

# استفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ‌ریزش در مسیر جاده چالوس (پل زنگوله – مرزن آباد)

نوشته: ندا قاضی پور\*، علی ارومیه‌ای\*\*، ایمان انتظام\*\*\*، فرهاد انصاری\*\*\* و مرتضی پیروز\*\*\*\*

\* دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران \*\* گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

\*\*\* گروه زمین‌شناسی مهندسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران \*\*\*\* دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران

## The use of Cone-Fall Theory for Evaluation of Rock-Fall Hazard along the Chaloos-Road (Pol-e-Zanguleh – Marzan-Abad)

By: N. Ghazipour\*, A. Uromeihy\*\*, I. Entezam\*\*\*, F. Ansari\*\*\* & M. Pirouz\*\*\*\*

\* Sciences and Research Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran \*\* Dept. of Engineering Geology, Tarbiat Modares

University, Tehran, Iran \*\*\*Dept. of Engineering Geology, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran \*\*\*\* Faculty of

Geology, Tehran University

تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۰۴/۰۶

### چکیده

ناپایداری دامنه‌ها و ریزشهای سنگی همواره از خطرات اصلی در مسیر جاده‌ها در مناطق کوهستانی بوده و جاده کرج- چالوس از این خطر مستثنی نیست. به منظور ارزیابی خطر سنگ‌ریزش در مسیر راهها، روشهای متعددی وجود دارد که در این تحقیق از روش محاسبه مخروط افت استفاده شده است. در این روش، متناسب با ابعاد هندسی و شیب دامنه، نحوه حرکت سنگ‌ریزش و میزان گسترش و پراکندگی آنها در طول دامنه و در نهایت تأثیری که روی مسیر راه می‌گذارد، بررسی می‌شود. با استفاده از داده‌های رقمی و با بهره‌گیری از نرم افزارهای تخصصی، مناطق مستعد سنگ‌ریزش در طول مسیر راه شناسایی شدند. خطر سنگ‌ریزش برای شیب دامنه‌ها و برای دو زاویه بحرانی محاسبه شده و نتایج به صورت نقشه‌های پهنه‌های خطر سنگ‌ریزش ارائه شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که خطر سنگ‌ریزش رابطه مستقیمی با شیب دامنه‌های سنگی و شرایط توپوگرافی آن دارد. همچنین نوع سنگ در گسترش و شکل‌گیری جابه‌جایی سنگ‌ریزشها نقش مهمی ایفا می‌کند.

**کلید واژه‌ها:** سنگ‌ریزش، نظریه مخروط افت، استعداد سنگ‌ریزش، جاده چالوس، ناپایداری دامنه‌ای

### Abstract

Karaj-Chaloos Road is always considered as the most hazardous road due to rockfalls and landslide events. The road, located in the Central Alborz Mountains, is a vital route connecting Tehran and the southern part of Alborz to the northern part and the resort areas along the Caspian Sea. The aim of this paper is to study and evaluate the potential of rockfalls and landslides along the middle part of the route. The study area has a very complicated geological and geomorphological condition and many deep cuts were made along the road to provide a safe passage through the mountains. Since most of the slope instabilities along the road are of rockfall type, cone-fall theory proposed by Evans and Hungr (1993) was used to analyze and predict the rockfalls along the route. The results show that the potential of rockfall is directly related to morphology and higher for steeper slopes. Rock type and the geological structures of the slopes also influence the rockfall potential in the study area.

**Keyword:** Rockfall, Cone-fall theory, Rockfall potential, Chaloos-road, Slope instability.

## ۱- مقدمه

می‌شود که پوشش گسترده‌ای در بخشهای میانی منطقه دارند. سازند کهر عمدتاً شامل ماسه سنگ، لای سنگ، کوارتزیت و میان‌لایه‌هایی از شیل و دولومیت است. با توجه به مقاومت نسبتاً خوب ( $RMR = 65-75$  و  $\sigma_c = 110$  MPa)، این سنگها ارتفاعات بلند منطقه را تشکیل می‌دهند. علاوه بر سطوح لایه‌بندی، سه سیستم درزه در ماسه‌سنگهای سازند کهر قابل اندازه‌گیری است که شرایط لازم را برای لغزش صفحه‌ای و واژگونی را در دامنه‌ها فراهم می‌کنند.

سازند سلطانی در منطقه، عمدتاً شامل سنگهای دولومیتی با لایه‌بندی منظم سبتر تا میان‌لایه و حاوی دو سیستم درزه اصلی می‌باشند. استقامت سنگهای دولومیتی نیز خوب ( $RMR = 60-75$  و  $\sigma_c = 110-130$  MPa) توصیف شده است. رخنمون این سازند در مسیر راه گسترش محدودتری نسبت به سازند کهر دارد. شکل ۲ نمونه‌ای از دامنه به وجود آمده در سنگهای دولومیتی سلطانی را نشان می‌دهد.

