



## بررسی تأثیر سازندهای زمین‌شناسی در ناپایداری دامنه‌های حوضه‌ی آبریز بابلرود

علی ارومی‌های<sup>۱\*</sup>، مریم فتّامی<sup>۲</sup> و مهرداد صفایی<sup>۲</sup>

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده‌ی علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

۲) مرکز تحقیقات آب و خاک مازندران، دفتر ساری

\* عهده‌دار مکاتبات

### چکیده

حوضه‌ی آبریز بابلرود، یکی از حوضه‌های آبریز اصلی استان مازندران، آب‌های دامنه‌های شمالی رشته کوه‌های البرز را زهکشی و به دریای خزر هدایت می‌کند. با توجه به تراکم مراکز جمعیتی و وجود طرح‌های عمرانی بزرگ مانند سدهای البرز و شیاده و مسیرهای ارتباطی اصلی و روستایی در منطقه، اهمیت مطالعه‌ی حرکات دامنه‌ای ضرورت پیدا می‌کند. با شناخت مناطق مستعد زمین لغزش و تنوع آن می‌توان روش‌های مناسب جهت کاهش خطرات احتمالی و بهسازی شرایط زمین را مورد استفاده قرار داد.

هرچند عوامل متعددی در ایجاد حرکات دامنه‌ای تأثیر گذارند، ولی در این تحقیق تأثیر جنس سنگ و نوع سازند در عملکرد زمین لغزش‌ها بررسی شدند. در این خصوص ضمن شناسایی زمین لغزش‌های رخ داده در منطقه، موقعیت آن‌ها در نقشه‌ی زمین‌شناسی ثبت، و ارتباط آن‌ها با سازندهای زمین‌شناسی مطالعه گردید. مناطق و واحدهای سنگی مستعد به وقوع زمین لغزش با در نظر گرفتن تراکم سطحی زمین لغزش‌ها و درصد فراوانی آن‌ها در هر واحد زمین‌شناسی و با بهره‌گیری از نرم‌افزار 9 ARC GIS به ترتیب اهمیت مشخص شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که نهشته‌های نئوژن بیشترین تراکم نسبی و از نظر تعداد سازند شمشک بیشترین درصد فراوانی زمین لغزش را دارند. سازندهای آهکی دلیچای، لار و الیکا مقاومترین واحدهای سنگی در مقابل انواع حرکات دامنه‌ای می‌باشند. همچنین می‌توان چنین بیان داشت با توجه به بالا بودن میزان بارندگی سالانه در منطقه، هرچه درصد فراوانی کانی‌های رسی در یک واحد سنگ‌شناسی بیشتر باشند استعداد آن واحد برای زمین لغزش بیشتر می‌شود. ضخامت پوشش خاکی، شیب دامنه و درصد رطوبت نیز در گسترش و تنوع حرکات دامنه‌ای منطقه مؤثر بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: حوضه‌ی آبریز بابلرود، زمین لغزش، مازندران، ناپایداری دامنه‌ها

## Investigation the effect of geological formations on slope instabilities of Babolrood Watershed

A. Uromeihy<sup>1\*</sup>, M. Fattahi<sup>2</sup> & M. Safaie<sup>2</sup>

1) Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran

2) Soil and Water Research Center, Sari, Mazandaran Province

\* Correspondence Author

### Abstract

Landslides are among the most costly and damaging natural hazards in mountainous regions of Babolrood Watershed. The watershed is one of the major water basins in Mazandaran Province in which drain the water

of northern part of Alborz Mountain into Caspian Sea. Due to the high density of population, farm lands, forests and infrastructure installations such as dams, roads and power lines, it is necessary to carry out the investigate of slope instabilities in the area. The aim of this work is to obtain an estimate of areas susceptible to landslide and to suggest mitigation methods to reduce the destruction effect of the hazard.

Although many factors affect the instabilities of slopes, but in this research only the type of rock and the related geological formation is considered as a main factor. In this regards the locations and the type of landslides occurrence are distinguished and the information were plotted on geological based map. Then by the aid of ARC-GIS-9 program, and the use of Area Density Method, the percentage of landslide events in each geological formation was identified. The results show that marl, mudstone and siltstone of Neogene's deposits have high potential of Area Density of landslides. On the other hand, Shemshak Formation presents the highest number of landslide events. Carbonate rocks of Delichai, Lar, and Elika Formations were among the most resistible to landslide. It is also concluded that due to high rate of annual precipitation in the area, rocks with high percentage of clay minerals are more susceptible to landslide than others.

**Key words:** Babolrood Watershed, landslide, Mazandaran, slope instabilities.

## ۱- مقدمه

میزان خطرپذیری منطقه‌ی شهری باگیو (Baguio) کشور فیلیپین توسط سالدوار-سالی و انیشتاین (Saldivar-Sali & Einstein 2007) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یکی از عوامل مهم و درونی که در بروز حرکات دامنه‌ای نقش اصلی را ایفا می‌کند، جنس سنگ است که واحد اصلی تشکیل دهنده‌ی سازندهای زمین‌شناسی می‌باشد. با شناخت موقعیت رخداد زمین لغزش‌ها و ارتباط آن با سازندها، می‌توان از نحوه‌ی پراکندگی در مناطق پر خطر آگاه شد و متعاقباً در برنامه‌ریزی کلان منطقه جهت اجرای طرح‌های توسعه‌ای کمک موثر واقع شد.

## ۲- ویژگی‌های موضعی آبریز بابلرود

حوضه‌ی آبریز بابلرود مساحتی در حدود ۲۱۵۹۷۶ کیلومتر مربع دارد. قسمت جنوبی آن در ارتفاعات ۲۸۵۰ متری جنوب بابل و انتهای آن دره‌ی رودخانه‌ی بابلرود را شکل می‌دهد. پس از گذر از شهرستان بابل، نهایتاً در موقعیت بابلسر در ارتفاع ۲۴ متر از سطح دریای آزاد به دریای خزر می‌ریزد. این حوضه در موقعیت جغرافیایی ۳۶°۰۰' تا ۳۶°۴۵' شمالی و ۵۲°۲۰' تا ۵۲°۵۵' شرقی قرار دارد.

