

# بررسی علل وقوع زمین لغزش در روستای نصیرآباد ورزقان (استان آذربایجان شرقی) با استفاده از روشهای کمی

شهرام روستایی

استادیار گروه جغرافیای 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 ضخامت زیاد نهشته‌های سطحی در روی دامنه‌های با شیب متوسط، علت اصلی وقوع رانش زمین بوده است.

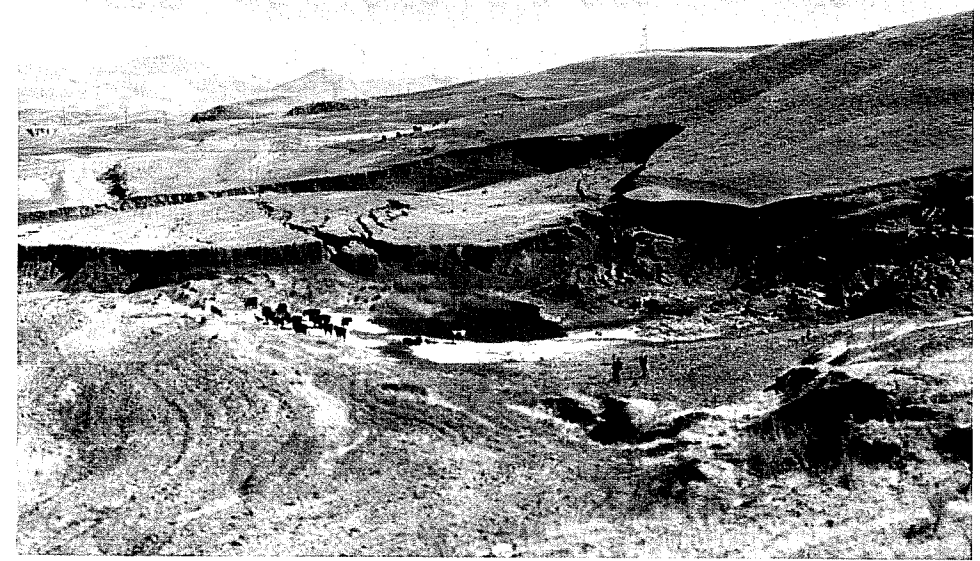
کلید واژه‌ها: زمین لغزش، مورفومتری، ژئومورفولوژی، پهنه‌بندی، آذربایجان شرقی.

## 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

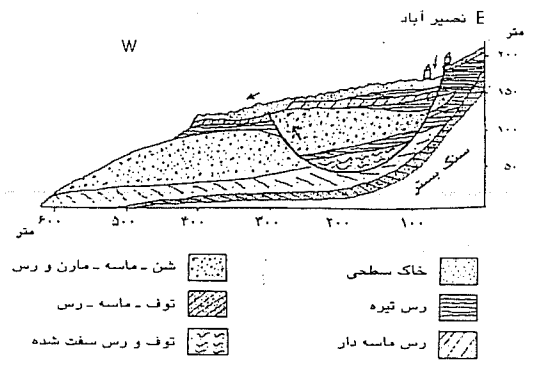
۱. Zonation

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 زمین لغزش خسارت دیده است

مواد تشکیل دهنده پوشش دامنه از عناصر حاصل از هوازدگی سنگها، رس ماسه دار 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، شیب تندی به ارتفاع ۴ تا ۱۵ متر و به طول ۱۵۰۰ متر در ارتفاع ۱۰۰ متر از بستر رودخانه به وجود آمده است. امتداد این شیب، 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 زمین لغزش 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 نشان دادن علت‌های مذکور از روشهای کمی استفاده کند که در این رابطه در کشور ما کمتر کار شده است.



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 رودخانه‌ای به همین نام از بخش غربی منطقه، وارد رودخانه اهرچای می‌شود. محل وقوع زمین لغزش 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 ۱۰/۲ 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 یخبندان 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

در مطالعه محیط‌های طبیعی از اولویت برخوردار است. براساس آمار ۲۴ ساله باران‌سنجی ایستگاه اهر، مجموع متوسط بارندگی حدود ۳۲۷ 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 (۷۲/۰۹ میلیمتر) فزونی 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  $C_1 B_1 Wb_2$  است. با توجه به موارد مذکور می‌توان استنباط کرد، شرایط طبیعی منطقه فرصت کافی برای فعالیتهای مورفوژنز 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 نفوذپذیر بودن مواد آنها سطح لغزشی فعالی را در دامنه‌ها به وجود آورده است.