**پالئوزویک:** طیف گسترده‌ای از سازندهای پالئوزویک در منطقه مورد مطالعه رخنمون دارند که از قدیم به جدید شامل سازندهای باروت، زایگون، لالون، میلا، جیرو (آهک مبارک)، درود، روت و نسن می‌شود. شیلها و لای سنگهای سازند زایگون بیشترین گسترش را در محدوده هزار چم دارند. ماسه سنگهای سرخ‌رنگ نسبتاً سبتر لایه لالون دارای خصوصیات مقاومتی نسبتاً خوب هستند ( $RMR = 60-75$  و  $\sigma_c = 98-130$  MPa). سنگهای آهک مبارک نیز گسترش قابل توجهی در بخشهای جنوبی منطقه دارد. این سنگها به خاطر استقامت بالا ( $RMR = 60-72$  و  $\sigma_c = 80-110$  MPa) دارای دامنه‌هایی با شیب تند می‌باشند. سه سیستم درزه در توده سنگ قابل شناسایی است که باعث ناپایداری دامنه‌ای به صورت لغزش گوه‌ای و لغزش صفحه‌ای و سنگ‌ریزش می‌شوند. در نهایت سنگهای آهکی و ماسه سنگهای سازندهای درود و روت در محدوده سیاه بیشه دامنه‌های مشرف به مسیر راه را تشکیل می‌دهند. بیرون‌زدگی‌هایی از بازال و سنگهای آذرین بازی در محدوده شمال پل زنگوله نیز دیده می‌شوند که به پرمین پایانی تعلق دارند.

**مزوزویک:** بیشترین بیرون‌زدگی نهشته‌های مزوزویک متعلق به سازند الیکا است که در منطقه شامل سنگ آهک با لایه‌بندی منظم می‌باشد. سازندهای شمشک، دلچای، لار، تیزکوه، و واحدهای سنگی کرتاسه بالا گسترش کمتری در طول مسیر راه دارند.

**کواترنری:** نهشته‌های کواترنری شامل نهشته‌های آبرفتی، واریزه‌ها، سنگ‌ریزشها و دیگر حرکات دامنه‌ای می‌شوند. با توجه به فعالیتهای زمین‌ساختی در منطقه و مورفولوژی تند دامنه‌ها و در نتیجه فرسایش پیوسته رسوبات، نهشته‌های

خطر سنگ‌ریزش در مسیر راههای کوهستانی، همیشه مورد توجه پژوهشگران بوده است و در این زمینه، مطالعات زیادی انجام شده که می‌توان به مطالعات (Lied (1977) در نروژ و (Wieczorek et al. (1998) در دره یومیست ایالات متحده و همچنین می‌توان به پژوهشهای (Batterson et al. (2006) در ارزیابی خطرات زمین‌شناسی مرتبط با سنگ‌ریزش در کانادا اشاره کرد. در ایران نیز مطالعات پراکنده در ارزیابی پایداری مسیر راهها صورت گرفته که نمونه آن گزارش بررسی خطر سنگ‌ریزش ارائه شده توسط بلورچی و همکاران (۱۳۸۵) است.

استفاده از GIS در مطالعه سنگ‌ریزشها دارای دو مزیت عمده است. یکی، یافتن توان پنهانی شیبهای مستعد سنگ‌ریزش و دیگری، برآورد بیشترین فاصله‌ای است که یک سنگ‌ریزش می‌تواند تحت تأثیر خود قرار دهد (Jabyedoff & Labiouse, 2003). این مطالعه بر اساس روش مخروطی بنا شده و می‌تواند یکی از روشهای مناسب برای پیش‌بینی اولیه مناطق مستعد سنگ‌ریزش باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از جاده چالوس، حد فاصل پل زنگوله - مرزن‌آباد، به طول ۵۰ کیلومتر است. اهمیت مطالعه این بخش از جاده چالوس به دلیل ریزشهای مکرر که سالانه خسارتهای مالی و گاه جانی به همراه دارد، صورت گرفته است. بارشهای فصلی و وقوع زمین‌لرزه نیز در تشدید حرکات دامنه‌ای تأثیر قابل توجه دارند. شکل ۱ مسیر جاده چالوس در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

## ۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

رشته کوه البرز یک کمربند چین‌خورد- رانده در شمال ایران است که نتیجه دگرشکلی فعال بخشی از پهنه وسیع برخورداری اوراسیا- عربستان را تشکیل می‌دهد (Allen et al., 2000). منطقه مورد مطالعه در بخش میانی البرز مرکزی قرار دارد که از نظر ریخت‌شناسی، این بخش از البرز بیشترین ناهمواریها و بلندترین ارتفاعات را به خود اختصاص می‌دهد. ساختارهای زمین‌شناسی نقش اساسی در شکل‌گیری ناهمواریهای سطح زمین دارند (بلورچی و همکاران، ۱۳۸۵).

از نظر زمین‌شناسی، دامنه گسترده‌ای از واحدهای سنگ‌شناسی پیش از پالئوزویک تا عهد حاضر در منطقه رخنمون دارند. بر پایه اطلاعات ارائه شده در نقشه زمین‌شناسی مرزن‌آباد با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی ۱۳۷۹)، ویژگیهای واحدهای سنگ‌شناختی منطقه به شرح زیر معرفی می‌شود (شکل ۱).

**پروکامبرین:** کهن‌ترین سنگهای منطقه به دو سازند کهر و سلطانی محدود

که  $g$  نیروی گرانش زمین و  $v$  سرعت حرکت قطعات سنگ در نقطه  $x$  است. برای شناسایی اولیه و سریع مناطق دارای پتانسیل خطر سنگ ریزش شیبهای  $40^\circ$  یا  $45^\circ$  درجه و مناطقی پرتگاهی در نقشه‌های برداری توپوگرافی به عنوان مخازن سنگ ریزشی در نظر گرفته می‌شوند (Jaboyedoff & Labiouse, 2003). با استفاده از داده‌های رقومی توپوگرافی با مقیاس  $1:25000$ ، نقشه شیب منطقه در بازه‌های با تقسیم‌بندی پنج درجه‌ای تهیه شد. با توجه به کوهستانی بودن منطقه و تغییرات شدید ریخت‌شناسی، زاویه شیب مخروط افت برای دو حالت  $40^\circ$  و  $45^\circ$  درجه در نظر گرفته شد. زاویه‌های در نظر گرفته شده زاویه شیب میانگین دامنه‌های منطقه می‌باشد که در آنها پدیده سنگ ریزش رخ داده است. بر این مبنا محاسبه مخروط افت برای دو زاویه  $40^\circ$  درجه و  $45^\circ$  درجه به وسیله نرم‌افزار CONEFALL و با کمک نرم‌افزار Arc GIS صورت گرفت.