برای دسترسی به منطقه می‌توان از دو راه ارتباطی شامل مسیر بابل-درون کلا-پاشاکلا و مسیر بابل-گلوگاه-فیروزجا استفاده کرد. تقریباً ۴۰ درصد قسمت شمالی حوضه‌ی آبریز را دشت ساحلی با شیب کم و پوشش گیاهی انبوه تشکیل می‌دهد که فاقد عوارض خاص زمین‌شناسی و پدیده‌ی زمین لغزش است. بنابراین در این تحقیق کار روی قسمت‌های جنوبی حوضه‌ی آبریز با مساحتی در حدود ۱۳۷۰

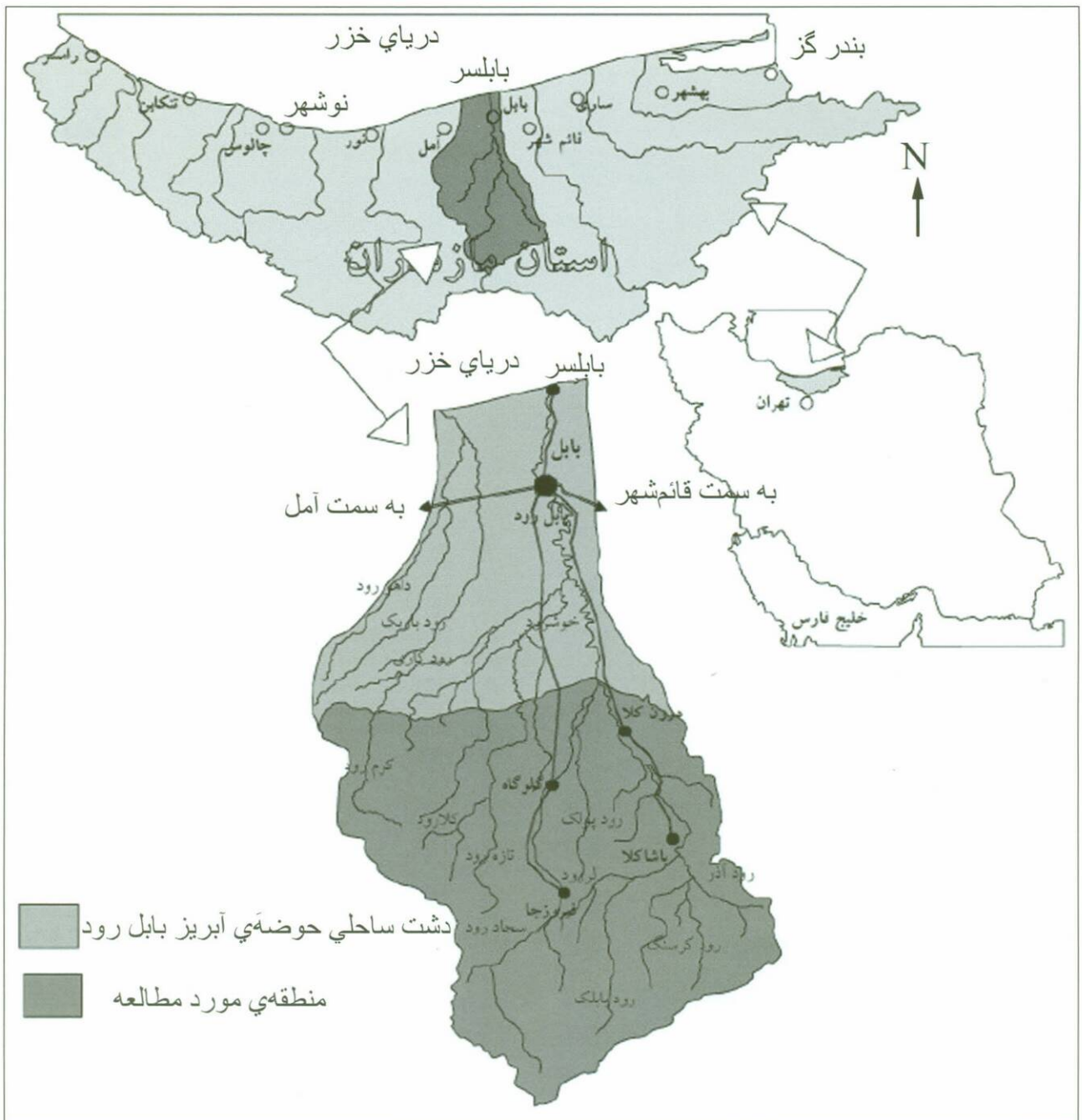
زمین لغزش، به عنوان یکی از خطرات طبیعی تحت تأثیر عوامل متعدد درونی و بیرونی رخ می‌دهد و معمولاً خسارات مالی و احیاناً جانی بسیاری را به همراه دارد. شناخت این پدیده و عوامل موثر بر آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های اساسی برای انجام پروژه‌های عمرانی و دور شدن از مناطق خطر موثر واقع گردد و منجر به ارائه‌ی راهکارهای مناسب برای تثبیت شود.

به خاطر اهمیت خطرات مرتبط با حرکات دامنه‌ای و خسارات ناشی از آن، مطالعات گسترده‌ای در سطح کشور و جهان انجام پذیرفته است. به عنوان مثال می‌توان به بررسی‌های انجام شده توسط بریدیو و همکاران (Brideau et al. 2007) در رابطه با تأثیر شرایط ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی مهندسی در تحریک زمین لغزش‌ها در شهر داوسون (Dawson) کانادا، همچنین مطالعات بریدیو و همکاران (Brideau et al. 2006) در ارزیابی تأثیر ساختارها و زمین‌شناسی مهندسی در عملکرد زمین لغزش در کوهستان‌های بریتش کلمبیا (British Columbia) کانادا اشاره کرد. میزان تأثیر زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی نیز به وسیله‌ی آوانزی و همکاران (Avanzi et al. 2004) در تحریک زمین لغزش‌های استان توسکانی (Tuscany) ایتالیا مورد مطالعه قرار گرفت. مطالعاتی نیز توسط چن و لی (Chen & Lee 2004) برای منطقه‌ی هنگ کنگ در رابطه با حرکات دامنه‌ای و بررسی روش‌های پیشگیری صورت گرفت. تأثیر کاربری زمین در گسترش ناپایداری دامنه‌ها در حوضه‌ی آبریز نکارود توسط ارومیه‌ای و صفایی (Uromeihy & Safaie 2000) صورت پذیرفت.