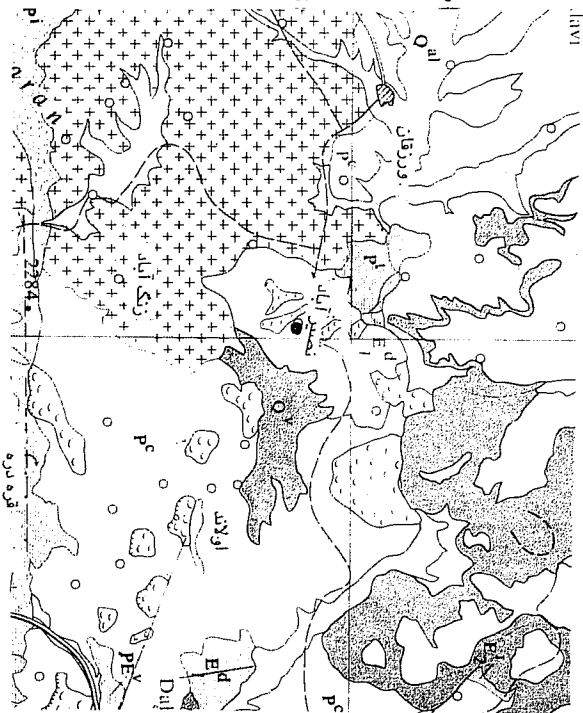
### ۲-۲- داده‌های زمین‌شناسی منطقه

ساختار زمین‌شناسی این منطقه شامل واحد رسوبی مارن، سیلت، کنگلومرا و کنگلومرای ولکانوسدیمانتری است که به اواخر دوران سوم (پلیوسن) و دوران چهارم تعلق دارند. نهشته‌های سطحی حاصل از تخریب سنگهای رسوبی و مواد ولکانوسدیمانتری 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 چین‌بندی به صورت میان لایه با کنگلومراهای فرسایش‌یافته از جنوب ورزقان تا ناحیه مورد مطالعه گسترش دارند و تکه‌های گرد شده از جنس تراکی‌آندزیت آمفیبول‌دار در این رسوبها دیده می‌شود. فعالیتهای آتشفشانی دوره پلیوسن به احتمال زیاد هم‌زمان با نهشته‌گذاری رسوبهای رودخانه‌ای است؛ زیرا وجود لایه‌های خاکستر آتشفشانی این نظریه را تأیید می‌کند [۱، صص ۱-۱۳۰].

۱. Pumic

کواترنر	پلیوسن	اولیگو - میوسن

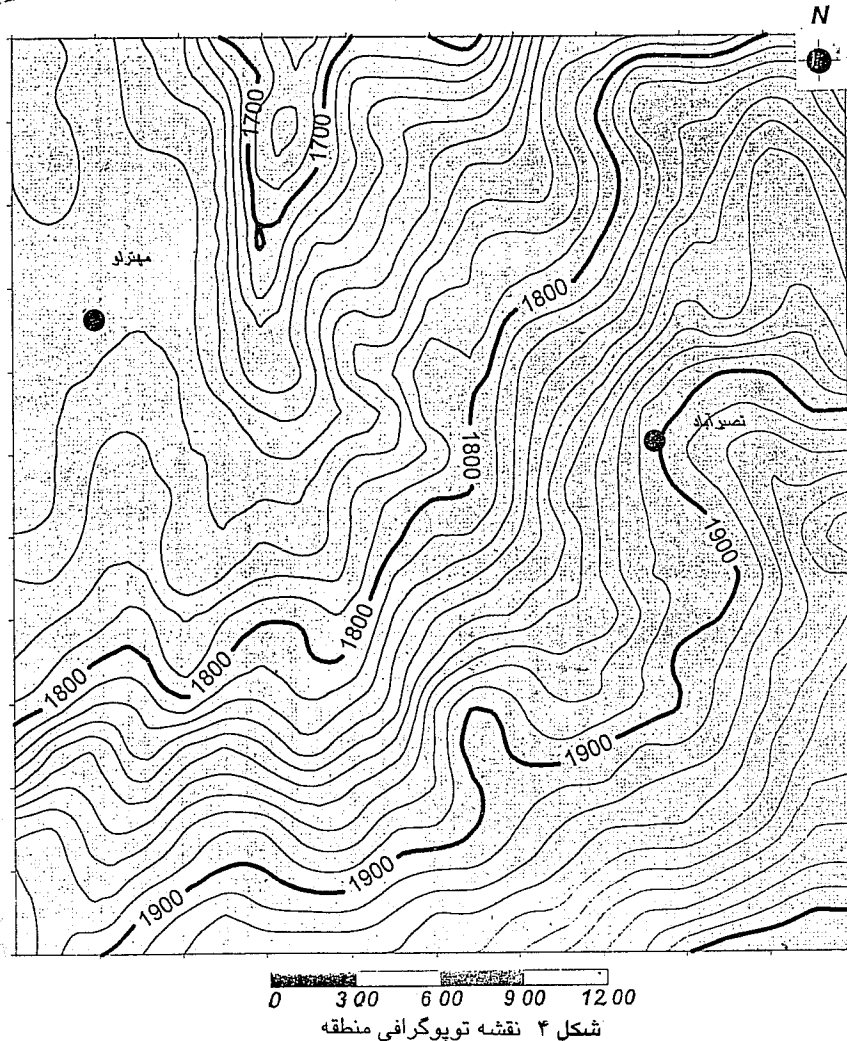
- + خط تیره: بینه تکی
- + آبرفت جدید
- Om نیشته تخریبی
- Ov لاهار و کنگلومرا
- Osp برش و لغزشی نوع پی
- O2 گنبد و درانه‌های سیلان جوان
- O1 درانه‌های تراکی آندزیت سیلان پیر
- O7 سیلت، کنگلومرا و تراش
- O6 آندزیت تپایی و بزالت
- O5 تپه‌های دریاچه‌ای
- O4 کنگلومرا و سنگ سیلیسی
- O3 کنگلومراهای آتشفشانی - رسوبی
- O2 کنگلومرا و تراکی آندزیت
- O1 ماسه سنگ و مرمو سیلیسی
- M3 مرمو گهبار و سنگ سیلیسی
- M2 کنگلومرای قرمز
- M1 کنگلومرا و ماسه سنگ
- O2 کنگلومرا و ماسه سنگ
- O1 کنگلومرا و ماسه سنگ
- + برش ناشی