#### ۴- پهنه‌بندی خطر سنگ ریزش

برای ارزیابی بهتر و دقیق‌تر خطر سنگ ریزش در مسیر راه، محدوده مورد مطالعه به سه منطقه تقسیم‌بندی شده و برای هر کدام از آنها تحلیل پهنه‌بندی خطر صورت گرفت. مناطق مورد بررسی به ترتیب از شمال به جنوب شامل: چهار گوش مکارود، چهار گوش دزبن و چهار گوش پل زنگوله هستند. شکل ۵ محدوده گسترش چهار گوشهای ذکر شده را نشان می‌دهد. اطلاعات مورد نیاز برای استفاده در تحلیل پایداری دامنه‌ها، از ۴۷ ایستگاه در طول مسیر برداشت شد که ۴ ایستگاه در چهار گوش مکارود، ۲۹ ایستگاه در چهار گوش دزبن و ۱۴ ایستگاه در چهار گوش پل زنگوله در نظر گرفته شد. مبنای انتخاب ایستگاهها و موقعیت آنها بر اساس مشاهدات صحرائی و همچنین بر اساس مناطقی بوده که بر اثر تحریک زمین لرزه ۸ خرداد ۱۳۸۳ کجور- فیروز آباد و یا دیگر عوامل در آنها پدیده سنگ ریزش اتفاق افتاده است. لازم به ذکر است که ۵۳ محل برخورد سنگ ریزش در مسیر راه ثبت شده و به عنوان نقاط شاهد در نظر گرفته شده‌اند. موقعیت ایستگاههای برداشت نیز در شکل ۳ نشان شده‌اند. با استفاده از نظریه مخروط افت و با به کارگیری نرم‌افزار CONEFALL و با بهره‌گیری از نرم‌افزار Arc GIS نقشه پهنه‌بندی خطر سنگ ریزش برای دو زاویه بحرانی  $40^\circ$  درجه و  $45^\circ$  درجه تهیه شد. نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر سنگ ریزش در شکل ۶ ارائه شده است.

#### ۵- بررسی و ارزیابی نتایج

نتایج حاصله از بررسیها و تلفیق آنها با مشاهدات صحرائی همخوانی بسیار خوبی در ارزیابی خطر سنگ ریزشها در منطقه نشان می‌دهد. با مطالعه نقشه

کواترنر گسترش محدود و کم دارند. بیشترین گسترش این نهشته‌ها در محدوده مکارود به سمت مرزن آباد است که عمدتاً شامل نهشته‌های آبرفتی درشت دانه با سیمان‌شدگی ضعیف می‌باشد.

#### ۳- نظریه مخروط افت

یکی از روشهای متداول برای ارزیابی حرکت سنگ ریزشها استفاده از نظریه حرکت مخروطی واریزه‌ها در طول دامنه است. این نظریه توسط Evan & Hungr (1993) پیشنهاد شده و بر پایه این نظریه، حرکت بلوک سنگ از محل جدایش در طول دامنه به سمت افق پایین‌تر در فضای یک مخروط صورت می‌گیرد. نوک مخروط محل ایستای سنگ پیش از حرکت و قاعده مخروط، فضای قابل دسترس برای بلوک سنگ متحرک در قسمت پایین دامنه است. شکلهای ۴-الف و ۴-ب مخروط حرکت برای یک سنگ ریزش را نشان می‌دهند. زاویه‌ای که سطح مخروط با سطح افق در جهت شیب توپوگرافی می‌سازد زاویه بحرانی ( $\phi$ ) یا زاویه مخروط افت نامیده می‌شود. هرچه زاویه بحرانی بزرگ‌تر باشد، ابعاد مخروط افت گسترده‌تر و حرکت بلوک سنگ به صورت متمرکزتر بوده و در نتیجه خطر آفرینی سنگ ریزش بیشتر خواهد بود. در مقابل، با کاهش زاویه بحرانی، ابعاد مخروط افت و پراکندگی حرکت بلوک سنگ بیشتر خواهد شد. از عوامل مؤثر دیگر در حرکت سنگ ریزش، سرعت حرکت بلوک سنگ است که تابعی از ارتفاع دامنه می‌باشد. ارتفاع دامنه فاصله بین دو تراز رقومی یک دامنه در نظر گرفته می‌شود. سرعت حرکت بلوک سنگ میزان انرژی ذخیره‌ای (پتانسیل) و جنبشی را کنترل می‌کند.

