

# بررسی علل وقوع زمین لغزش در روستای نصیرآباد

## ورزقان (استان آذربایجان شرقی)

### با استفاده از روشهای کمی

#### شهرام روستایی

استادیار گروه چهارگاهی طبیعی، دانشگاه تبریز

#### چکیده

در بهار سال ۱۳۷۴ زمین لغزش بزرگی در دامنه مشرف بر بستر رودخانه، در نزدیکی روستای نصیرآباد شهرستان ورزقان واقع در هفتاد کیلومتری شمال شرق تبریز به وقوع پیوست. روستای نصیرآباد در اثر این حادثه خسارت عمده‌ای متحمل شد و بخش غربی روستا نسبت به بخش شرقی آن حدود ۴ متر، اختلاف ارتفاع پیدا کرد.

در این تحقیق، داده‌های زمین‌شناسی و عوامل ژئومورفولوژیکی مؤثر در ناپایداری این دامنه، مورد بررسی قرار گرفته و بر اساس داده‌های مورفومتری، نقشه پهنه‌بندی<sup>۱</sup> زمین لغزش و شناخت ویژگیهای کمی آن صورت گرفته است که با تحلیل مکانیسمهای فعال در حرکات توده‌ای مواد، طرحهای ایمنی جهت کنترل آن ارائه شده است.

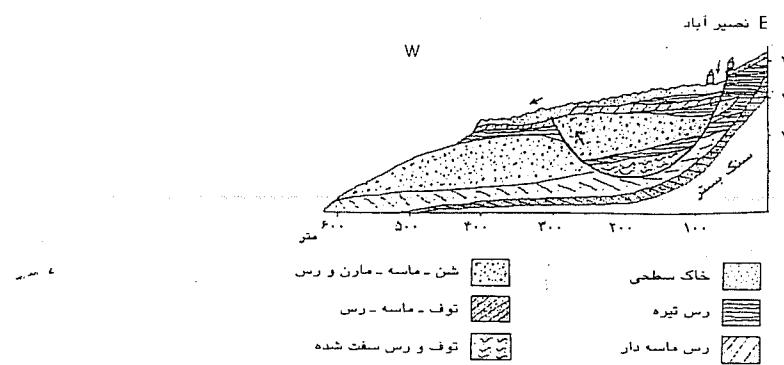
بررسیهای میدانی و داده‌های جمع‌آوری شده در رابطه با زمین‌شناسی، اقلیم، پوشش گیاهی، نوع خاک و کاربرد روشهای مورفومتری نشان می‌دهد که بارش‌های ناگهانی و شدید در منطقه و نفوذ آبهای سطحی در بالادست دامنه به داخل مواد نهشته‌ای از قبیل مارن، توف، رس ماسه‌دار و خامات زیاد نهشته‌های سطحی در روی دامنه‌های با شیب متوسط، علت اصلی وقوع رانش زمین بوده است.

کلید واژه‌ها: زمین لغزش، مورفومتری، ژئومورفولوژی، پهنه‌بندی، آذربایجان شرقی.

#### ۱- مقدمه

زمین لغزش نصیرآباد در ده کیلومتری شرق ورزقان در دامنه شمالی رشته کوه‌های ارسباران به وقوع پیوسته است و ارتفاع محل آن از سطح دریا ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متر است. با توجه به اظهارات ساکنان محل، این رویداد یک روز پس از بارندگی شدید اتفاق افتاد و از

۱. Zonation



شکل ۲ مقطع شماتیک لغزش نصیرآباد

## ۲- مواد و روشها

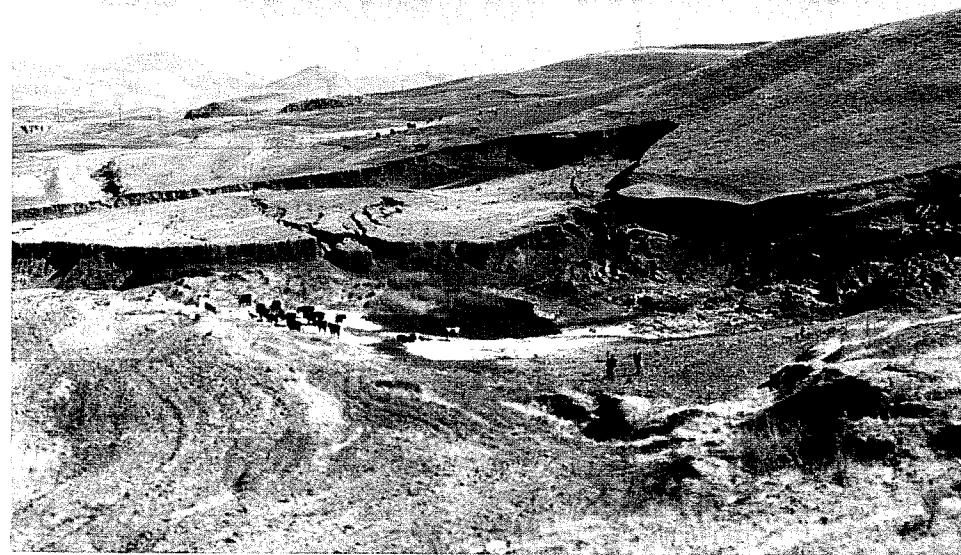
### ۱-۲- ویژگیهای محیطی منطقه

روستای نصیرآباد از توابع شهرستان ورزقان در دامنه‌های جنوبی رشته کوه‌های ارسباران واقع شده است و رویدخانه‌ای به همین نام از بخش غربی منطقه، وارد رویخانه اهرچای می‌شود. محل وقوع زمین‌لغزش ۱۹۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و از نظر توپوگرافی در واحد کوهستان مستقر شده است.

داده‌های ایستگاه اهر و تجزیه و تحلیل آنها (نزدیکترین ایستگاه هواشناسی به منطقه) نشان می‌دهد که میانگین سالیانه دما حدود  $10/2$  درجه سانتیگراد است. از این گذشته، میانگین دمای سه ماه از سال یعنی آذر، دی و بهمن زیر صفر بوده و زمستان سخت و سرمای زیاد در سه ماه از دوره سرد قابل توجه است. از طرف دیگر معدل حداقل دما در دوره سرد سال خیلی پایین است، به طوری که پنج ماه از سال میانگین حداقل دما زیر صفر درجه است، در نتیجه علاوه بر حاکم بودن توده‌های هوای سرد، موقعیت منطقه نیز یکی از علتهای اصلی سرمای شدید زمستان در این محل است؛ زیرا در زمستانها و به خصوص در شبها به علت ارتفاع قابل ملاحظه محل، شفافیت هوا و زمین پوشیده از برف، بازتاب حرارتی زیاد بوده و تعداد روزهای یخ‌bandan ۱۲۲ روز است.