شکل ۳ نقشه زمین‌شناسی منطقه (مقیاس ۱/۷۵۰۰۰)

۱. لازم به توضیح است که هنوز برای مؤلف منطقه نقشه زمین‌شناسی ۱/۸۰۰۰۰۰ تهیه نشده است.

بررسی شدند؛ سپس نقشه پایه‌ای برای منطقه 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 نقشه توپوگرافی و بلوک دیاگرام منطقه تهیه شد (شکل ۵ الف و ب) و بر اساس نقشه توپوگرافی مذکور نیمرخهای توپوگرافی از مناطق لغزش یافته ترسیم شده‌اند (شکل‌های ۴، ۵، ۶).



۱. برای تهیه نقشه توپوگرافی بعد از وقوع زمین لغزش، ابتدا اطلاعات موجود منطقه از طریق نقشه‌های توپوگرافی موجود به نرم افزار surfer منتقل و فایل داده‌ها تشکیل می‌شود؛ سپس مناطق لغزش یافته شناسایی شده است و زخمه ایجاد شده به وسیله زمین لغزشها نقشه‌برداری می‌شود. اطلاعات به دست آمده از نقشه‌برداری میزان افت دامنه را نشان می‌دهد و این میزان افت در روی فایل داده‌ها (بر اساس نقشه توپوگرافی تشکیل شده) اعمال می‌شود و به این وسیله نقشه جدید و وضعیت موجود دامنه تولید می‌شود.

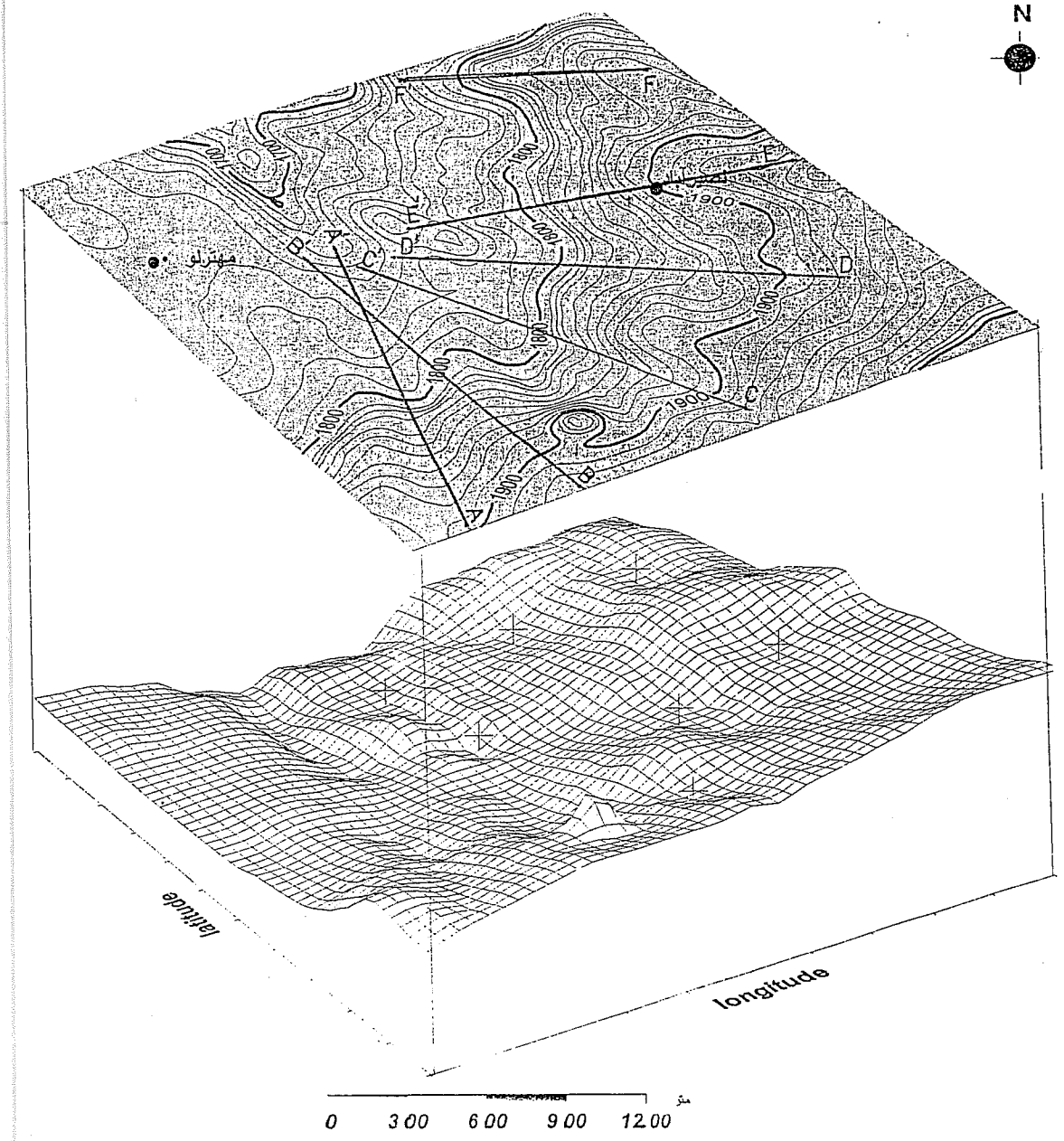
رسوبهای ماری با رنگ قهوه‌ای روشن بدون لایه‌بندی و با ضخامت زیاد در منطقه مشاهده می‌شود. لایه‌های سیلتی در این واحد به صورت پراکنده به رنگ خاکستری روشن بدون لایه‌بندی یا با لایه‌بندی ضعیف و با ضخامت زیاد همراه با مارنها هستند. این رسوبها با وسعت زیاد روی سنگهای الیگوسن، به صورت هم‌شیب و در زیر سنگهای تراکیتی قرار گرفته‌اند. سنگهای تراکی‌آندزیتی 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 جوان بودن رسوبهای کنگلومرایی نسبت به سنگهای تراکیتی است.

