

## بررسی ژئومورفولوژیکی خطر ریزش سنگ در مسیر جاده کرمانشاه - ایلام، از شهر حمیل تا روستای شهاب

محمود علایی طالقانی - استادیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه  
ستار جلیلیان\* - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه  
علی رضاپور - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۱۱

وصول: ۱۳۹۳/۴/۱۵

### چکیده

جاده حمیل - شهاب که بخشی از محور ارتباطی کرمانشاه - ایلام است و برای کوتاه شدن مسیر این دو شهر در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۵ احداث و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، از زمان احداث تا کنون شاهد ریزش سنگ از دامنه‌ها بوده است؛ بنابراین هدف این تحقیق، بررسی علت وقوع ریزش و همچنین تعیین مناطق پرخطر از نظر این پدیده در محور فوق بوده است. برای دستیابی به این هدف، محور مورد نظر طی چند نوبت مورد پیمایش میدانی قرار گرفته و در آن ۳۳ مکان ریزشی مورد شناسایی قرار گرفته و هر مکان از نظر ۱۱ پارامتر شامل شیب دامنه، ارتفاع دامنه، جنس مواد دامنه، فاصله پای دامنه تا سطح جاده، شکل پاشنه جاده، پوشش گیاهی دامنه، جهت دامنه، ساخت زمین‌شناسی دامنه، شکل دامنه، فاصله مکان ریزشی از گسل و طول دامنه در جهت افق مورد ارزیابی قرار گرفت تا میزان خطر هر مکان از نظر ریزش سنگ مشخص شود. به هر پارامتر یک ارزش عددی از صفر تا ده داده شد سپس ارزش عددی هر مکان با توجه به پارامترهای ذکر شده سنجیده شد. بر اساس نتایج حاصله، از ۳۳ مکان ریزشی برداشت‌شده در طول مسیر، ۶/۰۶ درصد در کلاس خطر کم، ۳۰/۳۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۳۹/۳۹ درصد در کلاس خطر زیاد و ۲۴/۲۴ درصد در کلاس خطر بسیار زیاد قرار گرفتند.

واژگان کلیدی: ریزش سنگ، ژئومورفولوژی، محور کرمانشاه - ایلام، شهر حمیل، جاده.

## مقدمه

کوه‌ها و عوارض ناهمواری، بخش عمده‌ای از مساحت سطح زمین و از جمله سرزمین ایران را دربر گرفته‌اند. بدین لحاظ، زندگی در فضای کوه‌ها و تقابل با سطوح پرشیب دامنه‌ها از طرف انسان امری اجتناب‌ناپذیر است. طبق برآوردها مشخص شده است که ۳۶ درصد سطح زمین را کوه‌ها اشغال کرده‌اند و ۱۰ درصد جمعیت جهان را نیز در خود جای داده‌اند (چائو و همکاران، ۲۰۰۴: b). علاوه بر آن، کوه‌ها در موارد زیادی سبب گسیختگی سطوح دشت‌های هموار شده‌اند و انسان‌ها نیز به منظور دستیابی به دشت‌های مجاور ناچارند از کوه‌ها عبور نمایند. برای این منظور، احداث راه به اشکال مختلف، مقوله‌ای است که سبب دخالت انسان در این مناطق می‌شود. احداث راه می‌تواند موجب زیربری دامنه‌ها شود و به دنبال آن فرایندهای دامنه‌ای نظیر ریزش و لغزش به فعالیت درآیند و یا تشدید شوند. این در حالی است که خود فعالیت‌های مهندسی نظیر حفاری در زمین و یا عملیات انفجاری برای خرد کردن سنگ‌ها می‌تواند موجب برهم خوردن تعادل دامنه‌ها گردد و مواد دامنه‌ها را ناپایدار سازد (مختاری، ۱۳۸۴: ۸۸). به هر حال هر نوع فعالیت‌هایی که مانند راه‌سازی سبب دست‌کاری در شیب دامنه‌ها گردد می‌تواند از سرگیری فرایندهای ژئومورفولوژیک را به همراه داشته باشد و محیط را به صورت تازه‌ای برای ساکنین و رهگذران مخاطره‌آمیز نماید. ریزش‌های سنگی در کوهستان‌های نیمه‌خشک با دامنه‌های سنگی که در معرض یخبندان و ذوب یخ هستند به وفور رخ می‌دهد (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۸: ۱۷). بنابر اظهار محمدی (دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی دانشگاه کرمان) تعداد افرادی که در اثر سوانح ریزش سنگ ناشی از راه‌سازی در مناطق کوهستانی از بین رفته‌اند با تعداد افرادی که در سایر انواع گسیختگی‌ها و ناپایداری‌های شیبی جان باخته‌اند تقریباً برابر است. این وقایع باعث شده تا پژوهشگران زیادی در خصوص اثرات ژئومورفولوژیک راه‌سازی در مناطق کوهستانی به تحقیق بپردازند و مناطق پر خطر را شناسایی نمایند. از جمله کل و لندرز (۱۹۶۶)، ساخت و نگهداری جاده‌ها را با تأثیرات کوتاه‌مدت و بلندمدت بر محیط بررسی کردند. فلاح تبار (۱۳۷۹)، نقش پارامترهای جغرافیایی مؤثر بر راه‌های کشور را به صورت کلی معرفی کرد. باقدم و همکاران (۱۳۸۴)، با انطباق نقشه‌های زمین‌شناسی، مخاطرات اقلیمی، هیدرولوژیک و ژئومورفولوژیک، نقشه مخاطرات محیطی محور ارتباطی سنج میریان را تهیه نمودند. بلادیس (۱۳۸۷)، با آگاهی از ویژگی‌های واحدهای توپوگرافی و ژئومورفولوژیکی جاده مرنده - جلفا در شمال استان آذربایجان شرقی، نقش عوامل مورفوزنز و مورفودینامیک فعال در وقوع فرایندهای دامنه‌ای را مورد بررسی قرار داد. کرمی (۱۳۸۵)، نقش فعالیت‌های انسانی (احداث جاده) را بر افزایش فراوانی وقوع انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای بررسی نموده است. برنا و واحدپور (۱۳۹۰)، نقش مدیریت مخاطرات طبیعی را در کنترل سوانح و تصادفات جاده‌ای مورد بررسی قرار داده‌اند. بهاروند و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از روش WCS میزان پایداری توده‌های سنگی را در مسیر جاده خرم‌آباد - اندیمشک مورد ارزیابی قرار داده‌اند. قاضی‌پور و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از نظریه مخروط افت<sup>۱</sup> به ارزیابی خطر ریزش سنگ در مسیر جاده چالوس (پل زنگوله - مرزن‌آباد) پرداخته‌اند. محققین دیگری نیز در کشور مسئله ایمنی جاده‌ای را از زوایای مختلفی مورد بررسی قرار داده‌اند: مدلل‌دوست و اولادزاده (۱۳۹۱)؛ کلارستاقی و همکاران (۱۳۸۶)؛ مقیمی (۱۳۸۲)؛ مرادی و همکاران (۱۳۸۹)؛ صفارزاده و اسدمرجی (۱۳۸۵). به هر حال یکی از محورهای کوهستانی که به تازگی به بهره‌برداری رسیده است و از زمان بهره‌برداری نیز شاهد مخاطرات مصیبت‌بار ریزش سنگ در امتداد