در این تحقیق، برای محاسبه نحوه حرکت و بررسی میزان خطرپذیری سنگ ریزش، از نرم‌افزار CONEFALL تهیه شده توسط (Jaboyedoff, 2003) استفاده شد. نرم‌افزار فوق بر پایه داده‌های DTM (Digital Terrain Model) برنامه‌ریزی شده است. با به کارگیری این نرم‌افزار می‌توان بیشترین فاصله جابه‌جایی یک بلوک سنگ از محل جدایی خود در طول دامنه را تعیین کرد. زاویه مخروط افت که با  $\phi$  در شکل ۴ نشان داده شده، زاویه‌ای است که بین سطح افق و خط مسیر حرکت از نقطه جدایی تا نقطه ایستایی به وجود می‌آید. زاویه مخروط افت که با  $\phi$  بازه‌ای در حدود  $27^\circ$  تا  $32^\circ$  درجه دارد، ولی به نظر (Jaboyedoff & Labiouse, 2003) در مناطق کوهستانی، این زاویه می‌تواند تا  $45^\circ$  درجه نیز برسد. در هر نقطه از مسیر حرکت (برای مثال نقطه  $x$ )، اختلاف ارتفاع بین مخروط و سطح توپوگرافی  $\Delta H$  مطابق فرمول زیر با سرعت حرکت و نیروی گرانش رابطه دارد.

$$\Delta H = v^2 / 2g$$



## ۶- نتیجه‌گیری

استفاده از نظریه مخروط افت یکی از روشهای کاربردی و مؤثر در ارزیابی خطر سنگ‌ریزش است. از این روش، برای ارزیابی خطر سنگ‌ریزش در مسیر جاده چالوس حد فاصل پل زنگوله تا مرزن آباد استفاده شد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر سنگ افت از نرم افزار CONEFALL استفاده شد که بر پایه نظریه مخروط افت نوشته شده است. داده اولیه مورد نیاز برای اجرای برنامه تعیین موقعیت سنگ‌ریزش و نقشه رقومی شیب منطقه است. موقعیت سنگ‌ریزشها با انجام مشاهدات صحرائی و از طریق ۴۷ ایستگاه برداشت تعیین شد. و نقشه رقومی شیب منطقه با استفاده از نرم‌افزار ARC-GIS تهیه شد. با تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش در مسیر راه و مقایسه نتایج به دست آمده با شواهد و واقعتهای روی زمین تطابق نزدیک و خوبی به دست آمد. این امر صحت به کارگیری روش مخروط افت را برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

احتمال خطر سنگ‌ریزش در چهار گوش دزین در مقایسه با چهار گوشهای پل زنگوله و مکارود بیشتر است. علت اصلی می‌تواند تغییرات شدید شرایط توپوگرافی سطح زمین باشد. علت دیگر می‌تواند گسترش بیشتر ماسه‌سنگهای سازند کهر در این چهار گوش باشد. خطر سنگ‌ریزش در این سازند و ماسه سنگهای سازند لالون محدود به بریدگیهای مسیر راه نیست و در همه دامنه‌ها گسترش دارد. در مقابل احتمال بروز خطر سنگ‌ریزش در سنگهای کربناتی سازندهای سلطانیه، مبارک و روته بیشتر در طول بریدگیهای مسیر راه می‌باشد. گسترش خطر سنگ‌ریزش در سنگهای بازالتی پریمین محدود به مناطق خرد شده در اثر عملکرد گسلها و شکستگیهای محلی است.

## سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری صمیمانه گروه زمین‌شناسی مهندسی سازمان زمین‌شناسی و تحقیقات معدنی کشور در اجرای این طرح تحقیقاتی تشکر و قدردانی کنند. در این خصوص زحمات بی‌شائبه آقایان محمد جواد بلورچی و مسعود محمود پور قابل ستایش و سپاسگزاری است.

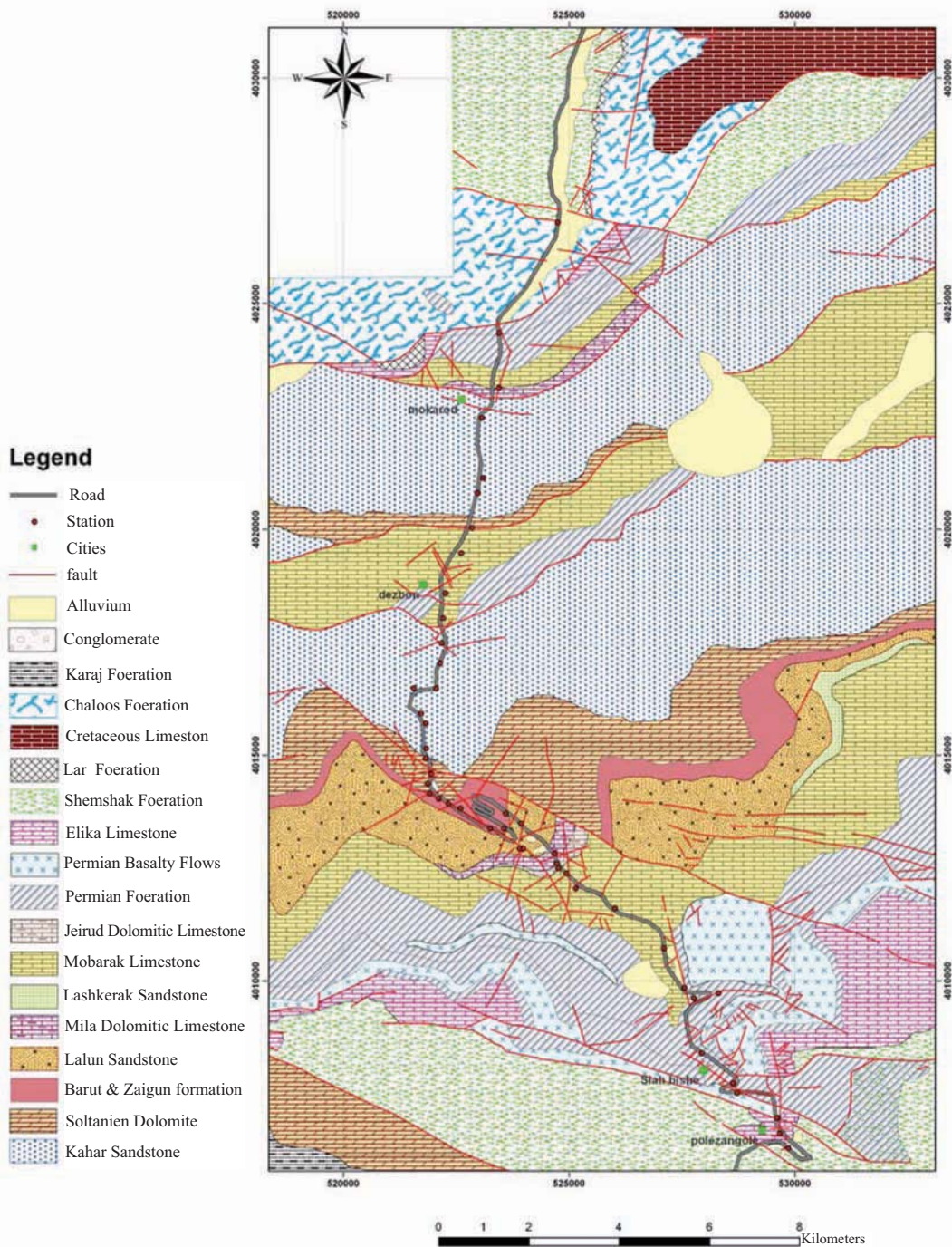
پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش ارائه شده در شکل ۵ که بر روی نقشه توپوگرافی ارائه شده است، می‌توان چنین بیان داشت که احتمال بروز خطر سنگ‌ریزش در چهار گوش دزین بیشترین است و در چهار گوشهای پل زنگوله و مکارود احتمال بروز خطر به ترتیب کمتر می‌شود. علت اصلی این امر پیچیدگی خصوصیات ناهمواریهای سطحی (توپوگرافی) در این مقطع از مسیر راه است. لازم به یاد آوریم که فعالتهای زمین‌ساختی نقش مستقیمی در شکل‌گیری ارتفاعات و ریخت‌شناسی منطقه دارند.