کیلومتر مربع متمرکز شده است. جایی که ناهمواری‌های سطح زمین بیشتر، رخنمون‌های زمین‌شناسی متنوع‌تر و پدیده‌های زمین لغزش فراوان‌تر است. میانگین بارش سالانه بین ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ میلی‌متر است، که با افزایش ارتفاع در مناطق جنوبی این بارش‌ها بیشتر به صورت برف می‌باشد. در محدوده‌ی پاشاکلا، بابلرود از به هم پیوستن چندین رودخانه به نام‌های آذر، کرسنگ، ازرود، و اسکلیم تشکیل می‌شود. به طرف پایین دست و در منطقه‌ی درون کلا، دیگر رودخانه‌های محلی از جمله بولک، کلارود، آبندان، و سجادرود نیز

به بابلرود می‌پیوندند. بیش از ۸۰ درصد منطقه، پوشش جنگلی دارد و زمین‌های دیم و شالیکاری، در صدهای باقی مانده را تشکیل می‌دهند. ویژگی‌های کلی حوضه‌ی آبریز بابلرود در تصویر ۱ نشان داده شده است.

حوضه‌ی آبریز بابلرود یکی از مناطق با تمرکز جمعیت بالا در استان مازندران به شمار می‌آید و تنها راه دسترسی به مناطق مسکونی جاده‌های ارتباطی است که به طور پیوسته در معرض خطر زمین لغزش و رانش زمین است. علاوه بر آن حرکت رانشی، زمین‌های



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آبریز بابلرود در استان مازندران

و سعیدی (۱۳۶۹) و آمل با مقیاس ۱:۷۲۵۰۰۰۰ (وحدتی دانشمند ۱۳۷۰)، خصوصیات زمین‌شناسی منطقه را پوشش می‌دهند (تصویر ۴). واحدهای سنگ‌شناسی منطقه از نظر سن و توالی چینه‌شناسی را می‌توان به سه مجموعه تقسیم‌بندی کرد، که مشخصات کلی آن‌ها به شرح زیر می‌باشند:

### ۳-۱- نهشته‌های مزوزوئیک:

سازند الیکا:  $TRE^3$  تناوبی از سنگ‌های ضخیم لایه‌ی دولومیتی، سنگ آهک دولومیتی و سنگ آهک سازند شمشک:  $TR_3J_s$  تناوبی از سنگ‌های آواری عمدتاً کنگلومرا، ماسه سنگ، لای سنگ، سنگ‌های شیلی و لایه‌های ذغال‌دار سازند دلیچای:  $J_1^1$  ماسه سنگ آهکی، سنگ آهک و شیل و مارن سازند لار:  $J_2^2$  سنگ‌های آهکی و سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه و چرت‌دار

سازندهای کرتاسه‌ی بالا (واحدهای  $K_1^{1,m}$  و  $K_2^{1,m}$ ): که عمدتاً شامل تناوبی از سنگ آهک، سنگ آهک مارنی، مارن و مارن سیلت‌دار (تصویر ۵)

### ۳-۲- نهشته‌های سنوزوئیک:

نهشته‌های سنوزوئیک عمدتاً شامل دو مجموعه از واحدهای سنگی زیر است:

نهشته‌های پالئوژن: شامل دو واحد سنگ‌شناسی  $Pe^{1,m,s}$  و  $OM_1^{m,c,s}$  می‌شوند و دربرگیرنده‌ی مارن سیلت‌دار، سنگ آهک ماسه‌ای، مارن، کنگلومرا و ماسه سنگ آهکی هستند.

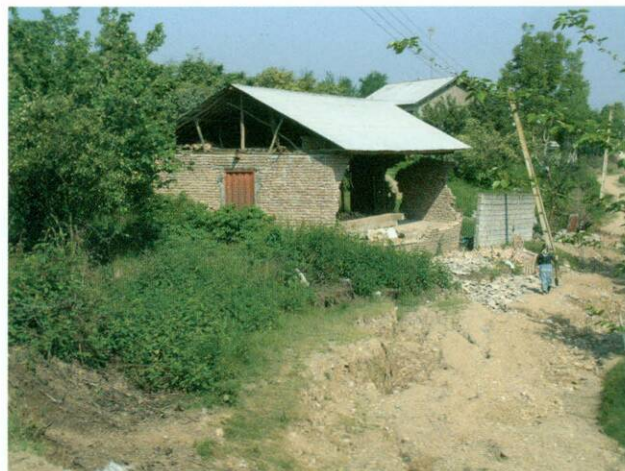
نهشته‌های نئوژن ( $M_2^{m,s,l}$ ): مارن، ماسه سنگ و لای سنگ آهکی، مارن سیلت‌دار، سنگ آهک ماسه‌ای و گل‌سنگ (تصویر ۶).

### ۳-۳- نهشته‌های کواترنر:

مجموعه‌ای از رسوبات ناپیوسته که بیشترین پراکندگی را در قسمت‌های شمالی منطقه دارند و از نظر ترکیب دو گروه زیر را تشکیل می‌دهند:

نهشته‌های پلیو-پلیستوسن ( $PIQ^c,m,s$ ): کنگلومرا با سیمان ضعیف، به همراه لایه‌هایی از مارن سیلت‌دار، ماسه سنگ، و لای سنگ

کشاورزی، باغات و خانه‌های مسکونی را تحت تأثیر قرار داده و هر ساله خسارات جبران‌ناپذیری را به منطقه وارد می‌کند. نمونه‌ای از اثرات تخریبی زمین لغزش در تصویرهای ۲ و ۳ دیده می‌شوند.