آن بوده‌ایم، محور ارتباطی کرمانشاه - ایلام در فاصله بین شهر حمیل تا روستای شباب است. هدف از احداث این راه، کوتاه کردن مسیر ایلام به کرمانشاه بوده است اما چون این محور چین‌های زاگرس را بریده است، باعث ناپایداری دامنه‌ها به صورت ریزش در طول بیشتر مسیر خود شده است. از این رو، شناسایی مناطق پر خطر و یا رتبه‌بندی طول مسیر از نظر شدت و ضعف در خطر ریزش، یکی از مقوله‌هایی است که می‌تواند مسئولین را در حفظ و نگهداری راه کمک کند. هدف این تحقیق نیز شناسایی مناطق پر خطر و بررسی علل وقوع ریزش در طول این مسیر است.



شکل ۱. تصویر گوگل از موقعیت منطقه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

برای شناسایی مکان‌های ریزشی و ارزش‌گذاری هر مکان از نظر میزان خطر، ابتدا طی عملیات میدانی ۳۳ مکان که دارای خطر ریزش سنگ بوده‌اند شناسایی شده و مختصات جغرافیایی آنها با دستگاه GPS<sup>۱</sup> برداشت گردید. سپس نقشه این مکان‌های ریزشی در محیط GIS تهیه شد (شکل ۲). ضمن برداشت مختصات مکان‌های ریزشی در حین انجام عملیات میدانی، ویژگی‌ها و خصوصیات ۱۱ پارامتر (شکل ۷) در رابطه با هر مکان ریزشی یادداشت‌برداری شد (جدول ۱) و ارزش خطر هر مکان ریزشی در رابطه با هر پارامتر محاسبه شد (جدول ۲). سپس با توجه به جمع ارزش‌های کسب‌شده هر مکان، ارزش نهایی آن از نظر خطر ریزش مشخص شد (جدول ۳). ویژگی پارامترهای مؤثر در ریزش و نحوه ارزش‌گذاری آنها به شرح زیر انجام شده است:

### ارتفاع دامنه

ارتفاع دامنه‌های مشرف به جاده، نقش مهمی در خطر ریزش سنگ و سرعت سقوط آن دارد. در واقع هرچه ارتفاع بیشتر باشد، خرده‌ریزه سنگ‌ها با شتاب بیشتری سقوط می‌کنند و برای جاده خطر بیشتری محسوب می‌شود. برای این منظور، پارامتر ارتفاع در ۴ کلاس: کمتر یا مساوی ۱۰ متر، ۲۰-۱۱ متر، ۲۹-۲۱ متر و ۳۰ متر و بیشتر طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱). ارتفاع دامنه‌ها به وسیله متر لیزری اندازه‌گیری شده است.