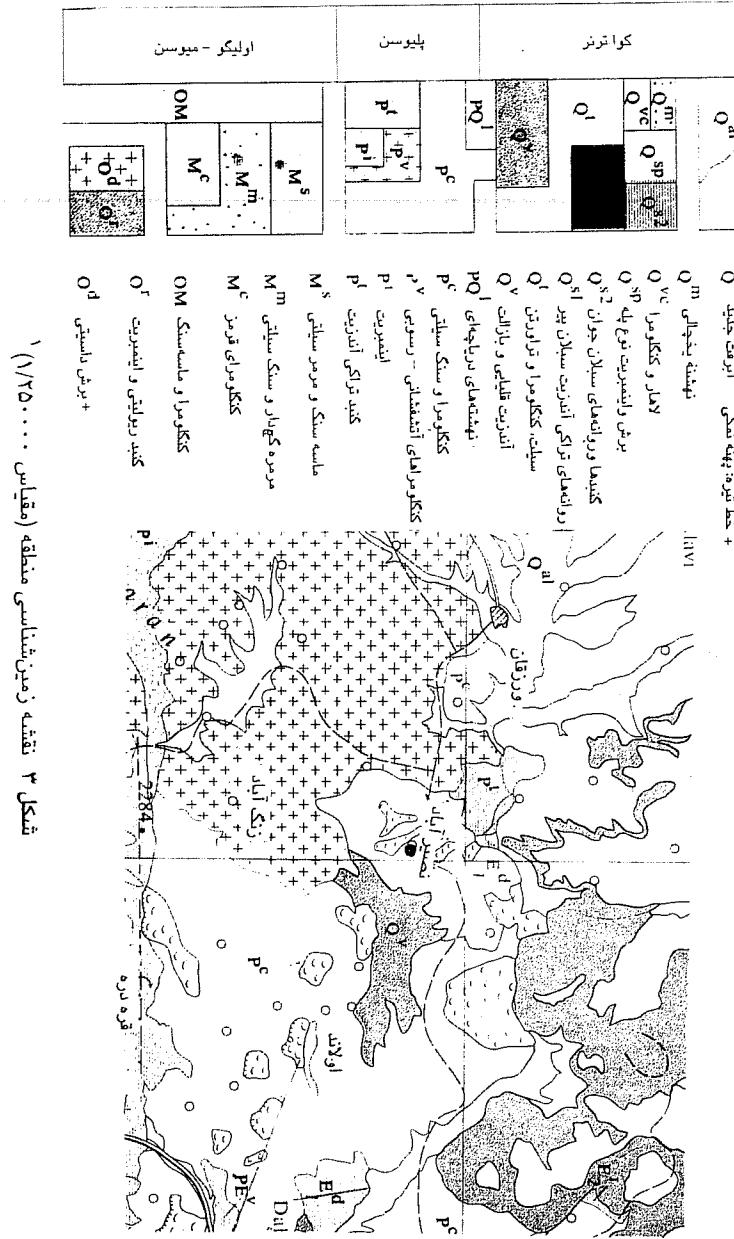
از آنجایی که بارش‌های جوی به صورت برف یا باران، نقش عمده‌ای در تحولات ژئومورفولوژیکی، مخصوصاً در وقوع حرکتهای توده‌ای دارند؛ شناخت ویژگیهای بارندگی

سال ۱۳۷۴ نظر متخصصان و مسئولان اجرایی استان را به خود جلب کرده است (شکل ۱).



شکل ۱ بخشی از روستای نصیرآباد که در اثر زمین‌لغزش خسارت دیده است

مواد تشکیل‌دهنده پوشش دامنه از عناصر حاصل از هوازدگی سنگها، رس ماسه‌دار مارن و توف است. دامنه‌هایی که از این مواد تشکیل شده‌اند به طور عمده ناپایدار هستند و نشانه‌های آن در سطح منطقه و داخل روستا مشهود است (شکل ۲). در بالا دست ناحیه لغزش یافته، شب تندی به ارتفاع ۴ تا ۱۵ متر و به طول ۱۵۰۰ متر در ارتفاع ۱۰۰ متر از بستر رویدخانه به وجود آمده است. امتداد این شب، شمالی - جنوبی است که با حرکت به طرف خط تقسیم آبها، بر خشونت آن افزوده می‌شود. با توجه به اینکه وقوع هر پدیده طبیعی به عواملی ارتباط دارد و زمین‌لغزش به عنوان یکی از بلایای طبیعی است که همه ساله خسارت‌های بسیار زیادی به اقتصاد و زندگی انسانها وارد می‌کند؛ این تحقیق قصد آن دارد که برای شناسایی و نشان‌دادن علتهای مذکور از روش‌های کمی استفاده کنند که در این رابطه در کشور ما کمتر کار شده است.



شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی منطقه (مقیاس ۱/۲۰۰۰۰)

۱. لازم به توضیع است که هنوز برای مؤلف منطقه نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰ تهیه نشده است.

در مطالعه محیط‌های طبیعی از اولویت برخوردار است. براساس آمار ۲۴ ساله باران‌سنگی ایستگاه اهر، مجموع متوسط بارندگی حدود ۲۲۷ میلیمتر است. مطالعات در مورد برف نشان می‌دهد اگر درجه حرارت در ایستگاه اهر حدود ۲ درجه سانتیگراد یا کمتر باشد، ریزش‌های جوی به صورت برف خواهد بود.

نتایج حاصل از بررسی‌های بارش و درجه حرارت نشان می‌دهد، میزان نیاز آبی در منطقه نسبتاً قابل ملاحظه است؛ زیرا کمبود آب (۲۶۸/۳۲ میلیمتر) در این منطقه بر میزان مازاد آب (۷۷/۰۹ میلیمتر) فزوئی دارد. نتیجه بیوکلیمایی براساس نوع اقلیمی حاصل از کاربرد روش‌های مختلف نشان می‌دهد منطقه از نظر شاخص رطوبی دارای نوع اقلیمی نیمه‌خشک و از نظر حرارتی دارای شرایط معتدل و از لحاظ شرایط خشکی دارای مازاد متوسط آب در زمستان است. از مجموع مطالب یاد شده، نتیجه حاصل نوع اقلیمی از نوع C<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, Wb<sub>6</sub> است.

با توجه به موارد مذکور می‌توان استنباط کرد، شرایط طبیعی منطقه فرصت کافی برای فعالیتهای مورفوژئی را ارائه می‌دهد؛ نوسانات درجه حرارت و بارندگی‌های ناشی از توده هوای مدیترانه‌ای زمینه مناسبی را برای پیدایش نهشته‌های سطحی ضخیم فراهم آورده است. حضور آب کافی در فصول مرطوب، ضخامت نهشته‌های سطحی و نفوذپذیربودن مواد آنها سطح لغزشی فعالی را در دامنه‌ها به وجود آورده است.

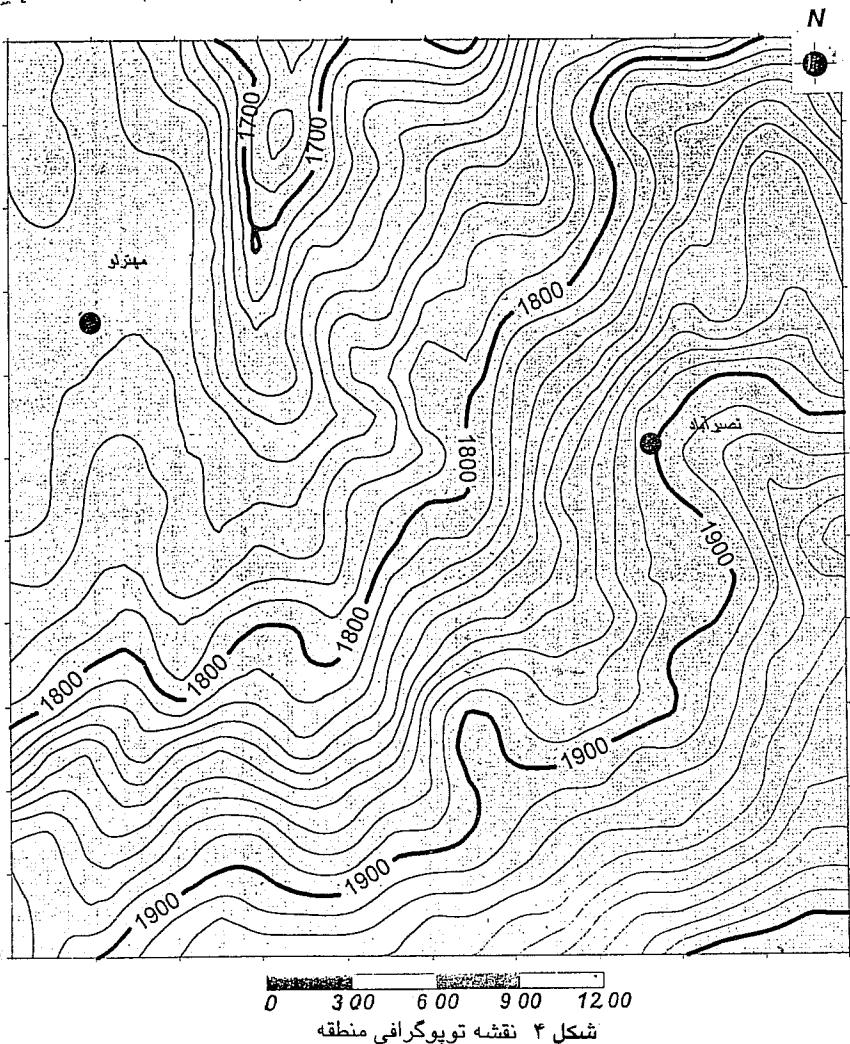
## ۲-۲-داده‌های زمین‌شناسی منطقه

ساختمار زمین‌شناسی این منطقه شامل واحد رسویی مارن، سیلت، کنگلومرا و کنگلومای ولکانوسیدیمانتری است که به اوخر دوران سوم (پلیوسن) و دوران چهارم تعلق دارد. نهشته‌های سطحی حاصل از تخریب سنگهای رسویی و مواد ولکانوسیدیمانتری از قبیل لاهار و توف به ضخامت چندین متر، سازنده‌ای زمین‌شناسی و سنگ بستر را مدفون کرده‌اند (شکل ۳).