کنگلومراهای منطقه با رنگ خاکستری دارای دانه‌بندی خوب بوده؛ سیمان آنها آهکی - ماری است و عناصر آن به طور عمده از سنگهای آتشفشانی است. این واحد رسوبی از استحکام بیشتری برخوردار بوده و شیب تندی را در اطراف رودخانه نصیرآباد به وجود آورده است. لایه‌های ماری با رنگ قهوه‌ای روشن 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 تراورتن است نیز در امتداد دامنه‌های شمالی رشته ارسباران، به صورت تپه‌های کوچکی روی سطح هموار رسوبات بادبزی کواترنری برونزد قرار دارند و به ردیف پلیستوسن متعلق هستند.

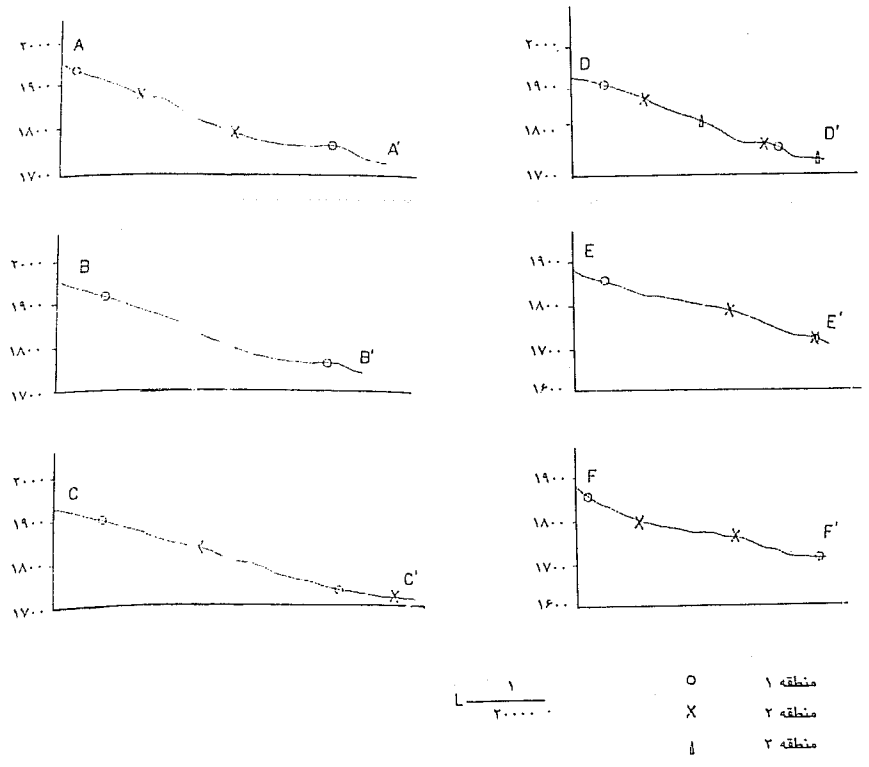
### ۲-۳- تحلیل‌های مورفومتری

مطالعه حرکات توده‌های دامنه‌ها به طور اعم و لغزش به طور اخص به دانش ژئومورفولوژی مربوط است. در این رابطه شکل لغزش، مشخص کننده 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 تحقق این امر نقشه توپوگرافی منطقه لغزش یافته در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ از نقشه توپوگرافی مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ 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 قبل از وقوع لغزش است، به این دلیل برای تهیه نقشه توپوگرافی بعد از وقوع لغزش از نرم‌افزار surfer استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا نقشه‌های توپوگرافی موجود به مقیاس

۱. یک نرم‌افزار خارجی است که مربوط به توپوگرافی می‌باشد.