### شیب دامنه

با توجه به اینکه هرچه شیب دامنه بیشتر باشد سرعت سقوط مواد ریزشی نیز بیشتر است و مسافت بیشتری را می‌توانند طی کنند. این پارامتر با دستگاه کمپاس اندازه‌گیری شده و نتایج آن در ۴ کلاس طبقه‌بندی شد. برای شیب‌های کمتر از ۲۰ درجه کمترین امتیاز و برای شیب‌های بیش از ۶۰ درجه بیشترین امتیاز اختصاص داده شد (جدول ۱).

### فاصله از جاده (پاشنه جاده)

منظور از فاصله از جاده، فاصله پای دامنه مشرف به جاده تا سطح جاده است. در جاهایی که دامنه به جاده نزدیک باشد خطر برخورد مواد ریزشی با اتومبیل‌ها یا عابرین بیشتر خواهد بود؛ بنابراین فاصله هر دامنه تا سطح جاده توسط متر لیزری اندازه‌گیری شد. فاصله جاده تا دامنه در ۴ کلاس طبقه‌بندی شده است. برای فاصله‌های بیش از ۹ متر کمترین امتیاز و برای فاصله‌های کمتر یا مساوی ۳ متر بیشترین امتیاز اختصاص داده شد (جدول ۱).

### شکل پاشنه جاده

مقعر یا محدب بودن پاشنه جاده در میزان خطر ریزش بر روی جاده مؤثر است. زمانی که پاشنه جاده حالت مقعر داشته باشد و یا به شکل چاله درآمده باشد، مواد ریزشی به داخل چاله افتاده و خطر کمتری برای جاده ایجاد می‌کنند. نخستین اقدام برای جلوگیری از ریزش قطعه‌های سنگی از دامنه‌ها توسط ریتچی در سال ۱۹۶۳ با حفر چاله‌ای در پاشنه دامنه انجام گرفت (ریتچی، ۱۹۶۳). در حالی که اگر پاشنه جاده حالت محدب داشته باشد مواد ریزشی به راحتی پس از سقوط به طرف جاده کشیده می‌شوند و بر روی جاده می‌افتند. این پارامتر نیز در ۴ کلاس طبقه‌بندی شده و در آن برای شکل‌های مقعر کمترین ارزش و برای شکل‌های قوسی بیشترین ارزش در نظر گرفته شد (جدول ۱).

### جنس مواد دامنه

مطالعات میدانی نشان داده است که دامنه‌های مشرف به جاده در طول محور مورد مطالعه یا از سنگ بستر تشکیل شده‌اند و یا از آبرفت رودخانه‌ای و مواد واریزه هستند. افزون بر آن، سنگ بستر در بعضی جاها به صورت یکپارچه بوده و در محل‌هایی نیز خرد شده بوده‌اند (شکل ۳ الف و ب). برای ارزیابی نقش این پارامتر در میزان خطر نیز جنس مواد دامنه‌ای در تمام محل‌ها مورد بررسی قرار گرفته و طبق جدول ۱ در ۳ کلاس طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری شده است. هرچه مواد ریزشی سخت‌تر و درشت‌دانه‌تر و از نظر حجم ریزش بیشتر باشند خطر بیشتری ایجاد می‌کنند در حالی که مواد ریزدانه و نرم، خطر کمتری برای جاده دارند. در این پارامتر، برای مواد ریزدانه شیل و مارن کمترین امتیاز و برای مواد آبرفتی، ماسه‌سنگ و گنگلومرا و دامنه‌های سنگی متلاشی شده بیشترین امتیاز اختصاص داده شد.

### پوشش گیاهی دامنه

وجود پوشش گیاهی بر روی دامنه به پایداری آن کمک می‌کند دامنه‌های دارای پوشش گیاهی متراکم، خطر کمتری در تولید مواد ریزشی دارد و در نتیجه امتیاز کمتری به خود اختصاص می‌دهد. طبق جدول ۱ دامنه‌های عاری از پوشش گیاهی بیشترین امتیاز و دامنه‌های با پوشش متراکم کمترین امتیاز را کسب نموده‌اند.

### ساخت زمین‌شناسی دامنه

خطر ریزش سنگ در دامنه‌های فرسایشی یعنی دامنه‌هایی که در آن شیب توپوگرافی، عمود بر شیب لایه‌ها باشد بیشتر است. اشکال مختلف دامنه از نظر ساختاری در ۳ کلاس طبق جدول ۱ امتیاز داده شده است. برای دامنه‌هایی که شیب لایه‌ها مخالف شیب دامنه است و پایداری وجود دارد کمترین امتیاز و برای دامنه‌های فرسایشی که خطر ریزش زیاد است بیشترین امتیاز در نظر گرفته شد (شکل ۴ الف، ب).