تصویر ۲- عملکرد حرکت رانشی زمین در تخریب محل‌های مسکونی و باغات، روستای ولیک جنوب بابل



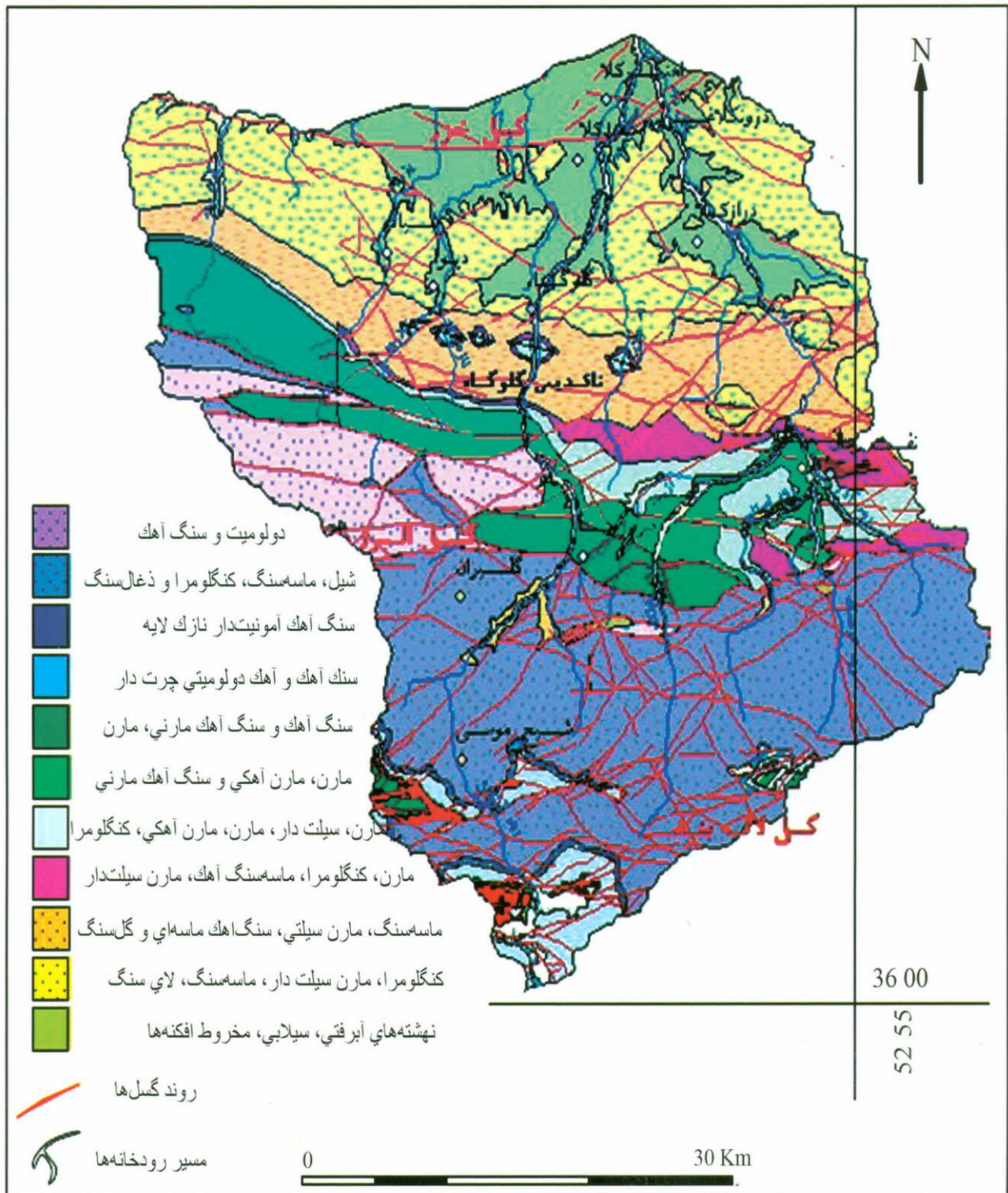
تصویر ۳- عملکرد زمین لغزش در تخریب راه ارتباطی گلوگاه فیروزجا، زیرحوضه‌ی آبریز سجاد رود

### ۳- زمین‌شناسی منطقه

منطقه‌ی مورد مطالعه در دامنه‌های شمالی البرز قرار داشته و از واحدهای سنگی مختلفی تشکیل شده است. بیشترین گسترش واحدهای سنگی این منطقه از نوع رسوبی بوده و رخنمون‌های بسیار کوچکی از سنگ‌های آذرین بیرونی و نفوذی در قسمت‌های جنوبی منطقه نیز مشاهده می‌گردند.

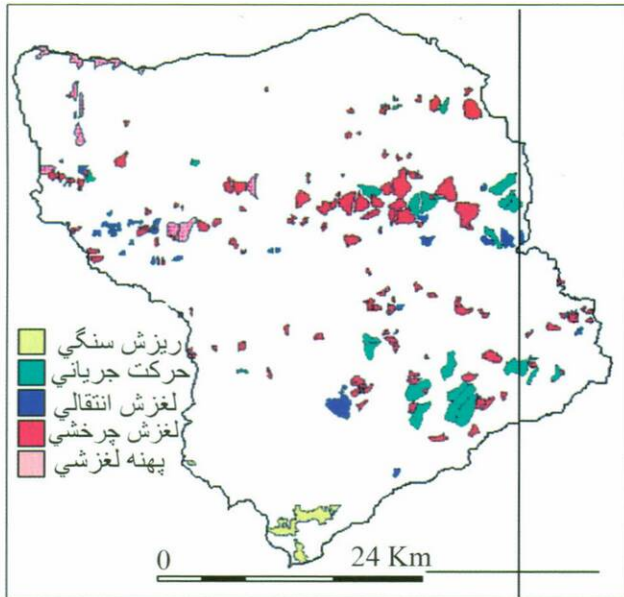
نقشه‌های زمین‌شناسی قائم‌شهر با مقیاس ۱:۷۱۰۰۰۰۰ (وحدتی دانشمند و کریمی ۱۳۸۲)، ساری با مقیاس ۱:۷۲۵۰۰۰۰ (وحدتی دانشمند