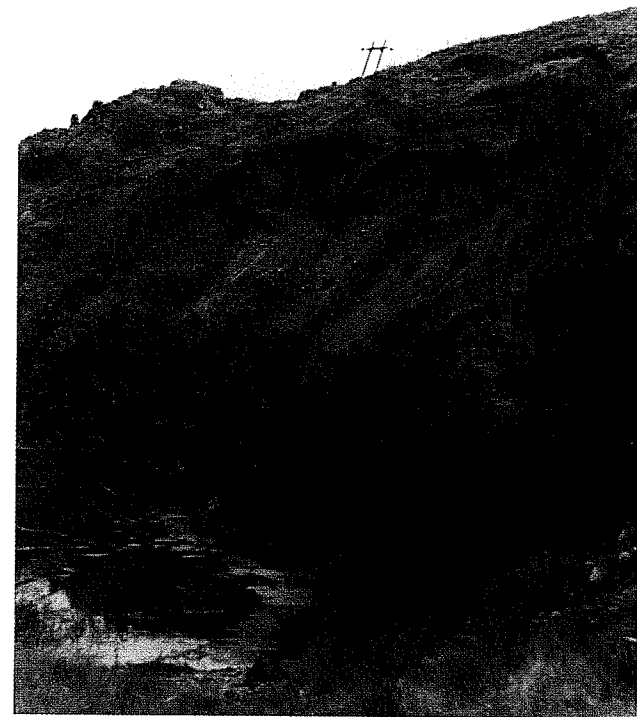
شکل ۵- الف نقشه توپوگرافی منطقه بعد از وقوع لغزش  
ب- بلوک دیاگرام منطقه لغزش یافته که زخمه لغزشها در آن مشخص شده است



شکل ۶ نیمرخهای توپوگرافی ترسیم شده از منطقه لغزش

منطقه لغزش یافته در کناره راست رودخانه، قرار دارد که رسوبهای مارن، سیلت و توفهای آتشفشانی شکل گرفته است. این رسوبها به صورت غیرمتراکم و بدون لایه بندی مشخص شده اند و با ضخامت قابل توجهی در بخش مرکزی، جنوب و جنوب شرق منطقه دیده می شوند. تغییر در گرادیان شیب دامنه ها، نفوذپذیری نهشته های سطحی و حفر پای دامنه ها به وسیله آبهای جاری باعث افزایش نیروی ثقل مؤثر در لغزش شده است و با توجه به ثقلی بودن لغزشها، نقش مورفولوژی دامنه ها در گسیختگی آنها بهتر نمایان می شود. جهت حرکت زمین لغزشهای منطقه، هم جهت با شیب توپوگرافی دامنه ها بوده و افزایش و تغییر شیب، به طور طبیعی یا به دست انسان باعث تسریع حرکت های توده ای شده است.

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 شیب 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 بارش 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 شبکه آبها در سطح دامنه‌ها در مواقع بارندگیهای شدید سبب شده است که مواد لغزش‌یافته در انتهای دامنه به وسیله آبهای مذکور شسته شده و به داخل دره 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

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 زخمه‌های 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.

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

حرکتهای توده‌ای یکی از فرایندهای عمده 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 همدیگر 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 ۳۶۲-۴۱۸؛ 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' اندازه‌گیری شده است (شکل ۸). نیمرخهای ترسیم شده در امتداد لغزش با توجه به نوسانی که نسبت به شیب دامنه دارند به بخشهای مختلف تقسیم شده‌اند و شاخصهای مورفومتری برای هر یک از این مناطق مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۶).