شکل ۲. مکان‌های ریزشی جاده حمیل - سرابله بر روی تصویر



ب



الف

شکل ۳. تصاویر ریزش سنگ الف: دامنه سنگی متلاشی شده؛ ب: دامنه با جنس مواد آبرفتی



ب



الف

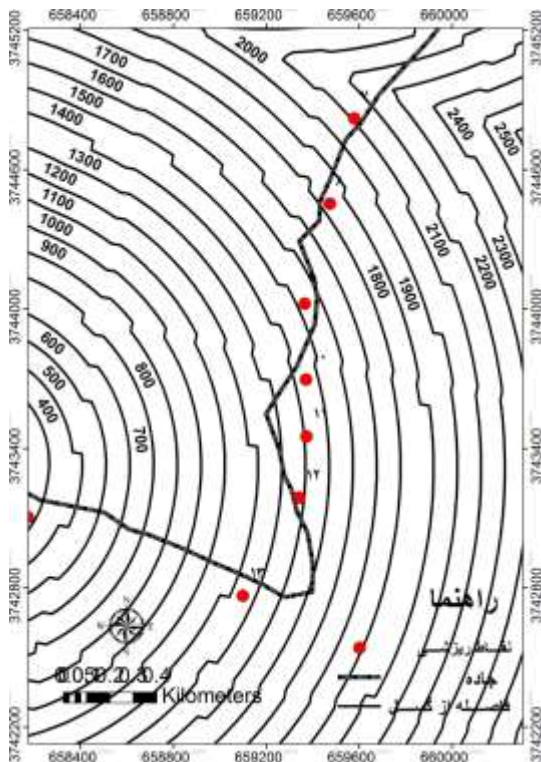
شکل ۴. تأثیر ساخت زمین‌شناسی دامنه بر ریزش الف: شیب لایه‌ها موازی شیب دامنه؛ ب: دامنه فرسایشی

### فاصله از گسل

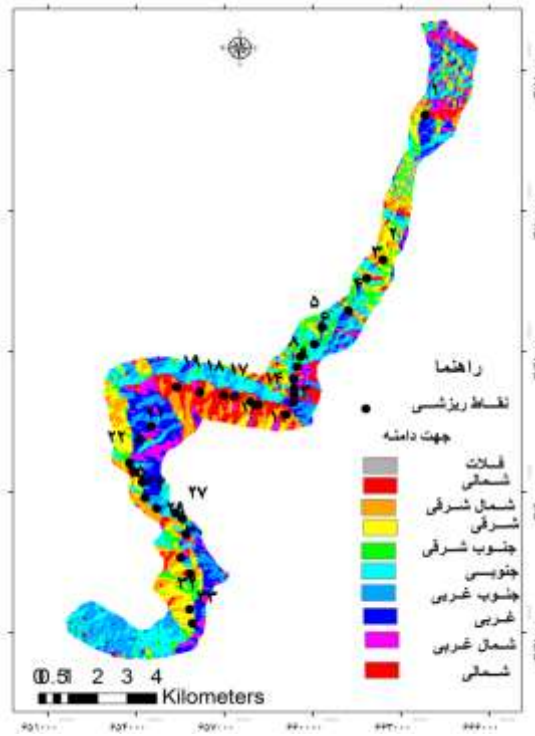
هرچه مکان ریزشی به گسل نزدیک‌تر باشد به دلیل خرد شدن مواد بر اثر تنش، خطر ریزش نیز بیشتر است. شیرزادی و همکاران (۱۳۸۹) بیان می‌کند که ۸۶ درصد از ریزش‌ها در فاصله ۰-۴۵۰ متری از گسل‌ها رخ می‌دهند و از فاصله ۴۵۰ متری به بعد، هم تعداد و هم حساسیت به ریزش سنگ روند نزولی داشته تا اینکه برای فواصل بیش از ۶۰۰ متری به صفر می‌رسد. در این پارامتر نیز، برای فواصل بیش از ۵۰۰ متر از گسل کمترین امتیاز و برای فواصل کمتر از ۱۰۰ متر بیشترین امتیاز در نظر گرفته شده است. شکل ۶، فاصله مکان‌های ریزشی از خطوط گسل را نشان می‌دهد.

