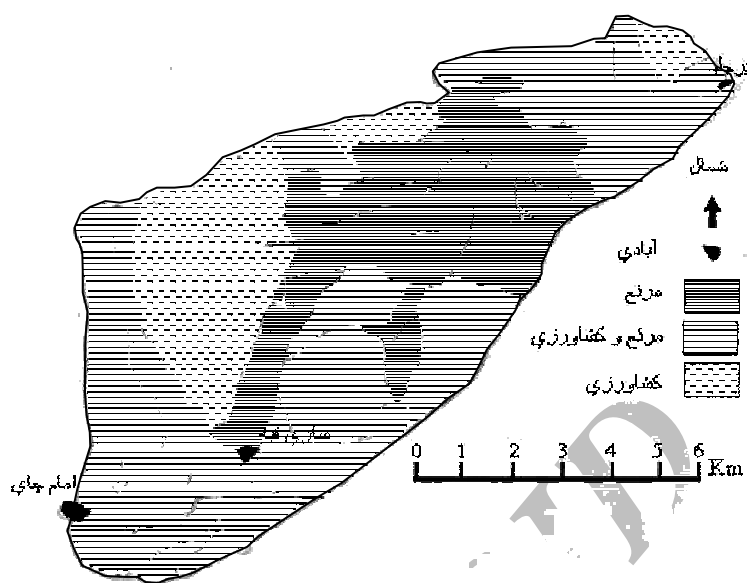
است. در حالت کلی، و بدون تقسیم‌بندی به واحدهای کاری، این منطقه از تضاریس و پستی و بلندی زیادی برخوردار است؛ ولی به دلیل اینکه واحدهای کاری به



شکل شماره ۵: میزان پستی و بلندی در منطقه صائین

جدول شماره ۱ نشان می‌دهد، ۱/۲ می‌باشد. ۲- زمین زراعی: زمین‌های زراعی عمدتاً در حاشیه شمالی منطقه مورد مطالعه (حاشیه جنوبی جاده قدیم نیر- سراب) و در حاشیه‌های رودخانه بالخلی به صورت پراکنده قرار گرفته‌اند. امتیازی که در مدل آنبالاگان به این نوع کاربری تعلق می‌گیرد، ۶۵٪ می‌باشد. ۳- جاده: جاده بخش بسیار کوچکی از زمین‌های منطقه صائین را به خود اختصاص داده است. این کاربری شامل جاده قدیم اردبیل- تبریز و جاده جدید می‌باشد. به علت اینکه زمین‌های تحت اشغال این نوع کاربری نسبت به کل منطقه خیلی محدود بوده، و همچنین در جدول آنبالاگان به این نوع کاربری رتبه‌ای داده نشده است، در اینجا امتیازی به آن اختصاص نیافته است.

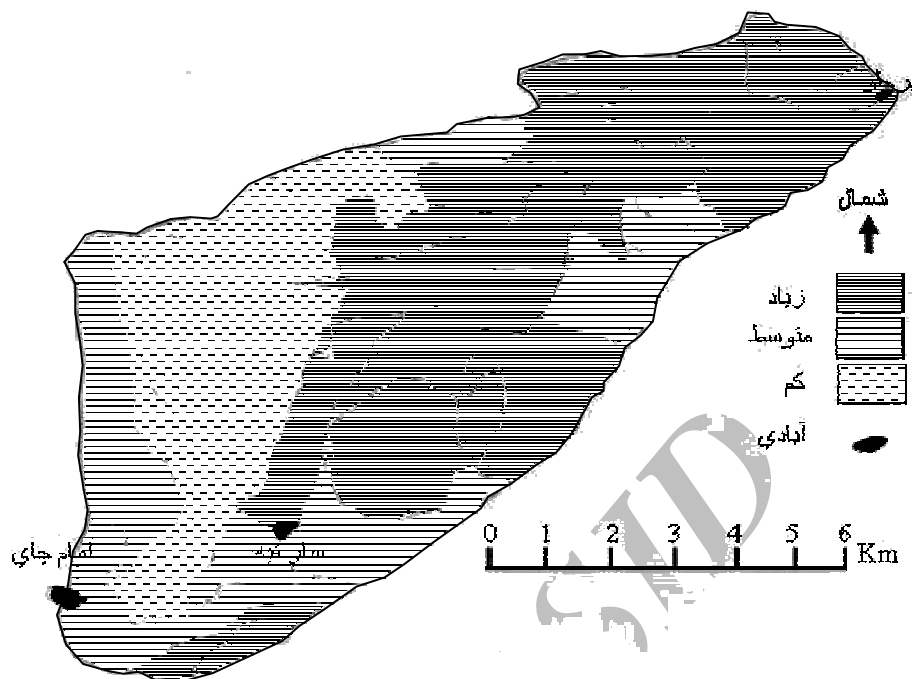
**کاربری اراضی و پوشش گیاهی:** پوشش گیاهی حرکات دامنه‌ای را به تأخیر می‌اندازد و یا حتی گاهی موجب تثبیت دامنه‌ها می‌گردد (اصغری مقدم، ۱۳۷۸: ۶۷). زمین‌های منطقه مورد مطالعه عمدتاً دارای سه نوع کاربری دارند که عبارتند از: ۱- مرتع: بخش زیادی از منطقه مورد مطالعه به علت کوهستانی بودن، عمق کم خاک و شیب زیاد زیر پوشش مرتع هستند. شکل شماره ۶ کاربری زمین‌های منطقه را به تفکیک واحد کاری نشان می‌دهد. همچنانکه شکل شماره ۶ نشان می‌دهد واحدهای کاری که در مرکز منطقه مورد مطالعه قرار دارند دارای کاربری مرتع می‌باشند. مراتع منطقه نیز با عنایت به بارندگی و تراوش چشمه‌های متعدد از دامنه‌ها از نوع متوسط تا خوب می‌باشند. امتیازی که در روش پهنه‌بندی آنبالاگان برای این نوع کاربری در نظر گرفته شده و