رسوبهای آذرآواری به عمق چندین ده متر، شامل توفهای پومیسی<sup>۱</sup> به همراه ماسه‌سنگهای دارای چینه‌بندی به صورت میان لایه با کنگلومراهای فرسایش‌یافته از جنوب ورزقان تا ناحیه مورد مطالعه گسترش دارد و تکه‌های گرد شده از جنس تراکی آندزیت آمفیبولدار در این رسوبها دیده می‌شود. فعالیتهای آتشفشاری دوره پلیوسن به احتمال زیاد هم‌زمان با نهشته‌گذاری رسوبهای رودخانه‌ای است؛ زیرا وجود لایه‌های خاکستر آتشفشاری این نظریه را تأیید می‌کند [۱، صص ۱۳۰-۱].



۱/۵۰۰۰۰ بررسی شدند؛ سپس نقشهٔ پایه‌ای برای منطقهٔ تهیه شد و با استفاده از این نقشه، اطلاعات مورد نیاز استخراج و فایل داده‌های  $x$ ،  $y$ ،  $z$  در نرم‌افزار مذکور تشکیل شد. پس از تشکیل فایل داده‌ها اطلاعات به دست آمده از بررسیهای روی زمین (نقشه‌برداری محل فروافتاده<sup>۱</sup>) و شناساییهای محلی روی فایل تشکیل شده اعمال شد؛ سپس نقشهٔ توپوگرافی و بلوک دیاگرام منطقهٔ تهیه شد (شکل ۵ الف و ب) و بر اساس نقشهٔ توپوگرافی مذکور نیمرخهای توپوگرافی از مناطق لغزش یافته ترسیم شده‌اند (شکلهای ۴، ۵، ۶).



<sup>۱</sup> برای تهیه نقشهٔ توپوگرافی بعد از وقوع زمین‌لغزش، ابتدا اطلاعات موجود منطقه از طریق نقشه‌های توپوگرافی موجود به نرم‌افزار surfer منتقل و فایل داده‌ها تشکیل می‌شود؛ سپس مناطق لغزش یافته شناسایی شده است و زخمه ایجاد شده به وسیله زمین‌لغزشها نقشه‌برداری می‌شود. اطلاعات بدست آمده از نقشه‌برداری میزان افت دامنه را نشان می‌دهد و این میزان افت در روی فایل داده‌ها (براساس نقشهٔ توپوگرافی تشکیل شده) اعمال می‌شود و به این وسیله نقشه جدید و وضعیت موجود دامنه تولید می‌شود.

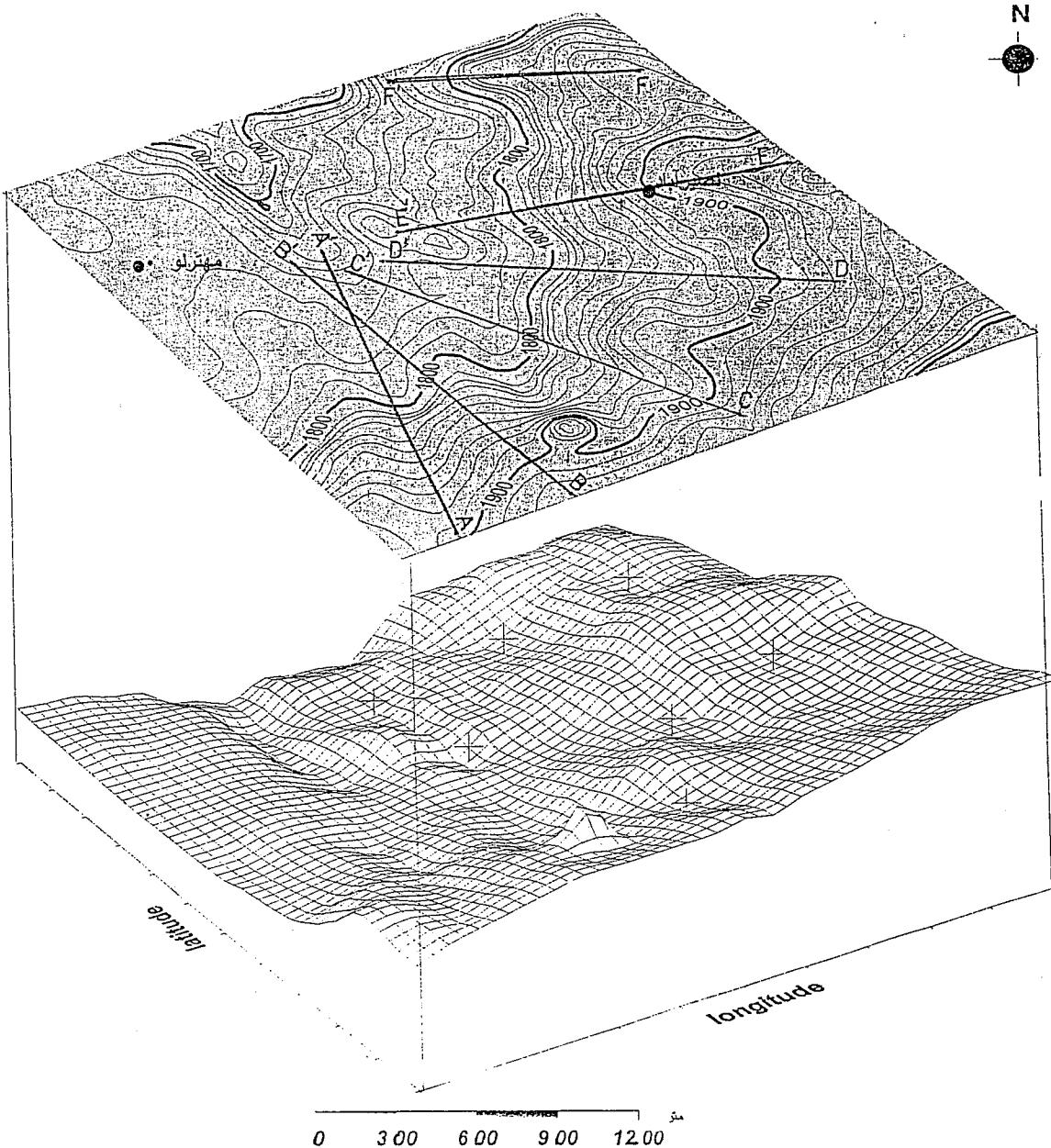
رسوبهای مارنی با رنگ قهوه‌ای روشون بدون لایه‌بندی و با ضخامت زیاد در منطقه مشاهده می‌شود. لایه‌های سیلتی در این واحد به صورت پراکنده به رنگ خاکستری روشون بدون لایه‌بندی یا با لایه‌بندی ضعیف و با ضخامت زیاد همراه با مارنها هستند. این رسوبها با وسعت زیاد روی سنگهای الیگومن، به صورت هم‌شیب و در زیر سنگهای تراکیتی قرار گرفته‌اند. سنگهای تراکی آندزیتی با وسعت کم به صورت هم‌شیب روی واحد رسوبی مارن - سیلت قرار گرفته است. این سنگها با رنگ قهوه‌ای و خاکستری ارتفاعات منفردی را تشکیل می‌دهند. وجود قطعاتی از این سنگها در داخل بخش پایین رسوبات کنگلومرایی، بیانگر جوان‌بودن رسوبهای کنگلومرایی نسبت به سنگهای تراکیتی است.