### جهت دامنه

جهت دامنه، به دلیل تأثیرگذاری در دریافت بارش و نور خورشید می‌تواند در میزان ریزش نیز تأثیر داشته باشد. دامنه‌هایی که رطوبت بیشتری دریافت می‌کنند برای وقوع پدیده ریزش مستعدترند. افزایش فشار در درزها و شکستگی‌ها بر اثر فشار آب، یخ زدن آب و انبساط مواد؛ هوازدگی سطح درزها به همراه نیروهای آب



شکل ۶. فاصله مکان‌های ریزشی از خطوط گسل



شکل ۵. مکان‌های ریزشی بر روی نقشه جهت شیب



شکل ۷. عوامل مؤثر بر ریزش سنگ در جاده حمیل - سرابله

نشستی و سرانجام هوازدگی متفاوت است که طی آن لایه‌های نامقاوم هوازده شده و حائل لایه‌های مقاوم از بین می‌رود (معماریان، ۱۳۷۷: ۵۸۲). بر این اساس، دامنه‌ها در منطقه مورد مطالعه به ۸ جهت تقسیم‌بندی شده و طبق جدول ۱ امتیاز داده شده است. برای دامنه‌های جنوبی و جنوب شرقی به دلیل دریافت بارش کم کمترین امتیاز و برای دامنه‌های شمالی، شمال غربی، غربی و جنوب غربی به دلیل دریافت بارش زیاد بیشترین امتیاز در نظر گرفته شده است. شکل ۵ مکان‌های ریزشی را روی نقشه جهت شیب نشان می‌دهد.

## شکل دامنه

شیب‌های مقعر به واسطه نگه داشتن آب و اشباع کردن لایه‌های تحت‌الارضی عاملی برای حرکت توده‌ای خاک و سنگ می‌شوند. شیب‌های محدب عاملی برای افزایش انرژی جنبشی قطعات سنگی سقوط یافته و جهش بیشتر آنها هستند (شیرزادی و همکاران، ۱۳۸۹). بر این اساس، با توجه به خطوط منحنی میزان در نقشه توپوگرافی، دامنه‌های محدب، مستقیم و مقعر شناسایی شدند، به دامنه‌های مقعر کمترین امتیاز و به دامنه‌های محدب بیشترین امتیاز تعلق گرفت.

## طول دامنه در جهت افق

خطر ریزش ممکن است به صورت نقطه‌ای باشد و یا طول زیادی از سطح در معرض ریزش قرار داشته باشد. به دلیل اینکه هرچه طول مکان در معرض ریزش سنگ بیشتر باشد آن مکان در معرض خطر زیاد قرار می‌گیرد و خطر بیشتری برای رهگذران ایجاد می‌شود. برای این منظور طول مسیر در معرض ریزش با متر لیزری اندازه‌گیری شده و در ۳ کلاس طبق جدول ۱ طبقه‌بندی شده است.

جدول ۱. امتیازدهی به پارامترهای مؤثر بر خطر ریزش سنگ

وضعیت						نام پارامتر	
	$\leq 10$	۱۱-۲۰	۲۱-۳۰	$> 30$		ارتفاع دامنه (متر)	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	$20 >$	۲۰-۳۹/۹	۴۰-۶۰	$> 60$		شیب دامنه (درجه)	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	$> 9$	۶/۱-۹	۳/۱-۶	$\leq 3$		فاصله از جاده (متر)	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	مقعر	مستقیم	محدب	قوسی		شکل پاشنه جاده	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	مواد دانه‌ریز (شیل و مارن)	سنگی لردار و هوازده	آبرفتی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا، سنگی متلاشی شده			جنس مواد دامنه	
	۳	۶	۱۰			امتیاز	
	پوشش متراکم	پوشش متوسط	پوشش تنک	بدون پوشش		پوشش گیاهی دامنه	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	دامنه ساختمانی با لایه‌بندی کم شیب (کمتر از ۳۰ درجه)	دامنه ساختمانی با لایه‌بندی پرشیب (۳۰-۶۰ درجه)	دامنه ساختمانی با لایه‌بندی قائم (بیش از ۶۰ درجه)	دامنه فرسایشی		ساخت زمین‌شناسی دامنه	
	۳	۵	۸	۱۰		امتیاز	
	$> 500$	۴۰۰-۵۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۱۰۰-۲۰۰	فاصله از غسل (متر)	
	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	امتیاز
	جنوبی - جنوب شرقی	شمال شرقی - شرقی		شمال غربی - غربی - شمالی - جنوب غربی		جهت دامنه	
	۳	۵		۱۰		امتیاز	
	مقعر	مستقیم		محدب		شکل دامنه	
	۳	۵		۱۰		امتیاز	
	$10 >$	۱۰-۲۰		$> 20$		طول دامنه در جهت افق (متر)	
	۳	۶		۱۰		امتیاز	



## نتایج و بحث

بر اساس پارامترهای محاسبه شده، برای هر مکان ریزشی، یک ارزش عددی مشخص گردید که نشان دهنده میزان خطر ریزش در هر مکان است. جدول ۲ نحوه محاسبه ارزش عددی یک نمونه از مکان های ریزشی را بیان می کند. در پایان، نقاط ریزشی در ۴ کلاس خطر کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد دسته بندی شد (شکل ۸).