شکل شماره ۶: کاربری اراضی در منطقه گردنه صائین

زمینی به تبعیت از شیب به طرف پایین جریان دارند، اما کمتر به صورت چشمه در سطح زمین جاری می شوند. بنابراین آبهای زیر زمین در این قسمت‌ها خیلی زیاد تأثیر ندارد. ۳- آبهای نفوذ کرده در بالادست در میانه و پاشنه دامنه‌ها به صورت چشمه‌های با دبی‌های متفاوت خارج می شوند. بنابراین تأثیر زیادی در خیس شدن خاک اطراف و پایین دست خود دارند. علاوه بر این آب چشمه‌ها مواد زیرزمینی را به صورت محلول یا معلق با خود می آورند که در طولانی مدت سبب خالی شدن مواد بالادست چشمه شده و نتیجه موجب بالا رفتن خطر زمین لغزه می شوند. به طور کلی در نقاطی که چشمه‌های آب گرم و یا سرد جریان دارد زمین ناپایدار بوده و حرکت‌های لغزشی به صورت پراکنده دیده می شود (مهندسین مشاور براینده، ۱۳۸۴: ۷۰).

آب زیر زمینی: کاهش مقاومت مواد، بر اثر هوازدگی و افزایش حجم، آماس پذیری، زدودن سیمان و نرم شدن مواد به وسیله افزایش آب ایجاد می شود (چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ۹۷). آبهای زیرزمینی در روش پهنه بندی آنالگان یکی از عوامل تأثیر گذار در لغزش در نظر گرفته شده است. واحدهای کاری که برای پهنه بندی خطر زمین لغزه در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است، از نظر تأثیر آبهای زیر زمینی عمدتاً به سه نوع تقسیم می شوند (شکل شماره ۷): ۱- در حاشیه شمالی و غربی منطقه آب زیر زمینی و زیر سطحی تأثیر چندانی در پتانسیل خطر زمین لغزه ندارد. زیرا شیب توپوگرافی در این قسمت‌ها بسیار کم بوده، و آبهای زیرزمینی به جای اینکه در جهت شیب توپوگرافی جریان داشته باشد به اعماق زمین نفوذ می کند. ۲- از خط الراس تا میانه‌های دامنه‌های پرشیب نسبتاً پرشیب، آب زیر



شکل شماره ۷: تاثیر آب زیر زمینی در خطر لغزش منطقه صائین

### نتیجه‌گیری

کافی هوازده شده و نیز سطح آب زیرزمینی بالاست، دامنه برای وقوع زمین‌لغزه مستعد بوده و از نظر ژئومورفولوژی دامنه ناپایدار محسوب می‌گردد. در حالیکه شیب کم، سنگ‌های سالم و کمتر هوازده و عدم وجود آب زیرزمینی و یا پایین بودن سطح آب زیرزمینی در مجموع سبب پایداری دامنه شده و در این گونه مناطق خطر لغزش زمین کمتر می‌باشد. گرچه همه عوامل فوق‌الذکر (زمین‌شناسی، خاک، پوشش زمین و ...) در پهنه بندی خطر لغزش در منطقه صائین نقش دارند؛ اما عوامل شیب توپوگرافی، آب زیرزمینی و هوازدگی سنگ‌ها به ترتیب تاثیر زیادتری دارند.