کنگلومراهای منطقه با رنگ خاکستری دارای دانه‌بندی خوب بوده؛ سیمان آنها آهکی - مارنی است و عناصر آن به طور عمده از سنگهای آتش‌شکنی است. این واحد رسوبی از استحکام بیشتری برخوردار بوده و شبیه تنگی را در اطراف رویخانه نصیرآباد به وجود آورده است. لایه‌های مارنی با رنگ قهوه‌ای روشون تا خاکستری با لایه‌بندی نازک به همراه لایه‌های سیلتی خاکستری به صورت متناوب و محدود (تا ضخامت حدود ۱ متر) در داخل کنگلومرا قرار گرفته و سنگهای سیلتی زرد تا قهوه‌ای رنگ که دارای میان لایه‌های کوچکی روی سطح هموار رسوبات بادبزنی کواترنری بروندز قرار دارند و به ردیف پلیستوسن متعلق هستند.

### ۲-۳- تحلیلهای مورفومتری

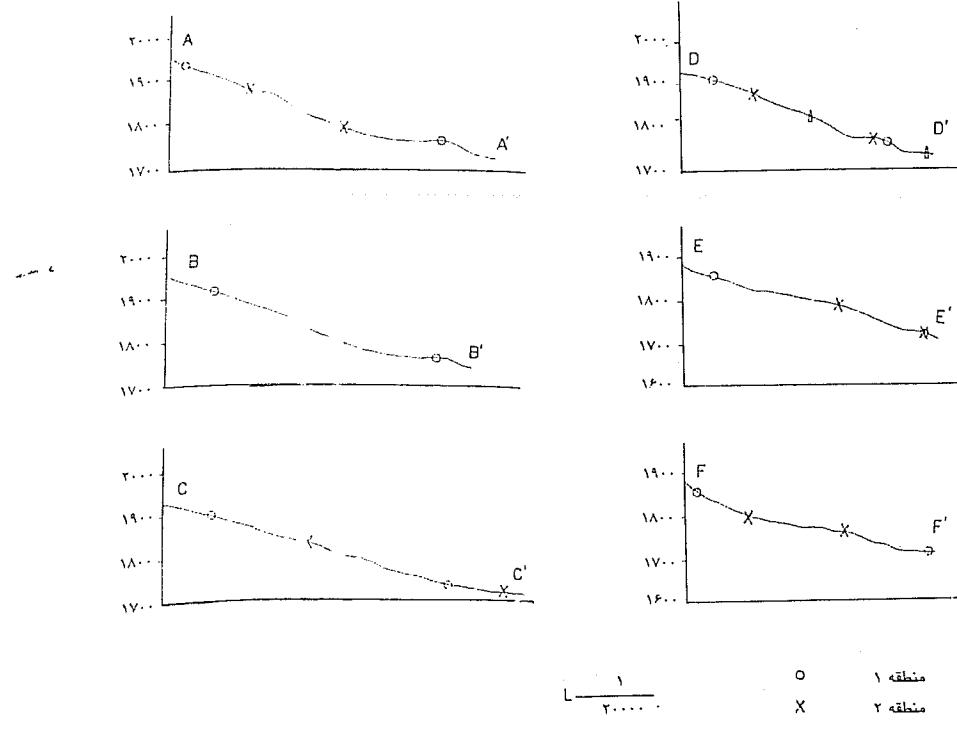
مطالعه حرکات توده‌ای دامنه‌ها به طور اعم و لغزش به طور اخص به دانش ژئومورفولوژی مربوط است. در این رابطه شکل لغزش، مشخص کنندهٔ فرایندهایی است که به طور مداوم یا متناوب چهره زمین را تغییر شکل می‌دهند [۲، صص ۱۴۹-۱۶۴]. به این ترتیب برای مطالعه و بررسی کمی لغزشها و حرکتهای توده‌ای، شناخت مورفولوژی منطقه لغزش یافته، ضرورت دارد. برای تحقیق این امر نقشهٔ توپوگرافی منطقه لغزش یافته در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ از نقشه توپوگرافی مقیاس ۱/۵۰۰۰ استخراج و ترسیم شده است (شکل ۴). از آنجایی که نقشه توپوگرافی بعد از وقوع لغزش برای منطقه وجود ندارد و نقشه‌های موجود مربوط به سالهای قلی از وقوع لغزش است، به این دلیل برای تهیه نقشهٔ توپوگرافی بعد از وقوع لغزش از نرم‌افزار surfer استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا نقشه‌های توپوگرافی موجود به مقیاس

<sup>۱</sup> یک نرم‌افزار خارجی است که مربوط به توپوگرافی می‌باشد.



شکل ۵-الف نقشه توپوگرافی منطقه بعد از وقوع لغزش

شکل ۵-ب بلوك دیاگرام منطقه لغزش یافته که زخمه لغزشها در آن مشخص شده است



شکل ۶ نیمروختهای توپوگرافی ترسیم شده از منطقه لغزش

منطقه لغزش یافته در کناره راست رودخانه، قرار دارد که رسوبهای مارن، سیلت و توفهای آتشفسانی شکل گرفته است. این رسوبها به صورت غیرمتراکم و بدون لایه‌بندی مشخص شده‌اند و با ضخامت قابل توجهی در بخش مرکزی، جنوب و جنوب‌شرق منطقه دیده می‌شوند. تغییر در گرادیان شبیب دامنه‌ها، نفوذپذیری نهشته‌های سطحی و حفر پای دامنه‌ها به وسیله آبهای جاری باعث افزایش نیروی ثقل مؤثر در لغزش شده است و با توجه به ثقلی بودن لغزشها، نقش مورفولوژی دامنه‌ها در گسیختگی آنها بهتر نمایان می‌شود. جهت حرکت زمین لغزش‌های منطقه، همجهت با شبیب توپوگرافی دامنه‌ها بوده و افزایش و تغییر شبیب، به طور طبیعی یا به دست انسان باعث تسريع حرکتهای توده‌ای شده است.

نیمرخهای دره‌های واقع در بخش جنوبی منطقه (AA' و BB') دارای شکل مستقیم در بالادست، مقعر در میانه و برآمده در پایین دست هستند که نشانه وجود زخم‌های لغزش در میانه دامنه‌ها و انباشت مواد لغزش‌یافته در دره هستند. نیمرخهای منطقه مرکزی (CC' و DD') در بالادست مستقیم و در بخش میانی برآمده؛ در پایین دست مقعر هستند. برآمدگی قسمت میانی ممکن است به علت تراکم مواد آواری باشد، در این منطقه شکافهای زیادی روی دامنه وجود دارد. نیمرخهای منطقه شمالی (EE' و FF') در قسمت بالادست دارای شکل مقعر و محدب هستند و برآمدگی میانی آنها به علت تراکم مواد کوهرفتی است که به شدت ناپایدار هستند. نیمرخ موجی شکل نشانگر منطقه نفوذ زیاد آبهای سطحی و فعالیت شدید فرسایش است.