جدول ۲. نحوه محاسبه ارزش عددی مکان ریزشی شماره ۱۵

محاسبه ارزش عددی مکان ریزشی شماره ۱۵		
امتیاز	وضعیت	نام پارامتر
۱۰	۳۰	ارتفاع دامنه (متر)
۱۰	۸۰	شیب دامنه (درجه)
۸	۵	فاصله از جاده (متر)
۳	مقعر	شکل حاشیه جاده
۱۰	سنگی متلاشی شده	جنس دامنه
۱۰	بدون پوشش	پوشش گیاهی دامنه
۱۰	فرسایشی	ساخت زمین شناسی دامنه
۱۰	۹۰	فاصله از گسل (متر)
۵	شمال شرقی	جهت دامنه
۵	مستقیم	شکل شیب دامنه
۳	۹	طول مسیر در معرض خطر ریزش (متر)
۸۴		مجموع امتیازات



شکل ۸. مکان های ریزشی بر روی جاده حمیل - سرابله به تفکیک میزان خطر

جدول ۳. ارزش عددی مکان‌های ریزشی

شماره مکان ریزشی	مختصات جغرافیایی	ارزش عددی	کلاس خطر	شماره مکان ریزشی	مختصات جغرافیایی	ارزش عددی	کلاس خطر
۱	۴۶,۴۶,۱۹ ۳۳,۵۴,۳۰	۶۹	زیاد	۱۸	۴۶,۴۱,۱۴ ۳۳,۴۹,۱۵	۶۹	زیاد
۲	۴۶,۴۵,۲۰ ۳۳,۵۱,۴۴	۶۴	متوسط	۱۹	۴۶,۴۰,۴۴ ۳۳,۴۹,۲۰	۶۴	متوسط
۳	۴۶,۴۴,۵۸ ۳۳,۵۱,۲۳	۶۳	متوسط	۲۰	۴۶,۴۰,۱۰ ۳۳,۴۸,۳۵	۷۲	زیاد
۴	۴۶,۴۴,۳۳ ۳۳,۵۰,۴۶	۶۲	متوسط	۲۱	۴۶,۳۹,۵۴ ۳۳,۴۸,۲۱	۷۶	بسیار زیاد
۵	۴۶,۴۳,۵۸ ۳۳,۵۰,۲۷	۵۷	متوسط	۲۲	۴۶,۳۹,۴۰ ۳۳,۴۷,۵۴	۷۱	زیاد
۶	۴۶,۴۳,۴۷ ۳۳,۵۰,۰۸	۵۷	متوسط	۲۳	۴۶,۳۹,۴۷ ۳۳,۴۷,۴۳	۷۸	بسیار زیاد
۷	۴۶,۴۳,۲۸ ۳۳,۴۹,۵۳	۶۴	متوسط	۲۴	۴۶,۳۹,۵۶ ۳۳,۴۷,۳۱	۸۰	بسیار زیاد
۸	۴۶,۴۳,۲۴ ۳۳,۴۹,۴۱	۶۴	متوسط	۲۵	۴۶,۴۰,۰۰ ۳۳,۴۷,۱۳	۶۵	زیاد
۹	۴۶,۴۳,۱۹ ۳۳,۴۹,۲۸	۶۸	زیاد	۲۶	۴۶,۴۰,۱۵ ۳۳,۴۷,۰۱	۶۴	متوسط
۱۰	۴۶,۴۳,۱۹ ۳۳,۴۹,۱۷	۶۷	زیاد	۲۷	۴۶,۴۰,۴۸ ۳۳,۴۶,۴۹	۷۲	زیاد
۱۱	۴۶,۴۳,۱۹ ۳۳,۴۹,۰۹	۷۶	بسیار زیاد	۲۸	۴۶,۴۰,۳۹ ۳۳,۴۶,۵۵	۶۰	متوسط
۱۲	۴۶,۴۳,۱۸ ۳۳,۴۹,۰۰	۶۷	زیاد	۲۹	۴۶,۴۰,۵۳ ۳۳,۴۶,۳۰	۷۹	بسیار زیاد
۱۳	۴۶,۴۳,۰۸ ۳۳,۴۸,۴۷	۶۹	زیاد	۳۰	۴۶,۴۰,۴۵ ۳۳,۴۶,۰۳	۵۱	کم
۱۴	۴۶,۴۲,۳۲ ۳۳,۴۸,۵۸	۶۹	زیاد	۳۱	۴۶,۴۰,۵۸ ۳۳,۴۵,۴۴	۴۷	کم
۱۵	۴۶,۴۲,۲۱ ۳۳,۴۹,۰۳	۸۴	بسیار زیاد	۳۲	۴۶,۴۰,۵۶ ۳۳,۴۵,۰۴	۶۷	زیاد
۱۶	۴۶,۴۲,۰۰ ۳۳,۴۹,۰۹	۸۰	بسیار زیاد	۳۳	۴۶,۴۰,۵۹ ۳۳,۴۴,۴۷	۷۲	زیاد
۱۷	۴۶,۴۱,۴۶ ۳۳,۴۹,۱۰	۸۵	بسیار زیاد				

با توجه به ارزش کسب شده توسط هر مکان ریزشی، می‌تواند مکان‌های ریزشی را از نظر میزان خطر به شرح جدول ۴ دسته‌بندی کرد.