نهشته‌های جوان (Q) شامل نهشته‌های آبرفتی، نهشته‌های مخروط افکنه‌ای، و واریزه‌ها می‌شوند. از نظر ساختاری، منطقه دربرگیرنده‌ی گسل‌های متعدد است که شاخص‌ترین آن‌ها سه گسل رانده خزر، البرز، و لاله‌بند هستند که به ترتیب از شمال به جنوب و با روند عمومی شرقی-غربی دیده می‌شوند. بین گسل‌های اصلی یاد شده تعداد قابل توجهی گسل‌های برشی وجود دارند که روند آن‌ها  $20^{\circ}$ N و  $340^{\circ}$ N است. محور اصلی چین‌خوردگی‌ها نیز متأثر از روند عمومی رشته



تصویر ۴- نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه (به نقل از نقشه‌ی ۱/۱۰۰۰۰۰ قائم شهر، وحدتی دانشمند و کریمی ۱۳۸۲)

توجه دارند. از آنجا که در این تحقیق نوع سازند و جنس مصالح مد نظر بوده است، بنابراین انواع مختلف حرکات دامنه‌ای متناسب با نوع سازندها تقسیم‌بندی شدند. تصویر ۷ تنوع حرکات دامنه‌ای را در حوضه‌ی آبریز بابلرود نشان می‌دهد.



تصویر ۷- میزان پراکندگی زمین لغزش‌ها و تنوع آن‌ها در حوضه‌ی آبریز بابلرود

همچنین رابطه‌ی بین نوع واحدهای سنگی و نوع حرکات دامنه‌ای در جدول ۱ گزارش شده است. نمودار ستونی تنوع حرکات دامنه‌ای و واحدهای سنگ‌شناسی در تصویر ۸ ارائه شده است. فراوانی کانی‌های رسی در سنگ‌های متعلق به سازندهای شمشک، کرتاسه‌ی بالایی و نهشته‌های نئوژن استعداد حرکت جریانی و زمین لغزش چرخشی آن‌ها را افزایش داده است. در نهشته‌های سازند شمشک به خاطر ضخامت کمتر خاک سطحی و شیب بیشتر دامنه‌ها، بیشترین ناپایداری‌ها به صورت حرکت جریانی هستند. در نهشته‌های نئوژن جایی که ضخامت خاک‌های سطحی بیشتر و شیب دامنه‌ها کمتر است، لغزش چرخشی غالب است. در نهشته‌های آبرفتی جوان پهنه‌های لغزشی بیشتر رخمون دارند. در سنگ‌های سخت آهکی و دولومیتی سازندهای لار و دلیچای متعلق به ژوراسیک میانی، پدیده‌ی ریزش‌های سنگی بیشتر شکل می‌گیرند.

#### ۵- روش تمقیق

با توجه به تراکم پوشش گیاهی در منطقه، از عکس‌های هوایی با مقیاس ۷۲۰۰۰۰ برای شناسایی موقعیت و پراکندگی زمین لغزش‌ها

کوه‌های البرز عمدتاً امتداد شرقی-غربی دارند. چین خوردگی‌ها در قسمت‌های جنوبی منطقه فشرده‌تر و کوهستان‌ها ارتفاعات بیشتری را تشکیل می‌دهند و به سمت شمال از شدت ناهمواری‌های سطحی کاسته و به دشت‌های ساحلی دریای خزر تبدیل می‌شوند. گسل‌ها و دیگر ساختارهای زمین‌شناسی نقش قابل توجهی در شکل‌گیری مورفولوژی و پدیده‌های سطحی زمین در منطقه دارند.



تصویر ۵- رخنمون نهشته‌های نئوژن در مسیر راه گلوگاه فیروزجا



تصویر ۶- رخنمون سنگ آهک‌های مارنی کرتاسه در مسیر راه گلوگاه فیروزجا

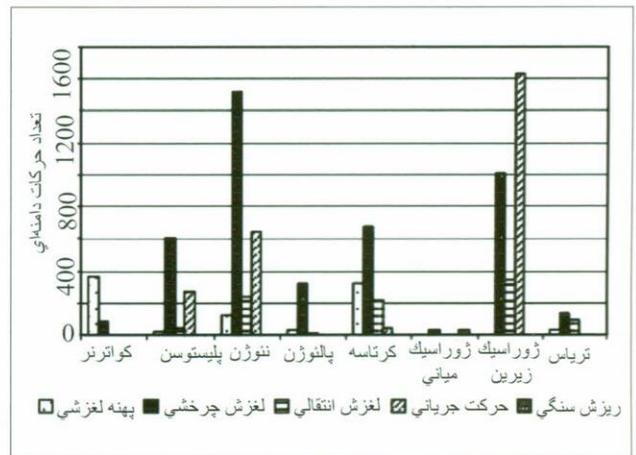
#### ۴- انواع حرکات دامنه‌ای

انواع مختلفی از حرکات دامنه‌ای در منطقه دیده می‌شوند، که متداول‌ترین آن‌ها ریزش‌های سنگی، حرکات جریانی، لغزش انتقالی، لغزش چرخشی و پهنه‌های لغزشی هستند. عواملی مانند جنس مصالح تشکیل‌دهنده‌ی دامنه، شیب دامنه، شرایط آب‌های زیرزمینی و نوع کاربری زمین در تنوع حرکات ناپایداری تأثیر قابل

جدول ۱- رابطه‌ی نوع ناپایداری دامنه‌ای با واحدهای سنگ شناسی

واحد‌های سنگ شناسی		مساحت km <sup>2</sup>		نوع حرکت		
هر واحد	لغزش	پهنه‌ی لغزشی	لغزش چرخشی	لغزش انتقالی	حرکت جریانی	ریزش سنگی
کوآترن	سری جوان	۱۸۹۴۳/۴۷	۱۱۰/۵۳	۳۶۲/۶	۸۲/۳	۴/۸
پلیستوسن	سری قاره‌ای	۲۳۴۲۴/۰۷	۹۳۹/۴۱	۲۴/۴	۶۰۲/۹	۲۶۷/۰
نوژن	معادل URF	۱۴۹۱۹/۲۳	۲۵۳۱/۰۵	۱۲۰/۴	۱۵۲۴/۲	۶۴۶/۵
پالئوژن	معادل قم	۱۰۰/۵۲/۸۳	۳۶۷/۷۲	۲۹/۳	۳۲۱/۱	۱/۸
کرتاسه	K <sub>2</sub> ml K <sub>2</sub> lm	۱۴۴۱۷/۶۰	۱۲۵۳/۳۱	۳۲۲/۳	۶۷۷/۴	۳۹/۹
ژوراسیک میانی	لار	۴۴۹۰/۷۹	۵۹/۹۳	-	۳۱/۴	۲۸/۵۱
ژوراسیک زیرین	شمشک	۳۹۷۴۸/۱۲	۲۹۸۴/۵۰	۲/۲	۱۰۰۴/۹	۰/۱
تریاس	الیکا	۸۰۰۰/۱۸	۲۶۳/۲۵	۳۶/۱	۱۳۲/۶	-