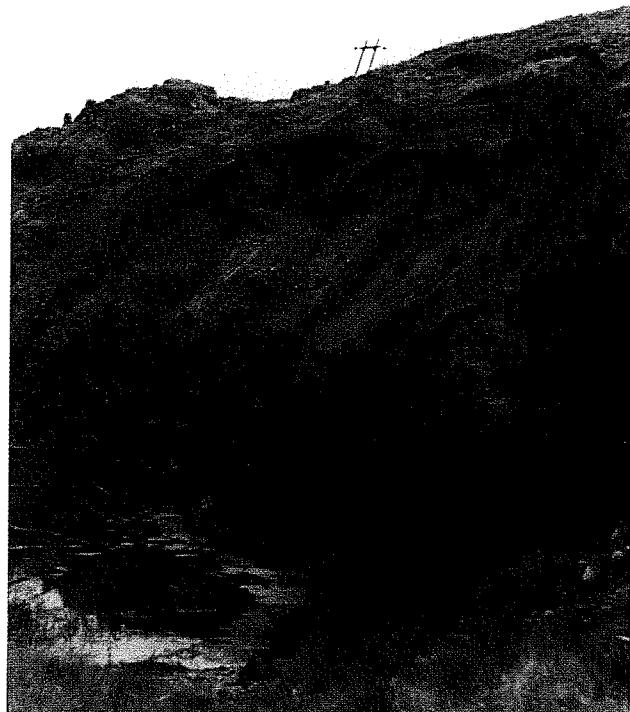
#### ۴-۲- تحلیلهای مورفومتری منطقه لغزش یافته

حرکتهای توده‌ای یکی از فرایندهای عمدۀ شکل‌دهنده دامنه‌ها هستند. برای درک دینامیک و فرایند این حرکتها، شناخت نوع، اندازه، فراوانی وقوع آنها و اینکه کدام شرایط ژئومورفولوژیکی برای وقوع آنها مناسب است؛ ضرورت دارد [۲، صص ۱۴۹-۱۶۴]. بر اساس مشخصه‌های مورفومتری از جمله: شکل سطح لغزش، شکل برش مقطعی، طول، عمق، پهنا و نسبت هر یک از آنها به همیگر و با توجه به مکانیسمهای فعال در لغزش و کیفیت مواد لغزش‌یافته، می‌توان تقسیم‌بندی کرد. مثلاً لغزش‌های قائم، قاشقی شکل، صفحه‌ای، اسلامپ<sup>۱</sup>، چرخشی و غیره [۳، صص ۳-۶؛ ۴، صص ۷۸-۱۰۱؛ ۵، صص ۶۶-۷۷؛ ۶، صص ۳۶۳-۴۱۸؛ ۷، صص ۴۵-۵۵]. بنابراین ویژگیهای طبیعی توده لغزش‌یافته و دینامیک فرایند لغزش را می‌توان با استفاده از داده‌های مورفومتری توده لغزش‌یافته مورد آزمایش قرار داده و مدل‌بندی کرد.

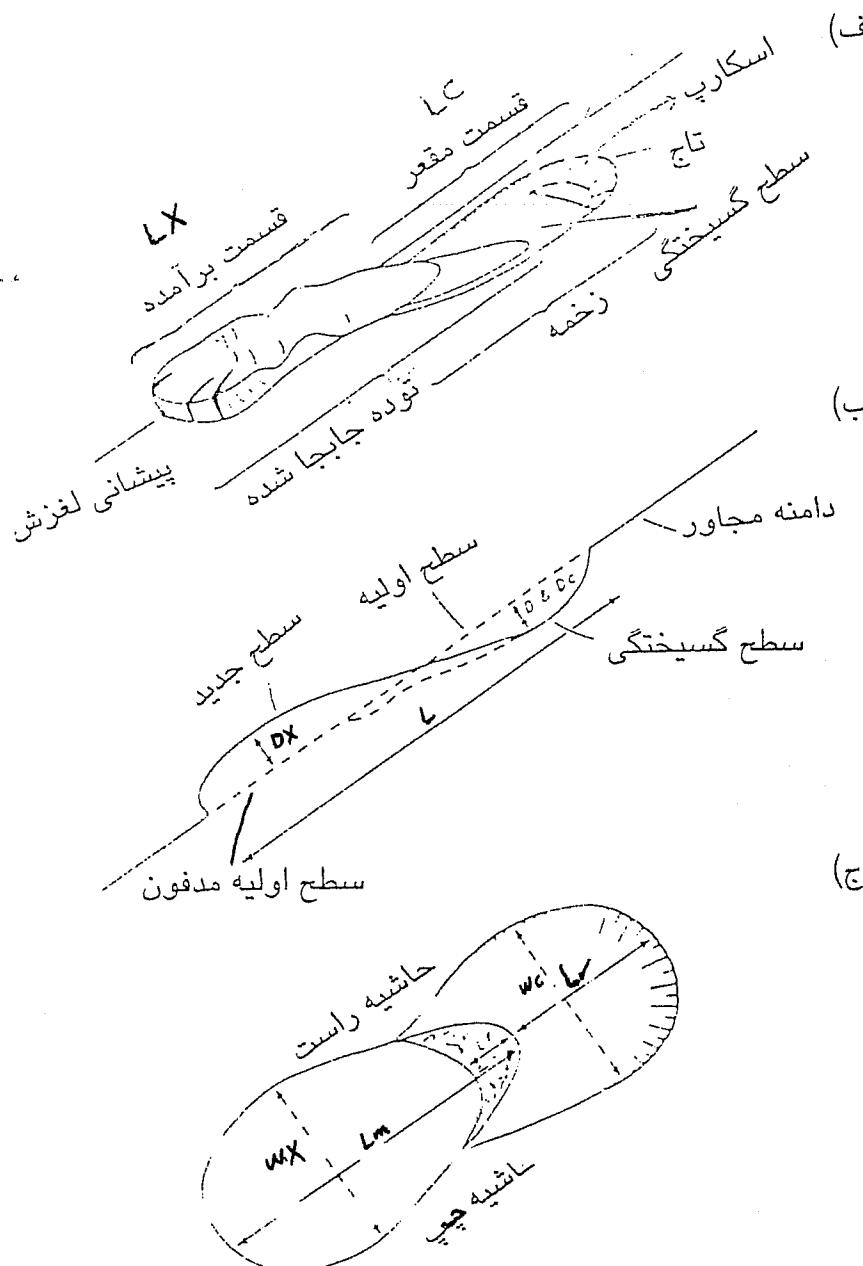
روش بهکار گرفته شده در این تحقیق برای تحلیل مورفومتری لغزشها، شامل شش شاخص است (جدول ۱) و هر شاخص با استفاده از رابطه معینی (جدول ۲)، فرایندهای مؤثر در شکل لغزشها را ارائه می‌کند. مشخصات لغزشها در امتداد نیمرخهای AA', CC', DD', EE', FF'، شکل ۶ نیز در اینجا آورده شده است (شکل ۸). نیمرخهای ترسیم شده در امتداد لغزش با توجه به نوسانی که نسبت به شبیه دامنه دارند به بخش‌های مختلف تقسیم شده‌اند و شاخصهای مورفومتری برای هریک از این مناطق مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۶).

۱. Slope

دیوارهای طولانی با امتداد شمالی - جنوبی در روی دامنه وجود دارد که با حرکت از سمت شمال به جنوب ارتفاع آن افزایش پیدا می‌کند. دیواره دامنه‌ها در پایین دست معمولاً دارای شبیه متوسط تا زیاد بوده که شبکه‌هایی از شکافهای طولی و متقاطع سطح آنها را بریده است (شکل ۷). آبراهه‌هایی کوچک در سطح دامنه‌ها وجود دارند که آبهای حاصل از پارش بارانهای فصلی و ذوب برفها در این آبراهه‌ها جریان می‌یابند. این مجراهای کوچک در فصول پرآبی دارای آب زیادی هستند و با زاویه بیش از ۴۰ درجه رودخانه اصلی را قطع می‌کنند. استقرار این نوع از شبکه‌آبها در سطح دامنه‌ها در موقع بارندگیهای شدید سبب شده است که مواد لغزش‌یافته در انتهای دامنه به وسیله آبهای مذکور شسته شده و به داخل درۀ اصلی منتقل شوند. این عمل سبب تشدید فرسایش پای دامنه و در نهایت به ناپایداری مجدد آنها منجر شده است.



شکل ۷. شکافهای حاصل از لغزش در سطح دامنه



شکل ۸ مورفولوژی لغزش و نحوه اندازه‌گیری ابعاد آن برای محاسبه شاخصهای مورفومتری [۸، ص ۲۵۱].