نقشه تلفیق داده‌های زمین‌شناسی و پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش در شکل ۶ نشان داده شده است. خطر سنگ‌ریزش در ماسه سنگهای سازند کهر در مقایسه با دیگر واحدهای زمین‌شناسی بیشتر است. احتمال بروز این خطر محدود به بریدگی مسیر راه نیست و در همه دامنه‌های محل رخنمون این سازند دیده می‌شوند. این مورد برای ماسه سنگهای سازند لالون نیز صدق می‌کند، هر چند این سازند گسترش کمتری در مسیر راه دارد. فراوانی خطر سنگ‌ریزش در سنگ دولومیت‌های سازند سلطانیه و سنگهای کربناتی دیگر سازندها از جمله مبارک و روته بیشتر محدود به بریدگیهای مسیر راه بوده و در محل عملکرد گسلها دیده می‌شوند. خطر سنگ‌ریزش در سنگهای بازالتی پریمین بالای که در منطقه پل زنگوله رخنمون دارند، محدود به موقعیت گسلها و شکستگیهای اصلی است و تأثیر مستقیمی روی مسیر راه و پایداری آن ندارد.

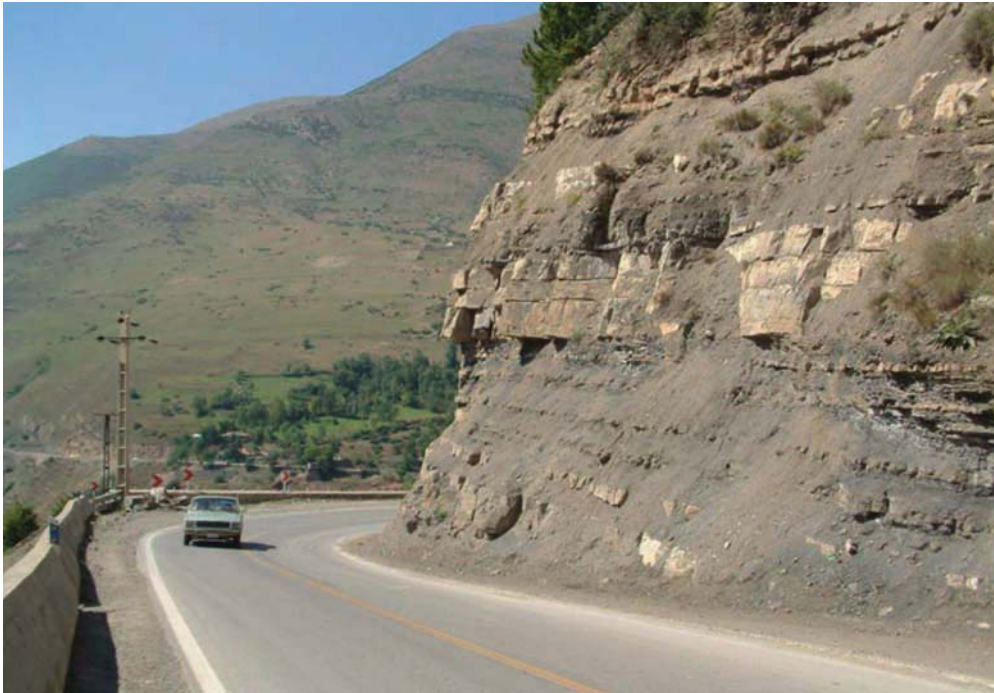
قابل ذکر است که عوامل متعددی در ایجاد سنگ‌ریزش دخالت دارند که می‌توان آنها را به دو مجموعه عوامل درونی و بیرونی تقسیم‌بندی کرد. مؤثرترین عامل درونی ریخت‌شناسی سطح زمین یا ابعاد هندسی دامنه است که به همراه عوامل دیگر همچون ویژگیهای سنگ‌شناسی و ساختارهای زمین‌شناسی بیشترین تأثیر را در کنترل نوع و ابعاد سنگ‌ریزش دارند. از مجموعه عوامل بیرونی تأثیر نیروهای دینامیکی (زمین‌لرزه‌ها) و بارشهای جوی در مقایسه با دیگر عوامل بیشتر است. در اثر عملکرد زمین‌لرزه ۸ خرداد ۱۳۸۳ با بزرگای ۶/۳ در مقیاس ریشتر، سنگ‌ریزشهای زیادی در مسیر راه اتفاق افتاد که باعث خسارات جانی و مالی بسیار و بسته شدن مسیر راه برای سه ماه شد (بلورچی و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین تغییرات دما در طول سال و بارشهای فصلی سبب ایجاد سنگ‌ریزش در مقیاس کوچک‌تر در طول مسیر راه می‌شود.