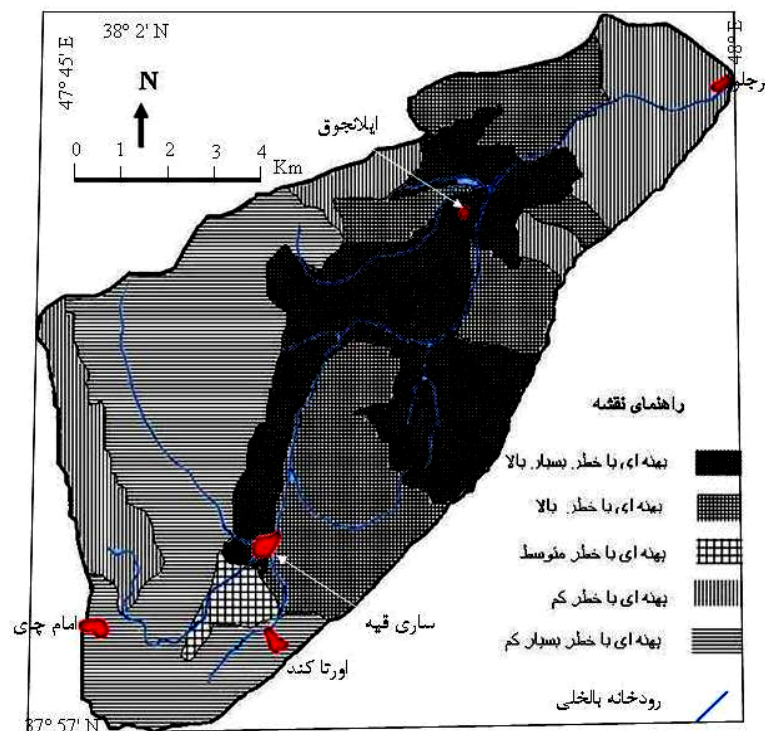
گردنه صائین که زمین لغزه‌ای در شانزدهم خرداد ماه هزار و سیصد و هشتاد و چهار در آنجا رخ داده است از نظر پایداری ژئومورفولوژی دامنه مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج زیر از این مطالعه بدست آمد:

این منطقه براساس روش پهنه‌بندی خطر زمین لغزه آنبالاگان و براساس امتیاز دهی به عوامل زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش زمین، آبهای زیرزمینی، شیب توپوگرافی و کاربری زمین‌ها به پنج ناحیه از نظر پایداری و خطر زمین‌لغزش تقسیم گردید (شکل شماره ۸)؛ ۱- نواحی با خطر بسیار بالا ۲- نواحی با خطر بالا ۳- نواحی با خطر متوسط ۴- نواحی با خطر کم ۵- نواحی با خطر بسیار کم. ناپایداری ژئومورفولوژی دامنه رابطه مستقیمی با شیب توپوگرافی، مقدار سازندهای سطحی و نوع آن و مواد هوازده، آبهای زیرزمینی و خاک دارد. در مناطقی که زمین شیب زیاد دارد، مانند حواشی رودخانه بالخلی، و سازندهای زمین‌شناسی به اندازه

جدول شماره ۳: امتیاز های عوامل تاثیر گذار در مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش آنبالاگان در واحد های کاری منطقه گردنه