جدول ۱ شاخصهای مورفومتری لغزشها [۸، ص ۲۵۱]

شاخص	نشانه	رابطه
طبقه‌بندی	CI	D/L*100
انبساط	DI	WX/WC
جریان	FI	(WX/WC)LM/LC*100
جابه‌جایی	DT. I	LR/LC
جريان ویسکوز	VI	LF/DC
نازک شدگی	TI	LM/LC

جدول ۲ شرح روابط شاخصهای مورفومتری<sup>۱</sup>

مفهوم	ابعاد	
حداکثر پهنای لغزش که عمود به طول لغزش است	عرض توده جابه‌جا شده (WX)	۱
حداکثر پهنای بین حاشیه‌های لغزش عمود به (L)	عرض بخش فروافتاده (WC)	۲
حداقل فاصله بین تاج و انتهای لغزش	طول کل (L)	۳
طول توده جابه‌جا شده	(Lm)	۴
حداقل فاصله بین پیشانی تا اوچگاه لغزش	طول سطح گسیخته (Lf)	۵
حداکثر عمق توده جابه‌جا شده	عمق توده جابه‌جا شده (Dd)	۶
حداکثر عمق سطح گسیخته زیر سطح اولیه دامنه	عمق سطح گسیخته (Dr)	۷
طول سطحی که گسیختگی در آن مشخص است	گسیختگی مشخص (Lf)	۸
طول زخم‌های که در اثر لغزش در دامنه ایجاد می‌شود	طول بخش فروافتاده (LC)	۹

<sup>۱</sup>. به جدول ۲ مراجعه شود.

شاخصهای محاسبه شده برای لغزش نصیرآباد و شاخصهای مورفومتری محاسبه شده برای لغزشها بزرگ مقیاس توسط کروزیر به منظور تعیین گروه فرایند با هم مقایسه شده‌اند [۴، صص ۷۸-۱۰۱]، (جدول ۴). پس از این مرحله مشخص شد که روند نیمرخهای بخش جنوبی ناحیه لغزش یافته (AA', BB', CC') نشان می‌دهد که فرایند لغزش در منطقه بالا دست نیمرخ به طور عمده از نوع اسلامپ است، در حالی که در بخش میانی و پایین دست، فرایند لغزش به وسیله جریان سیال (نیمرخ FF) یا فرایند چرخشی توسعه یافته است. تغییر فرایند لغزش در بخش‌های میانی و پایین دست به علت انتباشت آبهای نفوذ یافته، در پایین دست دامنه است. نیمرخهای منطقه مرکزی و شمالی FF، EE' در بالا دست و قسمت میانی و پایین دست فرایند لغزش از نوع اسلامپ است. با بررسی الگوی نیمرخها و تجزیه و تحلیل شاخصهای مورفومتری مشخص می‌شود سه نوع فرایند در مناطق مختلف ناحیه لغزش یافته، وجود دارد.

جدول ۴ مقادیر محاسبه شده برای لغزشها بزرگ و متوسط [۸، ص ۲۵۱]

گروه فرایند			شاخص
جریان سیال	لغزش جریانی	لغزش چرخشی	
M۱/۴۷ ۸۱/۰۰	۴/۹۸ ۸۱/۹۵	M۲۴/۲۲ ۸۱۹/۲۸	طبقه‌بندی
M۰/۸۹ ۸۰/۴۱	M۰/۹۴ ۸۰/۱۹	M۰/۹۹ ۸۰/۱۰	
M۲/۳۲ ۸۱/۹۴	M۰/۲۰ ۸۳/۰۷	M۱۳/۱۹ ۸۲۴/۱۵	انبساط
M۵۶/۰۶ ۸۲۰/۸۷	M۵۶/۸۹ ۸۲۰/۴۷	M۶۸/۱۰ ۸۱۲/۰۳	
نازک شدگی			جابه‌جایی
M۰/۰۶ ۸۰/۰۷			

هر گروه از فرایندها که براساس شاخصهای طبقه‌بندی، انبساط و نازک شدگی تعیین شده، ماهیت اشکال ناهمواریها و احتمالاً نحوه گسینختگی ایجاد شده در افقهای مختلف ناحیه لغزش را نشان می‌دهد. با توجه به موارد مذکور، نقشه پهن‌بندی لغزش و تعیین درجه ناپایداری مقدور است. برای این منظور از شاخص مورفومتری دیگری به نام شاخص جابه‌جایی استفاده شده است. اگرچه مقدار جابه‌جایی مواد در روی دامنه رابطه مستقیمی با فرایند وجود آور ندارد اما این شاخص در تعیین ناپایداری از اهمیت خاصی برخوردار

مقادیر شاخصهای مورفومتری محاسبه شده برای مناطق مختلف نیمرخها به منظور شناخت ویژگیها و دینامیک لغزشها، کاملاً جنبه کاربردی دارد زیرا با این روش فرایندهای مؤثر در این لغزشها قابل شناسایی است (جدول ۳ و شکل ۶). نتایج بدست آمده در ستون ۴ جدول ۳ نشان می‌دهد که لغزش‌های منطقه از عمق زیادی برخوردار نیستند. در این رابطه دو فرض قابل طرح است: فرض اول اینکه ضخامت کم لغزشها ناشی از روان بودن مواد آنهاست و دوم اینکه شبیه دامنه‌ها و فرایند نهشته شدن مواد، عامل مؤثر است. در رابطه با فرض اول باید گفت که ارقام بدست آمده برای شاخص جریان (FI) خیلی بزرگ هستند و بزرگی ارقام بیانگر جریانی نبودن این مواد است. از طرفی شاخص انبساط که نشان‌دهنده گسترش جانبی مواد است و هر قدر مواد روانتر باشند مقدار شاخص بالاست، اما در مورد لغزش نصیرآباد عکس قضیه صادق است و هیچ گونه گسترش جانبی در توده جابه‌جا شده مشاهده نمی‌شود و با توجه به موارد مذکور فرض اول مردود است.

جدول ۳ مقدار شاخصهای مورفومتری محاسبه شده برای لغزشها نصیرآباد

درجه ناپایداری	نوع	فرایند	TI	VF.I	DT.I	EI	DI	CI	منطقه	نیمرخ
بالا	اسلامپ	SF	۱/۲۶	۱۲/۵	۱۳/۷	۱۱۲	۰/۸۵	۲/۴۵	I	AA'
	جریان آوار	RS	۱/۷۲	۶/۶۹	۲۴/۲	۱۲۱	۰/۹۱	۲/۲۰	II	
خیلی بالا	اسلامپ	SF	۲/۲۲	۲۹/۴	۳۵/۴	۱۱۸	۰/۵۹	۵/۱۶	I	BB'
	اسلامپ	RS	۰/۷۴	۱/۹۱	۲۸/۵	۶۲/۱	۰/۸۴	۱۰	I	
خیلی بالا	جریان کلی	FF	۰/۶۸	۷/۷۱	۸۰	۹۹/۵	۱/۴۶	۱۸/۹	II	CC'
	آواری	FF	۱/۷۵	۲/۲۴	۴۲/۵	۲۱۵	۱/۲۲	۸/۱۸	I	
خیلی بالا	اسلامپ	SF	۱/۳۷	۷/۰۶	۵۱/۷	۱۰۰	۰/۷۳	۵/۱۶	II	DD'
	اسلامپ پایین	SF	۰/۶۶	۲/۶۶	۶۲/۳	۷۰/۵	۱/۰۶	۲۸	I	
بالا	آواری	RS	۱/۶۲	۱۲/۵	۱۴/۷	۱۰۹	۰/۰۹	۲/۵۴	II	EE'
	اسلامپ پایین	RS	۰/۷۱	۷/۹۲	۷۱/۴	۵۰/۶	۰/۷۱	۱۱/۲	I	
متوسط	کلی	RS	۱/۵	۱۴/۳	۴۵/۲	۹۲/۲	۱/۹۰	۱/۸۷	II	FF'

TI = شاخص نازک شدگی  
VF.I = شاخص جریان ویسکوز  
FI = شاخص جریان  
DI = شاخص انبساط  
CI = شاخص طبقه‌بندی  
DT = شاخص جابه‌جایی