1. Slump

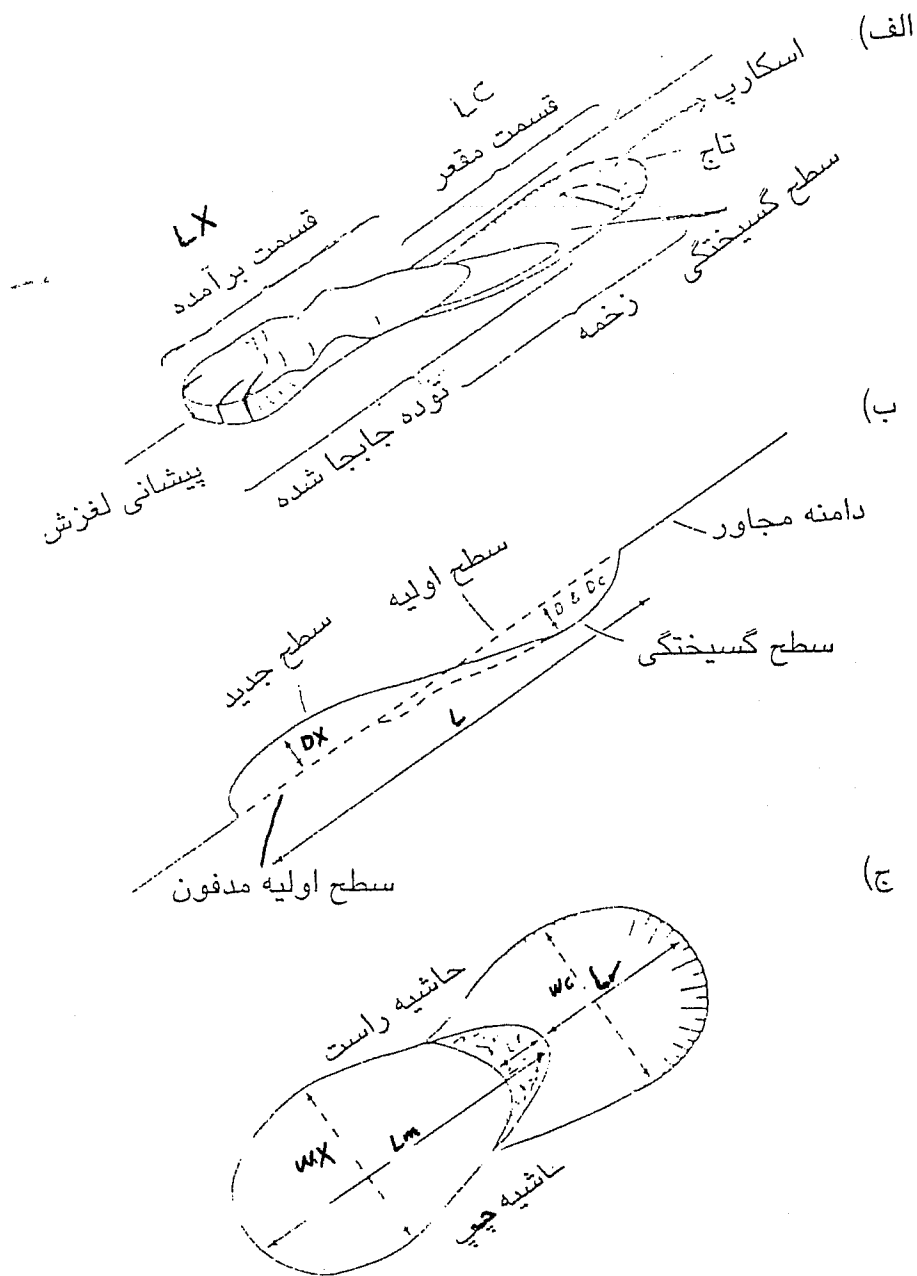
جدول ۱ شاخصهای مورفومتری لغزشها [۸، ص ۲۵۱]

شاخص	نشانه	رابطه
طبقه بندی	CI	$D/L * 100$
انبساط	DI	WX/WC
جریان	FI	$(WX/WC)LM/LC * 100$
جابه جایی	DT. I	LR/LC
جریان ویسکوز	VI	LF/DC
نازک شدگی	TI	LM/LC

جدول ۲ شرح روابط شاخصهای مورفومتری

مفهوم	ابعاد	
حداکثر پهنای لغزش که عمود به طول لغزش است	عرض توده جابه جا شده (WX)	۱
حداکثر پهنای بین حاشیه های لغزش عمود به (Lr)	عرض بخش فرو افتاده (WC)	۲
حداقل فاصله بین تاج و انتهای لغزش	طول کل (L)	۳
حداقل فاصله بین پیشانی تا اوجگاه لغزش	طول توده جابه جا شده (Lm)	۴
حداقل فاصله بین انتهای سطح گسیخته تا تاج لغزش	طول سطح گسیخته (Lr)	۵
حداکثر عمق توده جابه جا شده	عمق توده جابه جا 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 زخمه ای که در اثر لغزش در دامنه ایجاد می شود	طول بخش فرو افتاده (LC)	۹

۱. به جدول ۲ مراجعه شود



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

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 به دست 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 شیب دامنه‌ها و فرایند نهشته شدن مواد، عامل مؤثر است. در رابطه با فرض اول باید گفت که ارقام به دست 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 لغزشهای نصیرآباد

درجه ناپایداری	نوع	فرایند	TI	VF. I	DT. I	EI	DI	CI	منطقه	نیمرخ
۱	اسلامپ	SF	۱/۲۶	۱۲/۵	۱۲/۷	۱۱۲	۰/۶۵	۲/۴۵	I	AA'
		RS	۱/۷۲	۶/۶۹	۲۴/۲	۱۲۱	۰/۹۱	۳/۲۰	II	
۲	اسلامپ	SF	۲/۲۲	۳۹/۴	۲۵/۴	۱۱۸	۰/۵۹	۵/۱۶	I	BB'
		RS	۰/۷۴	۱/۹۱	۲۸/۵	۶۲/۱	۰/۸۴	۱۰	I	
۳	جریان کلی	FF	۰/۶۸	۷/۷۱	۸۰	۹۹/۵	۱/۴۶	۱۸/۹	II	CC'
		FF	۱/۷۵	۲/۲۴	۴۲/۵	۲۱۵	۱/۲۲	۸/۱۸	I	
۴	اسلامپ	SF	۱/۳۷	۷/۰۶	۵۱/۷	۱۰۰	۰/۷۲	۵/۱۶	II	DD'
		RS	۱/۶۲	۱۲/۵	۱۴/۷	۱۰۹	۰/۵۹	۲/۵۴	II	
۵	اسلامپ	SF	۰/۶۶	۲/۶۶	۶۲/۳	۷۰/۵	۱/۰۶	۲۸	I	EE'
		RS	۰/۷۱	۷/۹۲	۷۱/۴	۵۰/۶	۰/۷۱	۱۱/۲	I	
۶	کلی	RS	۱/۵	۱۴/۲	۴۵/۲	۹۲/۳	۱/۹۰	۱/۸۷	II	FF'
		RS	۱/۵	۱۴/۲	۴۵/۲	۹۲/۳	۱/۹۰	۱/۸۷	II	