اتوکد (Autocad Map) نقشه‌ی زمین شناسی و نقشه‌ی زمین لغزش‌ها، رقومی سازی شدند. در ادامه با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS 9) جی‌آی‌اس (ARC GIS 9) ضمن محاسبه‌ی مساحت سازندها، واحدهای سنگ شناسی منطقه و مساحت زمین لغزش‌های رخ داده در آن‌ها، میزان حساسیت هر سازند نسبت به زمین لغزش تعیین گشته و درصد فراوانی زمین لغزش برای هر واحد سنگ شناسی محاسبه شد. نتایج به دست آمده با خصوصیات سنگ شناسی و دیگر ویژگی‌های زمین شناسی هر سازند مطابقت شده و نتایج با شرایط واقعی زمین مورد بررسی قرار گرفت.



تصویر ۸- میزان پراکندگی و تنوع زمین لغزش‌ها در ارتباط با واحدهای سنگ شناسی

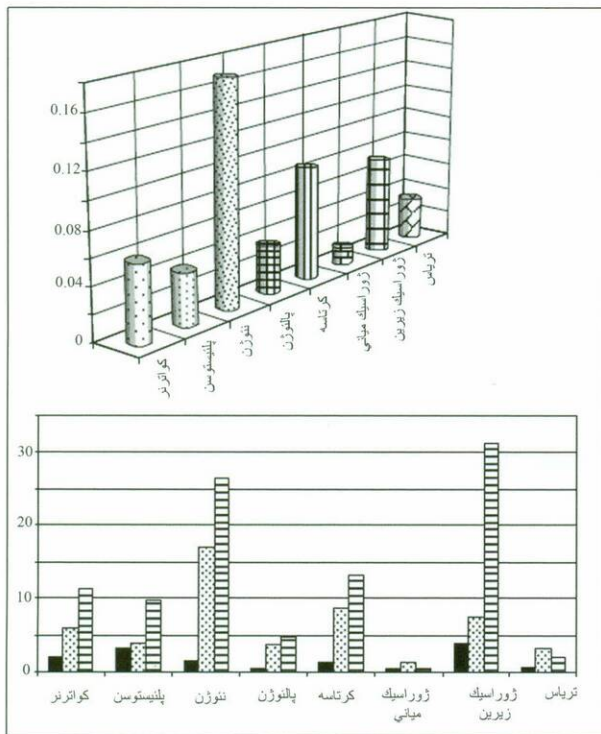
#### ۴- (ارزیابی اطلاعات)

با بررسی حرکات ناپایداری دامنه‌ای در منطقه عوامل متعدّد تأثیرگذار مورد مطالعه قرار گرفتند. یکی از مهمترین این عوامل تأثیر

استفاده شد. از آنجا که کار تحقیقاتی بر پایه‌ی نقشه‌ی توپوگرافی با مقیاس ۱:۷۵۰۰۰۰ بوده است، بنابراین تنها ۲۲۰ مورد از زمین لغزش‌های اصلی و تأیید شده در نقشه منعکس شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار

جدول ۲- محاسبات تراکم نسبی و درصد فراوانی زمین لغزش در منطقه

علامت	زمان	جنس مصالح	مساحت واحد (Km <sup>2</sup> )	مساحت لغزش (Km <sup>2</sup> )	تراکم درصد
۱	کوآترن	نهشته‌های آبرفتی شامل مصالح درشت دانه‌ی آواری با میان لایه‌هایی از ریزدانه	۱۸۹۴۳/۴۷	۱۱۲۹/۰۴	۰/۰۵۹۶
۲	پلیستوسن	تناوبی از لایه‌های کنگلومرا، ماسه سنگ و لایه‌هایی از لای سنگ	۲۳۴۲۴/۰۶	۹۳۹/۴۱	۰/۰۴۰۱
۳	نوژن	مارن، مارن سیلت‌دار، گل‌سنگ، سنگ آهک ماسه‌ای	۱۴۹۱۹/۲۳	۲۵۳۱/۰۰	۰/۱۶۹۶
۴	پالئوژن	سنگ آهک ماسه‌ای، مارن سیلتی، مارن، و ماسه سنگ آهکی	۱۲۰۳۲/۱۸	۴۴۶/۷۲	۰/۰۳۷۱
۵	کرتاسه	سنگ آهک و آهک مارنی به همراه لایه‌های مارنی و سیلت	۱۴۴۱۷/۵۹	۱۲۵۳/۳۱	۰/۰۸۶۹
۶	ژوراسیک میانی	تناوبی از سنگ آهک ضخیم لایه با نوارهای چرت	۴۴۹۰/۷۹	۵۹/۹۳	۰/۰۱۳۳
۷	ژوراسیک زیرین	تناوبی از ماسه سنگ، شیل، کنگلومرا و لایه‌های ذغال‌دار	۳۹۷۴۸/۱۲	۲۹۸۴/۵۰	۰/۰۷۵۱
۸	تریاس	تناوبی از سنگ‌های آهکی و دولومیت	۸۰۰۰/۱۸	۱۸۴/۲۰	۰/۰۳۰۶



تصویر ۹- نمایش درصد فراوانی و تراکم نسبی زمین لغزش در واحدهای سنگ‌شناسی منطقه

کمترین تعداد زمین لغزش در سازندهای کربناته‌ی لار و دلیچای دیده شده است.