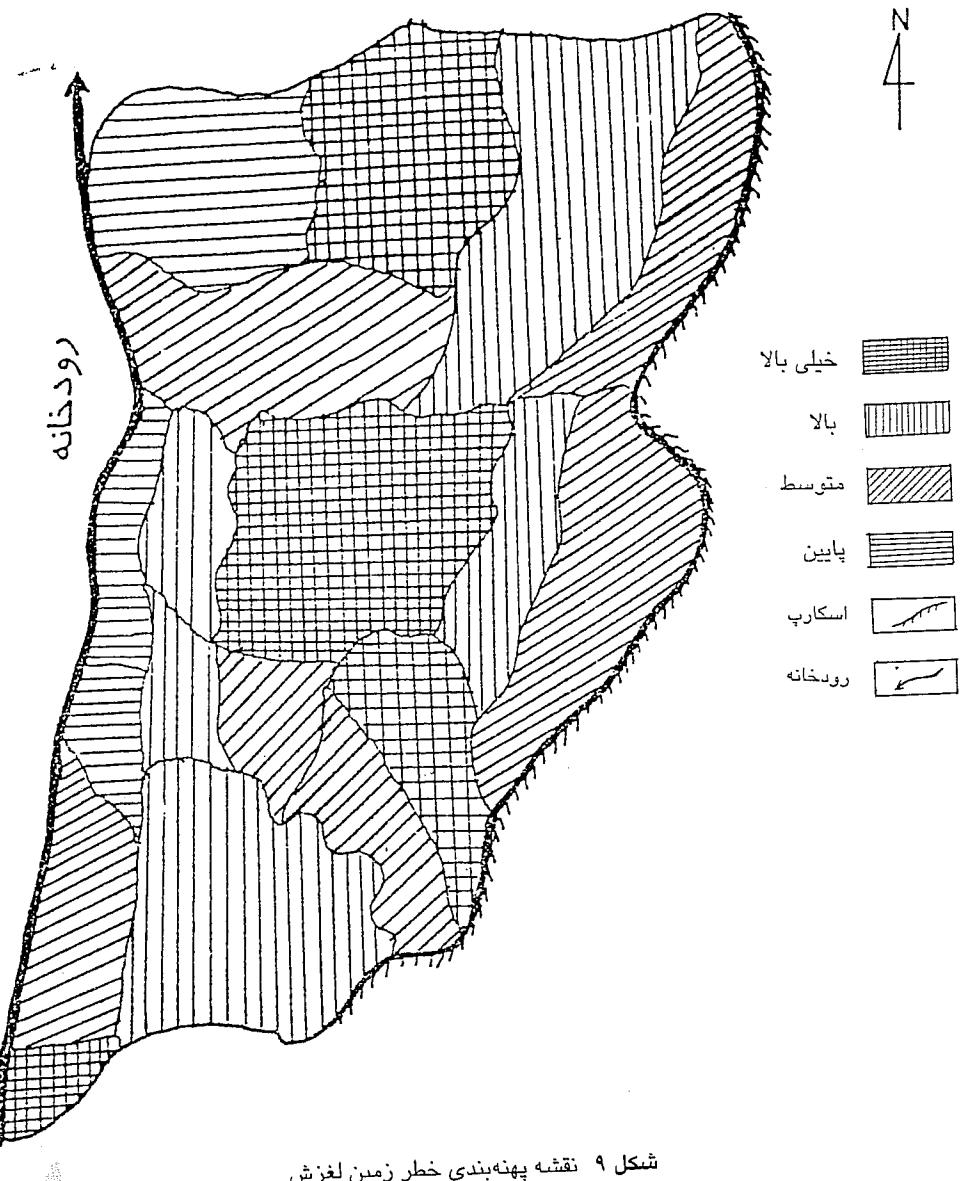
است [۹، صص ۱۰۳-۱۴۲]. چنین تفسیری بر این فرض استوار است که هر ماده باقیمانده در زخمه لغزش به طور بالقوه ناپایدار خواهد بود و اگر مواد زیادی در این منطقه باقی بماند امکان تجدید حرکت وجود خواهد داشت. با افزایش مقدار مواد ناپایدار، مقدار طول زخمه لغزش ( $L_r$ ) کاهش می‌یابد، بنابراین نسبت  $LC/LR$  نیز باید کاهش یابد. مقدار ۱۰۰ درصد برای نسبت مذکور نشانگر ثبات در منطقه است و آن زمانی است که تمام مواد جابه‌جا شده از زخمه لغزش خارج شوند.

در حرکتشناسی زمین‌لغزشها و شناخت میزان ناپایداری آنها، محاسبه میزان جابه‌جایی توده‌های لغزش یافته در سطح دامنه ضرورت دارد. برای این منظور از شاخص جابه‌جایی استفاده می‌شود. روشی که کروزیر [۸، ص ۲۵۱] برای مورفومتری زمین‌لغزشها ارائه داده، از شاخصهای جابه‌جایی و طبقه‌بندی به عنوان فاکتور اطمینان استفاده کرده است. در پژوهش حاضر نیز با استفاده از شاخص طبقه‌بندی لغزش‌های منطقه گروه‌بندی شده (جدول ۳) و سپس براساس شاخص جابه‌جایی زمین‌لغزشها (جدولهای ۱ و ۲ و ۳) میزان ناپایداری دامنه‌ها تعیین شده است. میانگین و انحراف معیار میزان جابه‌جایی یک زمین‌لغزش در گروه مربوطه محاسبه و براساس جدولهای ۴ و ۵، درجه ناپایداری آن مشخص شده است. در نهایت با استفاده از جدولهای ۳، ۴، ۵ و تلفیق نتایج آنها، نقشه پهن‌بندی منطقه ترسیم شده است.

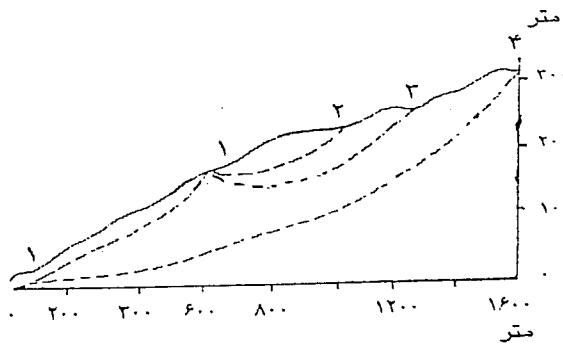
جدول ۵ درجه ناپایداری برای پهن‌بندی خطر زمین‌لغزش‌های منطقه

درجه ناپایداری	شاخص تعیین
خیلی بالا	مقدار جابه‌جایی $M - \delta$
بالا	مقدار جابه‌جایی بین $\delta - 25\% M$ و $25\% M + \delta$
متوسط	مقدار جابه‌جایی بین $25\% M + \delta$
پایین	مقدار جابه‌جایی بین $(M + \delta)$ و $M + 25\% \delta$
خیلی پایین	مقدار جابه‌جایی $< \delta$

براساس میانگین و انحراف معیار محاسبه شده برای شاخص جابه‌جایی در جدول ۳ و مقادیر محاسبه شده برای شاخص جابه‌جایی لغزش نصیرآباد، گروههای مختلف ناپایداری تشخیص داده شده است. با استفاده از محاسبات به عمل آمده، درجه برای ناپایداری منطقه تعیین شده است (جدول ۵) که در ردیف ۱۲ جدول ۳ درجه‌های ناپایداری منطقه تعیین شده است. مقادیر به دست آمده برای شاخص جابه‌جایی لغزش نصیرآباد نشان می‌دهد که به غیر



یافته و فرسایش پای دامنه داشته باشد، این فرایند تشدید می‌شود و تعداد گسیختگی و ابعاد آنها در سطح دامنه‌ها چشمگیر خواهد بود. در حال حاضر مواد حاصل از لغزش در داخل دره انباشته شده، باعث انسداد آن شده است و امکان دارد در فصل بهار با پرآب شدن رودخانه این مواد حمل شده، ناپایداری دامنه‌ها شدت پیدا کند.