TI = شاخص نازک شدگی  
FI = شاخص جریان

VF. I = شاخص جریان ویسکوز  
DI = شاخص انبساط

DT. I = شاخص جابه‌جایی  
CI = شاخص طبقه‌بندی

شاخصهای محاسبه شده برای لغزش نصیرآباد و شاخصهای مورفومتری محاسبه شده برای لغزشهای بزرگ مقیاس توسط کروزیور 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 انباشت آبهای نفوذ یافته، در پایین دست دامنه است. نیمرخهای منطقه مرکزی و شمالی (FF'، EE'، DD') در بالادست 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 لغزشهای بزرگ و متوسط [۸، ص ۲۵۱]

شاخص	گروه فرایند		
	لغزش چرخشی	لغزش جریانی	جریان سیال
طبقه‌بندی	M۲۴/۲۲	۴/۹۸	M۱/۴۷
	δ۱۹/۲۸	δ۱۹/۹۵	δ۱/۰۰
انبساط	M۰/۹۹	M۰/۹۴	M۰/۸۹
	δ۰/۱۰	δ۰/۱۹	δ۰/۴۱
نازک شدگی	M۱۳/۱۹	M۰/۲۰	M۳/۲۳
	δ۲۴/۱۵	δ۲/۰۷	δ۱/۹۴
جابه‌جایی	M۶۸/۱۰	M۵۶/۸۹	M۵۶/۰۶
	δ۱۲/۰۲	δ۲۰/۴۷	δ۳۰/۸۷

هر گروه از فرایندها که براساس شاخصهای طبقه‌بندی، انبساط و نازک‌شدگی تعیین شده، ماهیت اشکال ناهمواریها و احتمالاً نحوه گسیختگی ایجاد شده در افقهای مختلف ناحیه لغزش را نشان می‌دهد. با توجه به موارد مذکور، نقشه پهنه‌بندی 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 به وجود آورنده آن ندارد اما این شاخص در تعیین ناپایداری از اهمیت خاصی برخوردار



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 ( $Lr$ ) 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.

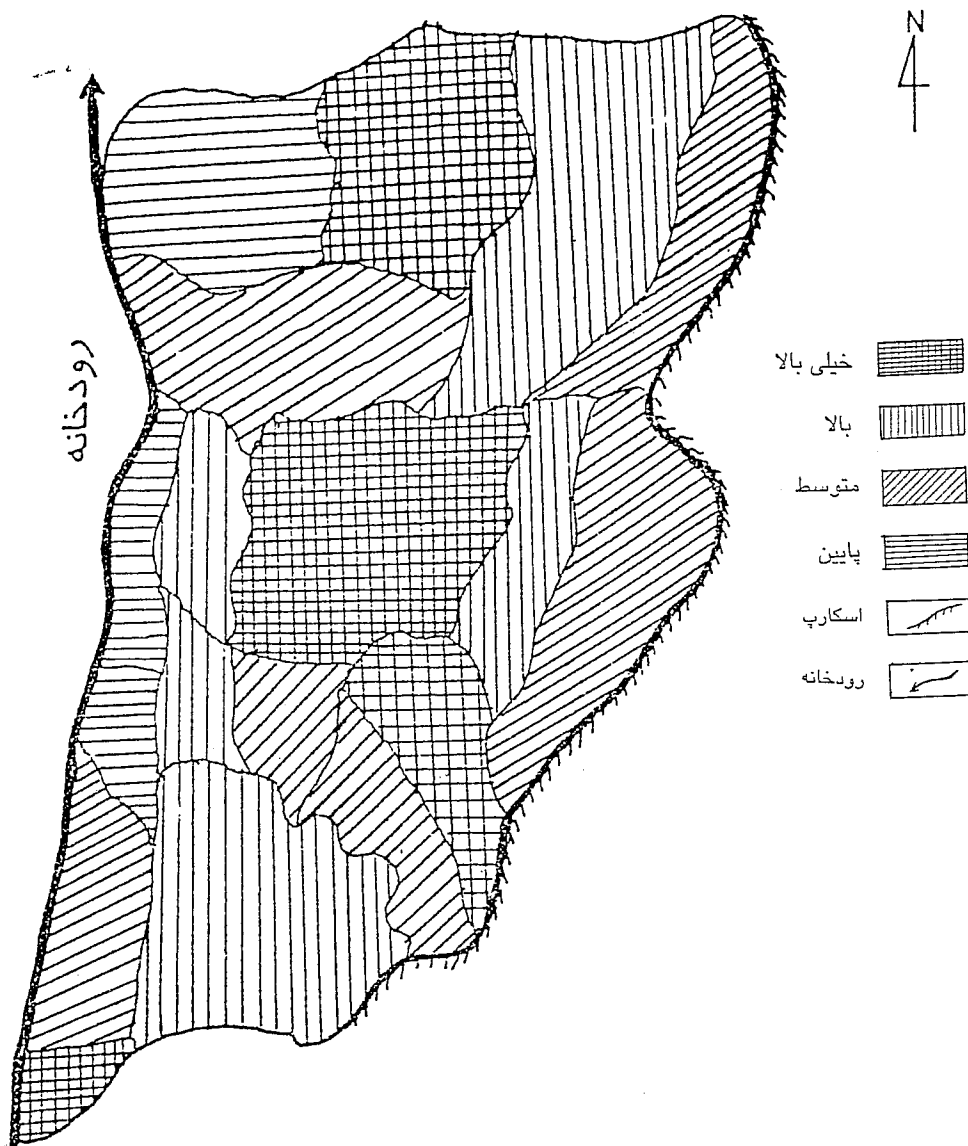
در حرکت‌شناسی زمین لغزشها و شناخت میزان ناپایداری آنها، محاسبه میزان جابه‌جایی توده‌های لغزش‌یافته در سطح دامنه ضرورت دارد. برای این منظور از شاخص جابه‌جایی استفاده می‌شود. روشی که کروزیئر [۸، ص ۲۵۱] برای مورفومتری زمین لغزشها ارائه داده، از شاخصهای جابه‌جایی و طبقه‌بندی به عنوان فاکتور اطمینان استفاده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