صائین

واحد	لیتولوژی	خاک	ساختار	شیب	ارتفاع نسبی	کاربری اراضی و پوشش گیاهی	آب زیرزمینی	امتیاز کل
۱	۱/۱۵	۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱۹۵	۰/۶۵	۰/۵	۳/۹
۲	۰/۳	۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱۶۵	۱/۲	۰/۲	۳/۳
۳	۰/۳	۱	۰/۲۵	۰/۱	۰/۳۴۵	۰/۹۳	۰/۲	۳/۱
۴	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۱	۰/۳۶	۰/۶۵	۰/۲	۲/۹
۵	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۱۲	۰/۲۷	۰/۶۵	۰/۲	۲/۸
۶	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۱	۰/۱۸	۰/۶۵	۰/۲	۲/۷
۷	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۱	۰/۱۵	۰/۶۵	۰/۲	۲/۷
۸	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۲۳	۰/۳۷۹	۰/۹۳	۰/۵	۳/۶
۹	۳	۱	۰/۲	۰/۲۳	۰/۳۷۵	۰/۶۵	۱	۶/۵
۱۰	۰/۷۵	۱	۰/۲	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۹۳	۱	۴/۴
۱۱	۱/۲	۱	۰/۳	۰/۱	۰/۰۹	۰/۶۵	۱	۴/۳
۱۲	۳	۲	۰/۲	۰/۳۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۱	۷/۹
۱۳	۲	۲	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۴۵	۱/۲	۱	۷/۲
۱۴	۳	۲	۰/۳	۰/۷	۰/۵۱	۱/۲	۰/۸	۸/۵
۱۵	۳	۲	۰/۳	۰/۴	۰/۳۳۳	۱/۲	۱	۸/۲
۱۶	۳	۲	۰/۲	۰/۳	۰/۶۶۴	۰/۹۳	۱	۸/۱
۱۷	۳	۲	۰/۲	۰/۴۱	۰/۴۳۵	۰/۹۳	۱	۸
۱۸	۱	۲	۰/۲	۰/۳	۰/۱۵	۱/۲	۰/۵	۵/۴
۱۹	۰/۳	۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱۲	۰/۹۳	۰/۵	۳/۲
۲۰	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱۵	۰/۶۵	۰/۸	۳/۴
۲۱	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱۸	۰/۶۵	۱	۳/۶
۲۲	۳	۱	۰/۳	۰/۱۵	۰/۴۶۵	۰/۹۳	۰/۵	۶/۳
۲۳	۳	۱	۰/۲۵	۰/۲	۰/۶۸۷	۰/۹۳	۰/۸	۶/۹
۲۴	۳	۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱۵	۰/۹۳	۱	۶/۴
۲۵	۳	۲	۰/۲	۰/۳	۰/۴۸	۰/۹۳	۰/۸	۷/۷
۲۶	۳	۲	۰/۲	۰/۷	۰/۹۷۲	۱/۲	۰/۸	۸/۹
۲۷	۳	۲	۰/۲	۰/۵	۱/۳۳۲	۱/۲	۱	۹/۲
۲۸	۲	۲	۰/۲	۰/۳	۰/۷۵۹	۱/۲	۰/۵	۷
۲۹	۳	۲	۰/۳	۰/۷	۰/۶۳	۱/۲	۰/۸	۸/۶
۳۰	۰/۲	۲	۰/۲	۰/۱	۰/۱۰۵	۱/۲	۰/۵	۴/۳
۳۱	۲	۲	۰/۲۵	۰/۵	۰/۳۶	۱/۲	۰/۵	۶/۸
۳۲	۰/۷۶	۱	۰/۲	۰/۱۱	۰/۴۲	۰/۶۵	۱	۴/۱



شکل شماره ۸: نقشه پهنه بندی خطر زمین لغزه به روش آنبالاگان در منطقه صائین

#### منابع

۱. احمدی، حسن (۱۳۷۴)؛ ژئومورفولوژی کاربردی جلد اول: فرسایش آبی، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. احمدی، حسن، محمدخان، شیرین، فیض نیا، سادات و قدوسی، جمال (۱۳۸۴)؛ ساخت مدل منطقه ای خطر حرکت‌های توده‌ای با استفاده از ویژگی های کیفی و تحلیل سلسله مراتبی سیستم‌ها مطالعه موردی حوضه آبخیز طالقان. مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۵۸، شماره ۱، ص ۳-۱۴.
۳. اسمعیلی، آباذر (۱۳۸۱)؛ پهنه بندی خطر حرکت‌های توده‌ای در حوضه گرمی چای و ارائه مدل منطقه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴. اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۷۸)؛ جغرافیای طبیعی شهر ۱ «ژئومورفولوژی»، تهران: انتشارات مسعی، ۱۸۷ صفحه.
۵. جعفری، تیمور (۱۳۸۷)؛ ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین لغزش در دامنه شمالی آلا داغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی)، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، ص ۵۳-۷۵.
۶. چورلی، ریچارد حی و همکاران (۱۳۷۹)؛ ژئومورفولوژی جلد سوم (فرایند های دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی)، ترجمه احمد معتمد. انتشارات سمت، ۴۵۵ صفحه.