با توجه به نتایج محاسبات و اطلاعات ارائه شده در تصویر ۱۰ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- استعداد زمین لغزش در سازندهایی که دربرگیرنده‌ی کانی‌های رسی بوده نسبت به دیگر سازندها بیشتر است. بنابراین واحدهای سنگ‌شناسی متعلق به سازندهای شمشک، نهشته‌های مارنی آهکی کرتاسه‌ی فوقانی، نهشته‌های مارنی سیلتی نئوژن حساسیت بیشتری نسبت به زمین لغزش در مقایسه با دیگر واحدهای سنگی دارند.

۲- بیشترین تراکم نسبی زمین لغزش در نهشته‌های نئوژن دیده می‌شود. این نهشته‌ها استعداد فرسایش پذیری بالا داشته و به همین دلیل ضخامت زیادی از خاک‌های سطحی را در دامنه‌ها تشکیل می‌دهند. با توجه به ماهیت مارنی و شیلی سنگ‌های اوکیه، خاک‌های شکل‌گرفته نیز دربرگیرنده‌ی درصد فراوانی از کانی‌های رسی می‌باشند. پایین بودن ضریب نفوذپذیری خاک و بالا بودن قابلیت جذب آب، توان ناپایداری این دامنه‌ها در زمان بارندگی را بالا می‌برد. زمانی که درصد رطوبت خاک فراتر از حد خمیری می‌رسد

جنس سنگ و یا مصالح تشکیل دهنده‌ی دامنه‌ها است. برپایه‌ی داده‌های ارائه شده در نقشه‌ی زمین‌شناسی و با توجه به تشابه سنگ‌شناسی، برای منطقه، هشت واحد سنگ‌شناسی معرفی شد. خصوصیات واحدهای سنگ‌شناسی یاد شده و نحوه‌ی گسترش آن‌ها در منطقه و همچنین میزان پراکندگی حرکات دامنه‌ای در هرکدام در تصویر ۵ نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به مساحت واحدهای سنگ‌شناسی، تراکم زمین لغزش در هر واحد و درصد فراوانی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها دو فرآیند زیر دنبال شد:

۱-۶- تعیین میزان تراکم لغزش در واحد: برای محاسبه‌ی میزان

تراکم زمین لغزش

$$L_I = A_L / A_T$$

که  $L_I$ : میزان تراکم زمین لغزش

$A_L$ : مساحت متأثر از زمین لغزش

$A_T$ : مساحت کل واحد سنگ‌شناسی

#### ۲-۶- تعیین درصد فراوانی پدیده‌ی زمین لغزش در هر

##### واحد سنگ‌شناسی

$$\%L_F = N_L / N_T$$

که  $L_F$ : درصد فراوانی زمین لغزش در هر واحد سنگ‌شناسی

$N_L$ : تعداد زمین لغزش‌های ثبت شده در هر واحد سنگ‌شناسی

$N_T$ : تعداد زمین لغزش‌های ثبت شده در کل منطقه

محاسبات میزان تراکم زمین لغزش در هر واحد سنگ‌شناسی و درصد فراوانی آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. تصویر ۹-الف میزان تراکم نسبی زمین لغزش برای واحدهای سنگی را نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات ارائه شده، بیشترین تمرکز زمین لغزش در نهشته‌های نئوژن با ترکیب سنگ‌شناسی مارن، گل‌سنگ و ماسه سنگ است و کمترین تمرکز در سنگ‌های کربناته‌ی ژوراسیک میانی (سازندهای دلیچای و لار) دیده شده است. تصویر ۹-ب درصد فراوانی آن‌ها در منطقه را منعکس می‌کند. بیشترین درصد فراوانی یعنی بیش از ۳۱ درصد زمین لغزش‌ها در سازند شمشک با ترکیب شیل، ماسه سنگ، و کنگلومرا به همراه لایه‌های ذغالی (به ثبت رسیده است. نهشته‌های نئوژن با ۲۶ درصد و نهشته‌های کرتاسه‌ی بالا با ۱۳ درصد به ترتیب در رده‌ی دوم و سوم قرار دارند. همانند حالت فوق



انواع ناپایداری‌ها در دامنه‌ها اتفاق می‌افتد.

عامل اصلی بیشتر این ناپایداری‌ها نیروی ثقل و هوازدهی فیزیکی توده‌ی سنگ است.

هرچند در این بررسی بیشتر جنس سنگ و نوع سازند مبنای ارزیابی قرار گرفته ولی با توجه به میزان بارش در منطقه و حساسیت بالای کانی‌های رسی برای جذب آب، رابطه‌ی تنگاتنگی بین بارش و استعداد ناپایداری یک دامنه وجود دارد. از طرفی وجود گسل‌های فعال و سابقه‌ی لرزه‌خیزی آنها در منطقه، قابلیت آن‌ها در تحریک دامنه‌ها نیز دور از ذهن نیست.

### ۷- نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در رابطه با نحوه‌ی پراکندگی و تنوع زمین لغزش‌ها در منطقه و ارتباط آن‌ها با نوع سازند و یا سنگ‌شناسی مجموعه‌ای از نتایج به شرح زیر به دست آمد:

سازندهای دربرگیرنده‌ی کانی‌های رسی به صورت شیل در سازند شمشک، مارن در سنگ‌های کربناته‌ی مارنی کرتاسه‌ی بالا و گلسنگ در نهشته‌های نئوژن در مقایسه با دیگر سازندها و واحدهای سنگی استعداد بیشتری برای زمین لغزش و دیگر انواع حرکات دامنه‌ای از خود نشان می‌دهند.

بیشترین تراکم نسبی زمین لغزش در نهشته‌های نئوژن دیده می‌شوند، در مقابل بیشترین تعداد در سازند شمشک به ثبت رسیده است. سازندهای کربناته‌ی سخت، مانند سازندهای الیکا، دلیچای و لار کمترین ناپایداری دامنه‌ای را دارند.

هر چند نهشته‌های پلیو-پلیستوسن دربرگیرنده‌ی کانی‌های رسی به صورت گلسنگ و مارن بوده، ولی به خاطر ترکیب آواری و درشت بودن مصالح در نتیجه‌ی فراهم شدن شرایط زهکشی درونی، پایداری بیشتری را نشان می‌دهد.