جدول ۴. دسته‌بندی مکان‌های ریزشی از نظر میزان خطر

میزان ارزش مکان‌ها	۷۴ <	۶۵-۷۴	۵۶-۶۴/۹	۴۷-۵۵/۹
تعداد مکان‌ها	۸	۱۳	۱۰	۲
درصد	۲۴/۲۴	۳۹/۳۹	۳۰/۳۰	۶/۰۶
میزان خطر	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم

## نتیجه گیری

از طول تقریباً ۳۵ کیلومتری جاده حدود ۲۹ کیلومتر در معرض ریزش سنگ قرار دارد که بیش از ۸۰ درصد مسیر را شامل می‌شود. اولین مکان ریزشی در کیلومتر ۳/۵ جاده حمیل - سرابله قرار دارد اما شروع اصلی منطقه ریزشی را باید از کیلومتر ۱۵/۵ دانست که مکان‌های ریزشی به صورت متراکم و با فاصله کم از یکدیگر قرار دارند و این وضعیت تا کیلومتر ۳۲ ادامه دارد. از پارامترهایی که برای ارزیابی میزان خطر ریزش استفاده شد شیب دامنه، ارتفاع دامنه، جنس مواد دامنه و فاصله از جاده از اهمیت خاصی برخوردارند. به عنوان مثال، نقطه ریزشی شماره ۱۷ که پرخطرترین نقطه جاده از نظر ریزش سنگ شناخته شده و ارزش ۸۵ را کسب کرده جایی است که ارتفاع دامنه حدود ۳۰ متر، شیب دامنه ۸۰ درجه، فاصله از جاده ۵ متر و جنس مواد دامنه سنگی متلاشی شده است به طوری که قطعه‌های سنگ متلاشی شده به دلیل شیب زیاد از ارتفاع دامنه به طرف جاده سرازیر می‌شوند. مسئولین با اذعان به این موضوع اقدام به احداث یک دستگاه تونل مصنوعی در این نقطه نموده‌اند که در زمان انجام این پژوهش، کار ساخت آن ادامه داشت. از ۳۳ مکان ریزشی برداشت شده در طول مسیر ۶/۰۶ درصد در کلاس خطر کم، ۳۰/۳۰ درصد در کلاس خطر متوسط، ۳۹/۳۹ درصد در کلاس خطر زیاد و ۲۴/۲۴ درصد در کلاس خطر بسیار زیاد قرار گرفتند. مکان‌هایی که دارای خطر بسیار زیاد هستند عمدتاً در کیلومترهای ۱۵/۵ تا ۱۹ و ۲۳/۵ تا ۲۸ جاده حمیل - سرابله قرار داشتند. مناطق بسیار پر خطر مکان‌های شماره ۲۹، ۲۴، ۲۳، ۲۱، ۱۷، ۱۶، ۱۵، ۱۱ هستند که اقدامات ایمن‌سازی از قبیل ساخت دیوار حائل و یا تونل مصنوعی انجام شده است. نتایج حاصله حاکی از آن است که این جاده شدیداً در معرض ریزش سنگ قرار دارد و نیاز است سازمان‌ها و ادارات ذی‌ربط جهت ایمن‌سازی نقاط خطر اقدامات لازم را انجام دهند که البته در این کار باید مکان‌های با خطر بسیار زیاد در اولویت قرار گیرند.

## منابع

- باقدم، عثمان؛ فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ شایان، سیاوش (۱۳۸۴) ارزیابی ایمنی جاده‌ای با رویکرد مخاطرات محیطی: مسیر سنندج - مریوان با استفاده از GIS، *مدرس علوم انسانی*، ۹ (۱)، صص. ۱۵-۱.
- برنا، رضا؛ واحدپور، غلامعباس (۱۳۹۰) نقش مدیریت مخاطرات طبیعی در کنترل سوانح و تصادفات جاده‌ای، مورد مطالعه محور کرج - چالوس، *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۱ (۳)، صص. ۹۲-۸۱.
- بلادپس، علی (۱۳۸۷) تحلیلی در مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیکی جاده مرنده - جلفا، *فضای جغرافیایی*، ۸ (۲۳)، صص. ۱۸-۱.
- بهاروند، سیامک؛ صهبا، علی؛ نوریزدان، عبدالرضا (۱۳۸۸) بررسی خطر ناشی از ریزش‌های سنگی بر سطح جاده خرم‌آباد - اندیمشک به روش WCS، *علمی پژوهشی زمین‌شناسی و محیط‌زیست*، ۳ (۲)، صص. ۷۴-۶۷.
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۸) خطر ریزش‌های سنگی در دامنه‌های شرقی سهند و پهنه‌بندی محدوده‌های مخاطره‌آمیز در حوضه قرقچای، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۴ (۲۸)، صص. ۵۲-۱۷.
- شیرزادی، عطاءالله؛ موسوی، سیده زهره؛ کاویان، عطاءالله (۱۳۸۹) ساخت مدل منطقه‌ای خطر ریزش سنگ در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از شاخص هم‌پوشانی و GIS (مطالعه موردی: کردستان، گردنه صلوات‌آباد)، *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۸۹، صص. ۹۱-۸۲.