## Geology & Station position



شکل ۱- ویژگیهای زمین شناسی مسیر راه چالوس (حد فاصل پل زنگوله- مرزن آباد) و موقعیت ایستگاههای برداشت (سازمان زمین شناسی کشور ۱:۱۰۰۰۰۰ مرزن آباد؛ وحدتی دانشمند، ۱۳۷۹)

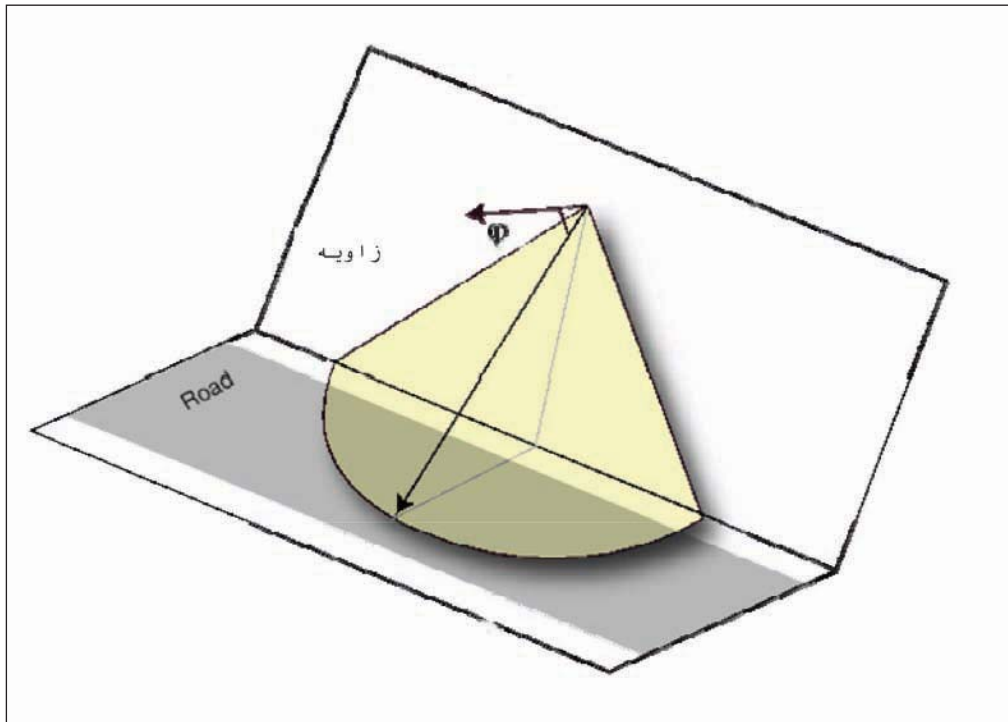


شکل ۲- رخنمون تناوب ماسه سنگ و شیل سازند درود در مسیر راه و احتمال بروز پدیده سنگ‌ریزش در نتیجه تفاوت فرسایش واحدهای سنگی

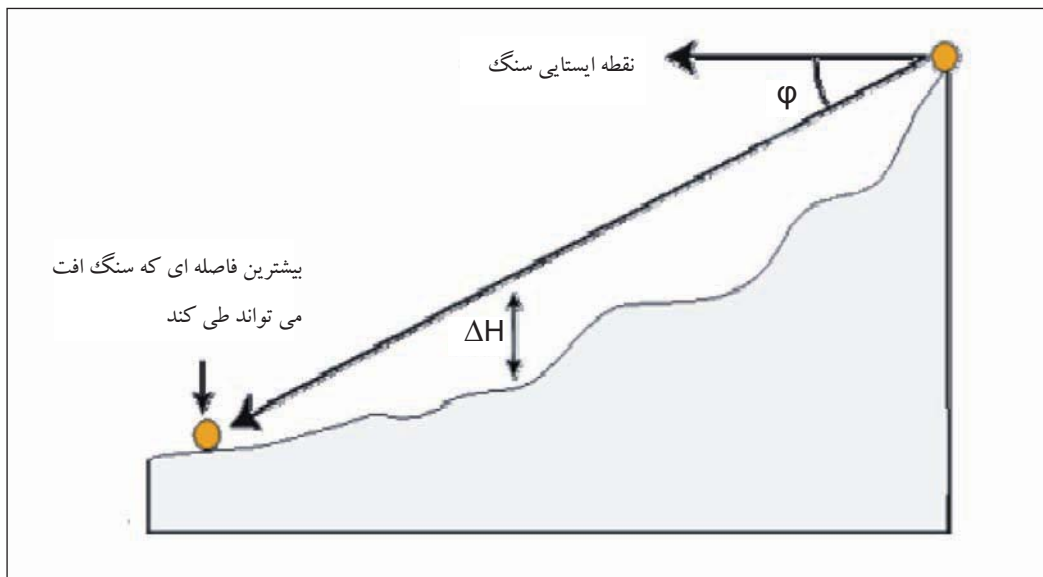


شکل ۳- نمایی از سنگ آهک ستبر لایه مبارک و توان خطر سنگ‌ریزش در مسیر راه با توجه به شیب تند دامنه