تنوع حرکات دامنه‌ای متناسب با سنگ‌شناسی سازند بوده است، به نحوی که در سنگ‌های کربناته‌ی سخت سازندهای الیکا و دلیچای عمدتاً به صورت سنگ افت (rock fall)، در سازند شمشک به صورت جریان، در نهشته‌های نئوژن به صورت لغزش چرخشی و در نهشته‌های جوان تر به صورت پهنه‌های لغزشی دیده می‌شوند.

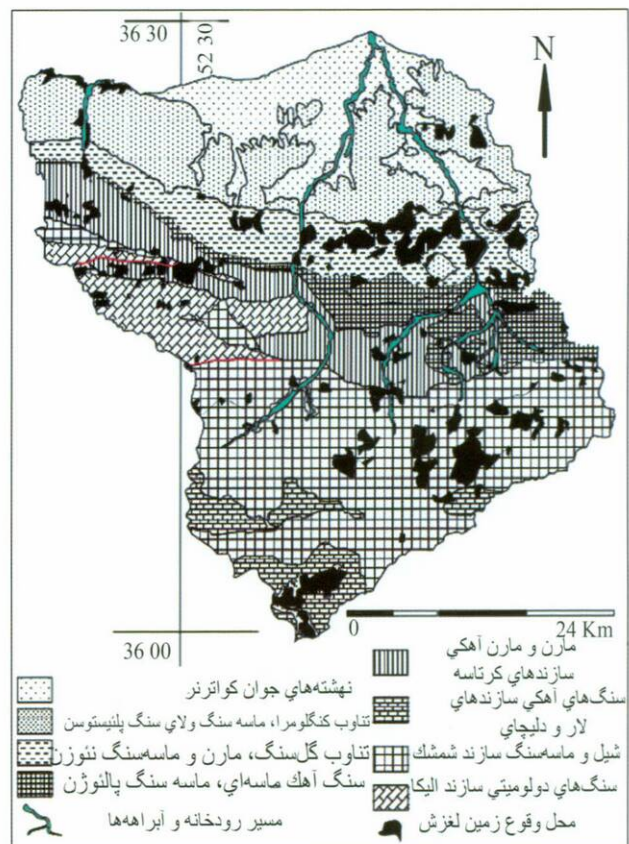
### ۸- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کلیه‌ی دست‌اندرکاران که در انجام این تحقیق

۳- با توجه به گسترش سطحی سازند شمشک بیشترین تعداد حرکت دامنه‌ای در این سازند به ثبت رسیده است. از آنجا که ضخامت پوشش خاک کم و شیب دامنه‌ها بیشتر است، اغلب ناپایداری‌های دامنه‌ای به صورت حرکت جریانی دیده می‌شود.

۴- هرچند نهشته‌های کواترنر عمدتاً شامل مصالح ناپیوسته و یا کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلت با سیمان‌شدگی ضعیف می‌باشند، ولی تعداد زمین لغزش ثبت شده در آن‌ها کم گزارش شده است. علت آن می‌تواند به قابلیت نفوذپذیری نسبتاً بالای آن‌ها مرتبط باشد. در نتیجه توان زهکشی خوب برای آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و این امر سبب بالا رفتن مقاومت آنها در مقابل زمین لغزش شده است.

۵- ناپایداری در واحدهای سنگی سخت مانند سنگ‌های کربناته سازندهای الیکا، دلیچای و لار عمدتاً کم است و بیشتر محدود به مناطق گسله می‌شود. نوع ناپایداری دامنه‌ای در این مناطق بیشتر به صورت سنگ افت و دیگر انواع ریزش‌های سنگی دیده می‌شود.



تصویر ۱۰- نحوه‌ی پراکندگی زمین لغزش‌ها در منطقه و رابطه‌ی آن با واحدهای سنگ‌شناسی

همکاری داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌شود. در این خصوص از زحمات آقای جمال شیخ زکریایی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد، همکاران مرکز تحقیقات آب و خاک وزارت جهاد کشاورزی سپاسگزاری ویژه می‌شود.

### مراجع

وحدتی دانشمند، ف. و کریمی، ح. ر.، ۱۳۸۲، نقشه‌ی زمین‌شناسی قائم‌شهر، مقیاس ۱:۷۱۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

وحدتی دانشمند، ف. و سعیدی، ع.، ۱۳۶۹، نقشه‌ی زمین‌شناسی ساری، مقیاس ۱:۷۲۵۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

وحدتی دانشمند، ف.، ۱۳۷۰، نقشه‌ی زمین‌شناسی آمل، مقیاس ۱:۷۲۵۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

**Brideau, M. A., Stead, D., Roots, C. & Orwin, J., 2007, "Geomorphology and engineering geology of a landslide in ultramafic rocks, Dawson city, Yukon", *Eng. Geol.*, Vol. 89 (3-4): 171-194.**

**Brideau, M. A., Stead, D. & Couture, R., 2006, "Structural and engineering geology of the east gate landslide, Purcell mountains, British Columbia, Canada", *Eng. Geol.*, Vol. 84 (3-4): 183-206.**

**Avanzi, G. D., Giannchini, R. & Puccinelli, A., 2004, "The influence of the geological and geomorphological settings on shallow landslide, an example in a temperate climate environment: the June 19, 1996 event in northwestern Tuscany (Italy)", *Eng. Geol.*, Vol. 73 (3-4): 215-228.**

**Chen, H. & Lee, C. F., 2004, "Geohazards of slope mass movement and its prevention in Hong Kong", *Eng. Geol.*, Vol. 76 (1-2): 3-25.**

**Saldivar-Sali, A. & Einstein, H. H., 2007, "A landslide risk rating system for Baguio City, Philippines area", *Eng. Geol.*, Vol. 91 (2-4): 85-99.**

**Uromeihy, A. & Safaie, M., 2000, "Effect of land use on the development of slope instability in the neka-rood Watershed, Iran", *J. Nepal Geological Soc.*, Vol. 22: 421-428.**