جدول ۵ درجه ناپایداری برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزشهای منطقه

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

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

از سه مورد بقیه لغزشها دارای نسبت کمتر از ۵۰ درصد هستند و این نسبت بیانگر ناپایداری شدید دامنه‌ها است. با توجه به محاسبه به عمل آمده برای شاخصهای مختلف مخصوصاً شاخص جابه‌جایی و براساس نیمرخهای ترسیم‌شده از نقاط مختلف منطقه لغزش یافته، نقشه پهنه‌بندی خطر برای منطقه نصیرآباد ترسیم شده است (شکل ۹).



شکل ۹ نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش

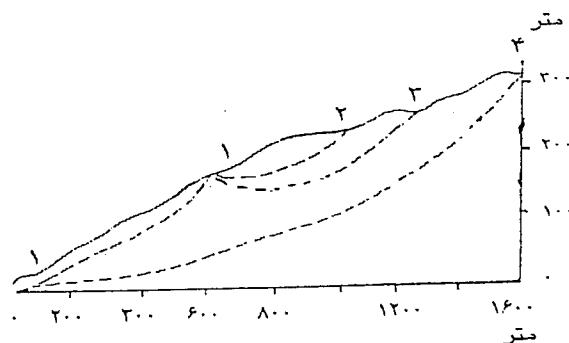
## ۲-۵- مکانیسم لغزشهای منطقه

اگرچه وقوع لغزش در منطقه نصیرآباد در کل به وسیله شدت و میزان بارش کنترل می‌شود، با وجود این تفاوت‌های 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. اوهمری و همکاران وی بر اساس تجزیه و تحلیل متغیرهایی از قبیل ناهمواری، شیب، نوع دامنه، ساختار زمین‌شناسی و پوشش گیاهی به این نتیجه رسیده‌اند که عامل ناهمواری و گرادیان شیب، 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 عمده شامل سنگهای هوازده، رس ماسه‌دار، توف، مارن و کنگلومرای تخریب شده است. این نهشته‌ها متناسب با شیب 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 افتد و سنگ بستر در عمق بیش از ۳۰ متر قرار دارد. ترکیب عناصر تشکیل‌دهنده این لایه‌ها در مقابل عوامل محرک، واکنش متفاوتی نشان می‌دهد. بخشی از دامنه که به بستر رودخانه نزدیکتر است از ضریب اطمینان بیشتری برخوردار بوده و مقاومت برشی آن زیاد است. در بعضی مواقع این ضریب 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 ثقل در این بخش از دامنه حرکتی صورت نخواهد گرفت و مواد بالادست دامنه به روی این بخش خواهد غلطید.

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

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  $C=0/25$  و زاویه اصطکاک داخلی  $\phi=21^\circ$  است. تنش عمودی به طور متوسط  $1/5$  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و میانگین تنش برشی  $1/53$  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 به دست 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

روی دامنه وجود دارد. شاخصهای انبساط، نازک‌شدگی و سیالیت نشانگر کم‌ضخامت بودن لغزشهای منطقه است و ضخامت کم باعث شده است که لغزشها اکثراً به صورت صفحه‌ای یا چرخشی حرکت کنند. نفوذ آبهای سطحی در بالادست دامنه به داخل مواد نهشته شده از قبیل، مارن، توف، رس ماسه‌دار و شیب 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 زمین لغزش 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] Brunsten, D.; Mudslides; Brunsten; 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; Brunsten, 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.

[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.