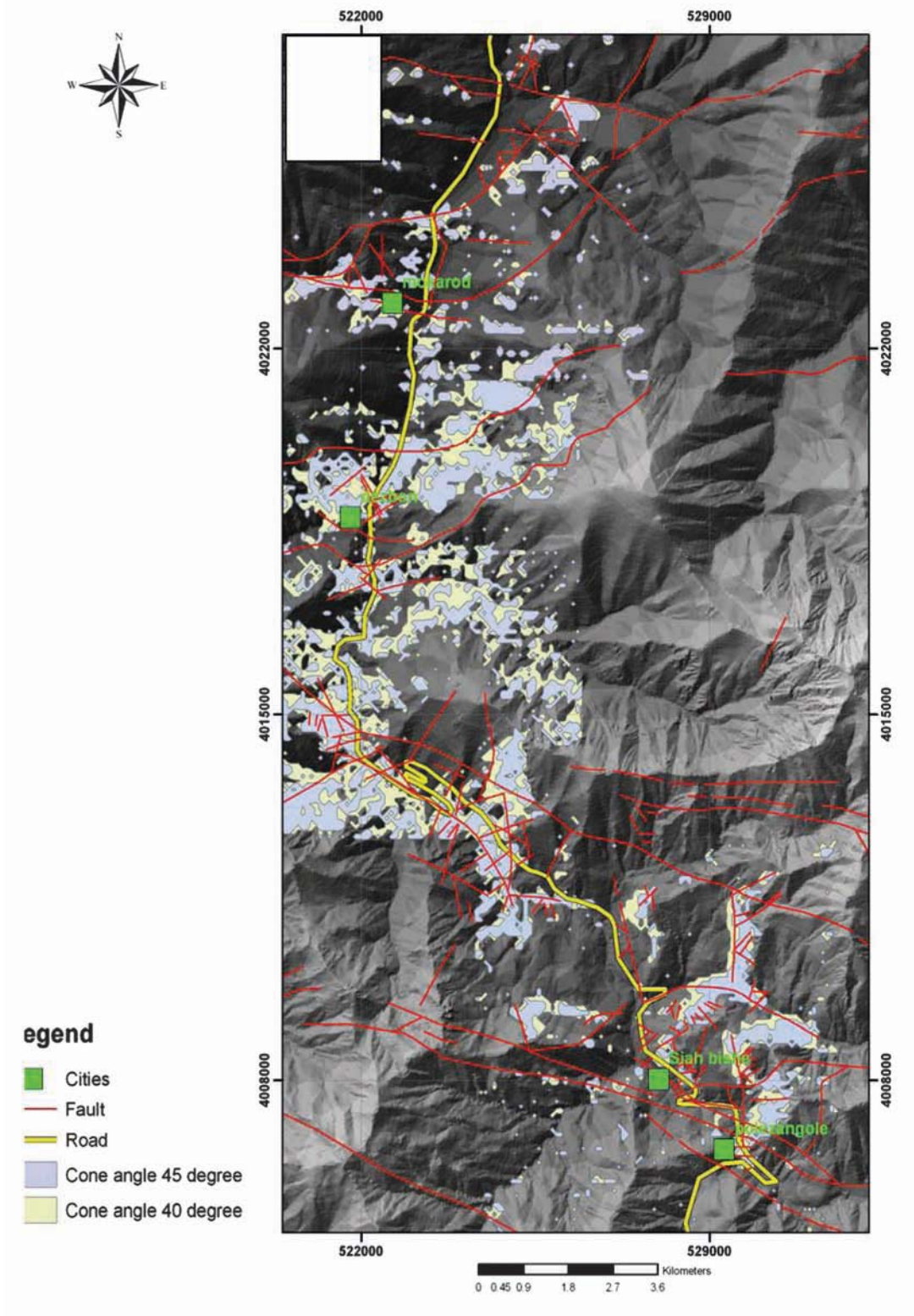


شکل ۴-الف)