۷. رجائی، عبدالحمید (۱۳۷۳)؛ کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط. نشر قومس، ۳۴۴ صفحه.
۸. رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵) فرسایش آبی و کنترل آن، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۵۵۱ صفحه
۹. روستایی، شهرام (۱۳۷۹)؛ پژوهشی در دینامیک لغزشهای زمین و علل وقوع آنها با استفاده از روش های مورفومتری در حوضه اهر چای، پایان نامه دکتری، دانشگاه تبریز، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی،
۱۰. سازمان جغرافیائی ارتش (۱۳۶۱)؛ نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ لای و امام چای، چاپ اول
۱۱. سازمان جغرافیائی ارتش (۱۳۴۶)؛ عکس های هوایی ۲:۲۰۰۰۰ منطقه صائین
۱۲. سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۱)؛ نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ سراب و مشکین شهر.
۱۳. شادفر، صمد، یمانی، مجتبی (۱۳۸۶)؛ پهنه بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبخیز جلیسان با استفاده از مدل LNRf. مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۲، ص ۱۱-۲۳
۱۴. شریعت جعفری، محسن (۱۳۷۵)؛ زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی)، تهران، انتشارات سازه، ۲۱۸ صفحه.
۱۵. فیض نیا، سادات و محمدی، علی اصغر. (۱۳۸۷)؛ پهنه بندی حرکت های لغزشی با بهره گیری از درون یابی به هر یک از زیر عامل ها در حوضه آبخیز دماوند. نشریه دانشکده منابع طبیعی، دوره ۶۱، شماره ۱، ص ۲۹-۴۲.
۱۶. کوک، آر. یو و دورکمپ، جی. سی (۱۳۷۷)؛ ترجمه شاپور گودرزی نژاد، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط جلد اول، انتشارات سمت، ۳۸۴ صفحه.
۱۷. مددی، عقیل (۱۳۷۷)؛ ژئومورفولوژی حوضه آبخیز رودخانه بالخلی و کاربرد عوارض ژئومورفولوژی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تهران.
۱۸. معتمد، احمد (۱۳۷۴)؛ زمین شناسی عمومی. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۹۵ صفحه.
۱۹. مهندسین مشاور برابند (۱۳۸۴)؛ گزارش مقدماتی زمین لغزه واقع در مسیر راه اردبیل - سراب (نیر - سراب) استان اردبیل، وزارت راه و ترابری: اداره کل راه و ترابری استان اردبیل.
۲۰. مهندسین مشاور طرح راه و ابنیه (۱۳۸۴)؛ گزارش بررسی عملکرد زمین شناسی محور اردبیل - سراب (صائین)، اداره کل راه و ترابری استان اردبیل.
۲۱. نجفی، مهدی (۱۳۷۱)؛ زمین شناسی عمومی، انتشارات خراسان، ۲۶۰ صفحه.
۲۲. هاشمی طباطبائی، سعید (۱۳۸۴)؛ گزارش مقدماتی زمین لغزش محور مواصلاتی نیر - سراب، بخش ژئوتکنیک، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
23. Anbalagan, R. (1992); Landslid hazard evaluation and zonation mapping in

- Research and Development. Vol 22, No 1, p48-55.
28. Lan, H.X, C. H. Zhou, L. J. Wang, H. Y. Zhang and R. H. Li (2004); Landslide hazard spatial analysis and prediction using GIS in the Xiaojiang watershed, Yunnan, China, Engineering geology, Elsevier, vol76, issue 1-2, p109-128 .
29. Ocakoglu, F., Gokeeoglu, C., Ercanoglu, M.(2002); Dynamics of a Complex Massmovement Triggered by Heavy Rainfall, a case study from NW turkey, Elsevier, Geomorphology vol 42, p 329-341.
30. schwab, Glenn O, Fangmeier, Delmar D, Elliot, William J & Frevert, Richard K (1993); Soil and water conservation engineering, New York: publisher: John Wiley & sons, inc.
- mountainous Terrain, , engineering Geology, vol 32, issue4, p 269-277.
24. Anbalagan, R., Singh , Bhawani(1996); Landslide hazard and risk assessment mapping of mountainous terrains — a case study from Kumaun Himalaya, India, Engineering Geology, Volume 43, Issue 4, P 237-246
- Davis, John C., Chung, Chang-Jo & Ohlmacher, Gregory C., “two models for evaluating landslide hazards” journal of computers & geosciences, Elsevier, vol32. P1120-1127.
26. Espizua, L.E., Bengochea, J.D.(2002); Landslid Hazard and Risk Zonation Mapping in the Rio Grande Basin, Central Andes of mandoza, Argentina, Elsevier, Mountain Research and Development vol 22, No 2, p177-185.
27. Gerrard, J., Gardner, R.(2002); Relationships Between Landslid and Land Use in the Likhu khola Drainage Basin, Middle Hills, Elsevier, Nepal. Mountain

Archive of SID