صفارزاده، محمود؛ اسدمرجی، مرتضی (۱۳۸۵) اثرسنجی پارامترهای ترافیکی و جاده‌ای بر ارزیابی حوادث ریزشی محورهای کوهستانی (مورد کاوی: محور کرج - چالوس)، **پژوهشنامه حمل و نقل**، ۳ (۴)، صص. ۲۷۷-۲۸۷.

فلاح‌تبار، نصرالله (۱۳۷۹) تأثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور، **پژوهش‌های جغرافیایی**، ۳۲ (۳۸)، صص. ۴۷-۵۵.

قاضی‌پور، ندا؛ ارومیه‌ای، علی؛ انتظام، ایمان؛ انصاری، فرهاد؛ پیروز، مرتضی (۱۳۸۶) استفاده از نظریه مخروط افت در ارزیابی خطر سنگ‌ریزش در مسیر جاده چالوس (پل زنگوله - مرزن‌آباد)، **مجله علوم زمین**، ۱۷ (۶۶)، صص. ۱۶۹-۱۶۰.

کرمی، فریبا (۱۳۸۵) مخاطرات ژئومورفولوژیک ناشی از ساخت و توسعه راه‌های روستایی با تأکید بر حرکات توده‌ای و ایجاد خندق (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان سراب)، **فضای جغرافیایی**، ۶ (۱۶)، صص. ۸۵-۱۰۴.

کلارستاقی، عطاءالله؛ حبیب‌نژاد، محمود؛ احمدی، حسن (۱۳۸۶) مطالعه وقوع زمین‌لغزش‌ها در ارتباط با تغییر کاربری اراضی و جاده‌سازی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز تجن - ساری، **پژوهش‌های جغرافیایی**، ۶۲، صص. ۸۱-۹۱.

محمدی، حمید؛ معاذاللهی، وحید؛ بهرامی‌راد، احسان (۱۳۸۶)، بررسی احتمال وقوع پدیده ریزش سنگ (rockfall) در ارتفاعات صاحب زمان (عج) کرمان، **دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی**، صص. ۱۲-۱.

مختاری، داود (۱۳۸۴) ارزیابی ژئومورفولوژیکی بخشی از مسیر راه تبریز - مرند در گردنه پیام در شمال غرب ایران، **فصلنامه مدرس علوم انسانی**، ۹ (۴)، صص. ۱۱۴-۸۷.

مدلل‌دوست، سعید؛ اولادزاده، ام البنین (۱۳۹۱) پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش بر اساس تعیین مسیر سنگ‌ریزش در محیط GIS، مطالعه موردی: جاده هراز (امام‌زاده علی) - شهرستان آمل، **دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط**، صص. ۲۴-۱.

مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ فیض‌نیا، سادات (۱۳۸۹) تحلیل برآورد خطر زمین‌لغزش با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی در بخشی از جاده هراز، **مدرس علوم انسانی - برنامه‌ریزی و آمایش فضا**، ۱۴ (۲)، صص. ۲۴۷-۲۳۳.

معماریان، حسین (۱۳۷۷) **زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک**، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

مقیم، ابراهیم (۱۳۸۲) ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی دامنه‌ای مشرف به جاده سولقان (از پل زر تا سولقان)، **تحقیقات جغرافیایی**، ۷۸، صص. ۸۰-۶۶.

- Chau, k. T., Tangkong Y. F., Wong R. H. C. (2004) b. GIS-Based rockfall hazard map for Hong kong, **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences**, 41 (3), pp. 1-6.
- Chau, k. t., wong, R. H. C., lin, j., lee, C. F. (2004) a Rockfall hazard analysis for Hong kong based on rockfall Inventory, **Rock Mechanics and Rock Engineering**, 36, pp. 383-408.
- Cole, D. N., Landers, P. B. (1966) Threats to Wilderness Ecosystems: Impacts and Research Needs, **Ecological Applications**, 6 (1), pp. 168-184.
- Ritchie, A. M. (1963) Evaluation of rockfall and its control, **Highway Record**, 17, pp. 13-23.