شکل ۱۰ برش مقطعی دامنه که نشانگر مکانیسم لغزش در روستای نصیرآباد است

بررسیهای آزمایشگاهی روی مواد دامنه نشان می‌دهد که میزان پیوستگی مواد  $C=0.025$  و زاویه اصطکاک داخلی  $\theta=21^\circ$  است. تنش عمودی به طور متوسط  $1/5$  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و میانگین تنش برشی  $1/52$  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تراکم مواد به طور متوسط  $1/67$  گرم بر سانتیمتر مکعب محاسبه شده است [۱۱ و ۱۲]. این شاخصهای ژئوتکنیکی نشان می‌دهند که دامنه‌ها وضعیت ناپایداری دارند و نیروهای برشی، قویتر از نیروهای مقاومتی هستند.

### ۳- نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از محاسبه شاخصهای مورفومتری، مشاهدات میدانی، نتایج آزمایشگاهی و شرایط خاص زمین‌شناسی منطقه حاکی از آن است که منطقه نصیرآباد از ناپایداری بالایی برخوردار است. با توجه به شاخص جابه‌جایی می‌توان نتیجه گرفت مواد لغزش‌یافته هنوز در روی دامنه مستقر هستند و به طور کامل تخلیه نشده‌اند و هر لحظه امکان حرکت مواد در

### ۵- مکانیسم لغزش‌های منطقه

اگرچه وقوع لغزش در منطقه نصیرآباد در کل به وسیله شدت و میزان بارش کنترل می‌شود، با وجود این تقاضاهای محلی و ناحیه‌ای در ابعاد لغزشها نیز مؤثر هستند. برخی شرایط از قبیل توپوگرافی، ساختار زمین‌شناسی، عوامل مورفولوژی، پوشش گیاهی و عوامل اقلیم نیز بسیار تأثیر دارند. اوهری و همکاران وی بر اساس تجزیه و تحلیل متغیرهای از قبیل ناهمواری، شبیب، نوع دامنه، ساختار زمین‌شناسی و پوشش گیاهی به این نتیجه رسیده‌اند که عامل ناهمواری و گرادیان شبیب، متناسب با وضعیت اقلیم منطقه از عوامل اصلی ناپایداری محسوب می‌شوند. به این ترتیب شرایط مکانی مطلوب برای وقوع لغزشها از طریق روش‌های مورفومتری قابل تشخیص است [۱۰، صص ۱-۱۶].

به علت بارندگیهای شدید، نفوذپذیری عناصر تشکیل‌دهنده دامنه‌ها، عمق مواد پوشش دامنه‌ای و انرژی زیاد ناهمواریها، لغزش‌های بزرگی اتفاق می‌افتد و شاخصهای مورفومتری محاسبه شده نشان می‌دهند که لغزش‌های منطقه نصیرآباد از نوع لغزش‌های چرخشی، صفحه‌ای و جریانی هستند. مواد تشکیل‌دهنده این لغزشها به طور عمدۀ شامل سنگهای هوازده، رس ماسه‌دار، توف، مارن و کنگلومرای تخریب شده است. این نهشته‌ها متناسب با شبیب دامنه‌ها در روی آنها مستقر شده‌اند و به این ترتیب دارای لایه‌بندی و آرایش خاصی هستند. ضخامت زیاد این نهشته‌ها سبب شده است که لغزش در روی این لایه‌ها اتفاق افتاد و سنگ بستر در عمق بیش از ۳۰ متر قرار دارد. ترکیب عناصر تشکیل دهنده این لایه‌ها در مقابل عوامل محرك، واکنش متقاضی نشان می‌دهد. بخشی از دامنه که به بستر رودخانه نزدیکتر است از ضربی اطمینان بیشتری برخوردار بوده و مقاومت برشی آن زیاد است. در بعضی مواقع این ضربی اطمینان نزدیک به یک هم می‌تواند باشد. به این معنا که اگر شستشوی پای دامنه به وسیله آبهای جاری اتفاق نیفتد، به علت پایین بودن نیروی نقل در این بخش از دامنه حرکتی صورت نخواهد گرفت و مواد بالادست دامنه به روی این بخش خواهد غلظید.

به علت بارندگیهای شدید و نفوذ آبهای سطحی به داخل نهشته‌های توف، مارن و رس ماسه‌دار، مقاومت برشی دامنه‌ها کاهش یافته و در نتیجه مواد موجود در روی دامنه به طرف بستر رودخانه هدایت شده است که با علامت ۱-۱ نشان داده شده است. ناپایدار شدن این بخش از دامنه ممکن است مواد لایه‌های بعدی را نیز ناپایدار کند و این عامل، باعث انباشته شدن مواد در بستر رودخانه می‌شود. به این ترتیب دامنه در بخش‌های ۲، ۳، ۴ و تا آخر گسیخته خواهد شد (شکل ۱۰). اگر دره پایین دست لغزشها، آب کافی برای حمل مواد لغزش

- [۱۱] رضی‌زاده، فیروز؛ گزارش مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی اراضی نصیرآباد؛ ج دوم، مطالعات ۱ ژئوتکنیکی؛ استانداری آذربایجان شرقی، ۱۳۶۷.
- [۱۲] رضی‌زاده، فیروز؛ گزارش مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی اراضی نصیرآباد؛ ج اول، مطالعات زمین‌شناسی، استانداری آذربایجان شرقی، ۱۳۶۷.

روی دامنه وجود دارد. شاخصهای انبساط، نازک‌شدنگی و سیالیت نشانگر کم‌ضخامت بودن لغزش‌های منطقه است و ضخامت کم باعث شده است که لغزشها اکثرًا به صورت صفحه‌ای یا چرخشی حرکت کنند. نفوذ آبهای سطحی در بالادست دامنه به داخل مواد نهشته‌شده از قبیل، مارن، توف، رس ماسه‌دار و شبیب زیاد دامنه‌ها عامل اصلی وقوع لغزشها در منطقه محسوب می‌شوند.

به علت وسعت زیاد منطقه لغزش‌یافته، بهترین روش برای مقابله با خطرات احتمالی لغزش، تغییر محل روستای نصیرآباد است چون کل روستا در روی دامنه ناپایدار مستقر شده است؛ تغییر مکان روستا اگرچه پیامدهای اجتماعی و اقتصادی خواهد داشت ولی با صرفه‌ترین روش و طرح برای جلوگیری از خطرات جانی زمین‌لغزش در منطقه است.

#### ۴- منابع

- [۱] باباخانی و همکاران؛ شرح نقشه زمین‌شناسی چهارگوش اهر؛ سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۶۹.
- [2] Ohmori, H. & Sugai T.; Toward geomorphometric models for estimating landslide dynamics and forecasting landslide occurrence in Japanese Mountains, Z. Geomorph, N. F. Suppl. Bd. 101, 1995.
- [3] Watari, M.; Some problems for slope failure, Soil and Foundation. 26(6); 1971.
- [4] Crozier, M. J.; Techniques for the morphometric analysis of landslips, Z. Geomorph, N. F. 17, 1973.
- [5] Blong, R. J.; Relationship between morphometric attributes of landslides, Z. Geomorph, N. F. , Suppl, 18, 1973.
- [6] Brunsden, D.; Mudslides; Brunsden; D. & D. B. Prior(eds. ):Slope instability, John Wiley & Sons, Chichester, 1984.
- [7] Dikau, R.; Derivation from detailed geoscientific maps using computer methods, Z. Geomorph. , N. F. , Suppl. 80, 1990.
- [8] Crozier, M. J.; Landslides: causes, consequences & environment; Routledge, 1986.
- [9] Crozier, M. J.; Field assessment of slope instability; Brunsden,D & D. B. Prior (eds. ): Slope instability. , Gohn Wiley & sons, Chichester, 1984.
- [10] Ohmori, H. & Sugai T.; Morphometrical characteristics of landslide masses and their geomorphological implications; Trans. Geomorph. Union. 15, Japan: 1994.