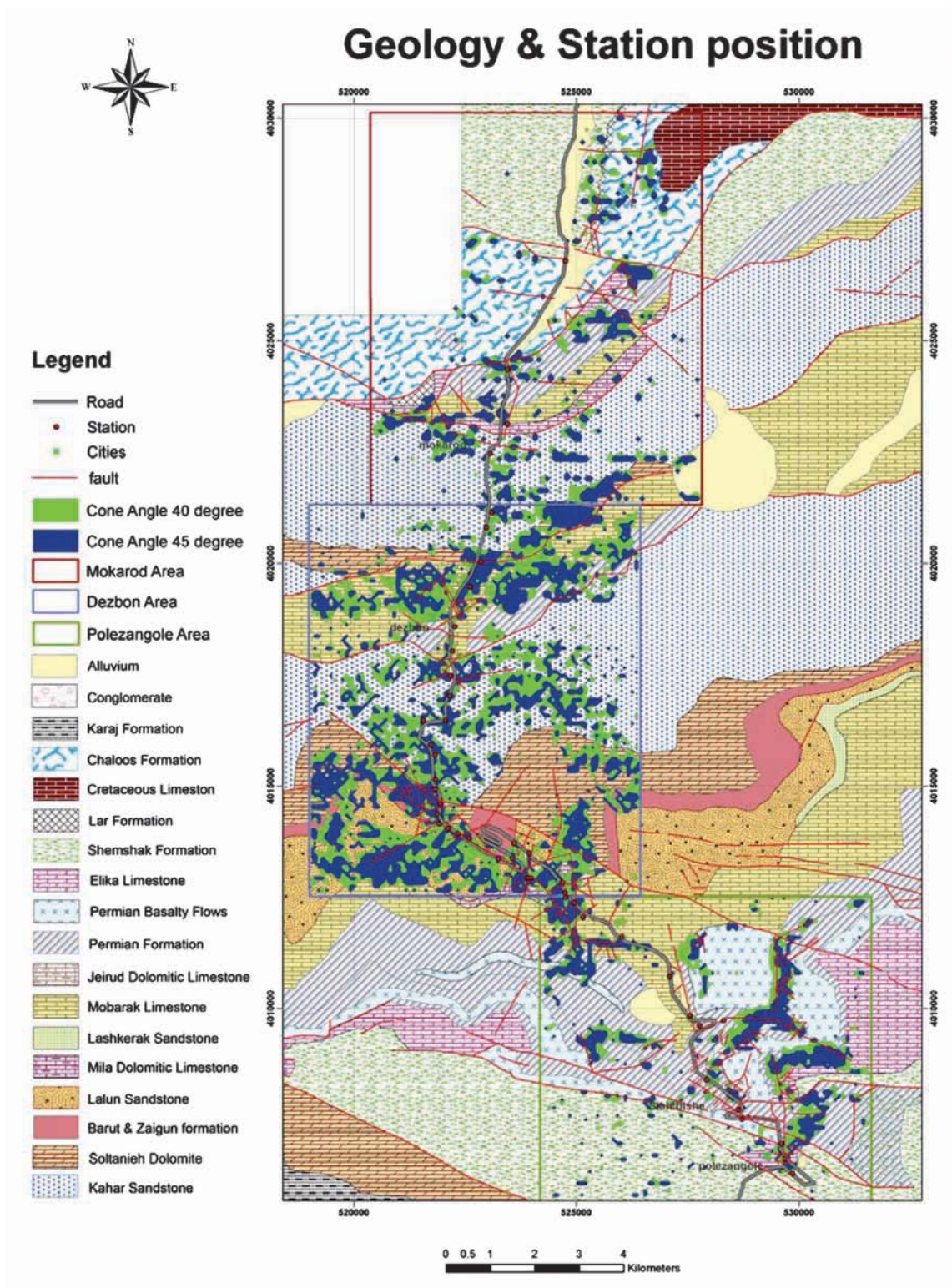
شکل ۴-ب)

شکل ۴-الف) نیمرخ طولی یک دامنه و نمود زاویه بحرانی، ب) رابطه بین سطح توپوگرافی و مسیر حرکت مخروط افت  $\Delta H$



شکل ۵- نمایش مناطق مستعد سنگ‌ریزش برای دو زاویه ۴۰ و ۴۵ درجه در طول مسیر راه و تلفیق آن با نقشه ناهمواریهای سطح زمین به همراه موقعیت گسلهای اصلی





شکل ۶- نمایش مناطق مستعد سنگ‌ریزش برای دو زاویه ۴۰ و ۴۵ درجه در طول مسیر راه و تلفیق آن با نقشه زمین‌شناسی در سه چهارگوش مورد بررسی

**کتابنگاری**

بلورچی، م. ج.، انتظام، ا.، محمودپور، م.، کریم نژاد، س.، شمشکی، ا.، ۱۳۸۵- گزارش بررسی خطر سنگ‌ریزش در جاده چالوس، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره: ۸۵-۱-۱ En Geo  
وحدتی دانشمند، ف.، ۱۳۷۹- نقشه زمین‌شناسی ورقه مرزن آباد با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

**References**

- Allen, M.B., Alsop, G.I., Imber, J., Strachan, R.A., Holdsworth, R.E. & Butler, C.A., 2002- Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, *Journal of Structural Geology*, 25, 659-672.
- Batterson, M., McCuaig, S. & Taylor, D., 2006- Mapping and assessing risk of geological hazard on the Northeast Avalon peninsula and Humber valley, Newfoundland, Newfoundland and Labrador Department of Natural Resources, Geological Survey, Report 06-1, pages 147-160
- Evans, S. & Hungr, O., 1993- The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 30, 620-636.
- Jaboyedoff, M. & Labiouse. V., 2003- Preliminary assessment of rockfall hazard based on GIS data. Technology roadmap for rock mechanics, South African Institute of Mining and Metallurgy, pp.575-578.
- Jaboyedoff, M., 2003- CONEFALL 1.0 User's Guide. Open report – Soft 01, Quanterra. [www.quanterra.org](http://www.quanterra.org), 15p.
- Lied, K., 1977- Rockfall problems in Norway. In: Rockfall dynamics and protective work effectiveness. ISMES publ. n.90. Bergamo, 51-53.
- Wieczorek, G.F., Morrissey, M.M., Iovine, G. & Godt, J., 1998- Rockfall hazards in the Yosemite Valley. U.S. Geol. Survey Open-File Report 98/467, 8 pp.