

اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر ریزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: دره هراز)

عیسی جوکارسرهنگی* - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران
عبدالله علیزاده - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه مازندران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰ تأیید نهایی: ۱۳۹۲/۰۴/۱۲

چکیده

یکی از انواع حرکات دامنه‌ای که در مناطق کوهستانی خسارت‌های جانی و مالی فراوانی وارد می‌کند، ریزش‌های سنگی است. شناخت نواحی حساس به ریزش با بهره‌گیری از روش‌های دقیق و مناسب برای تردد جاده‌ای و همچنین ساکنان منطقه، اهمیت زیادی دارد. هدف از این پژوهش بررسی عوامل مؤثر در وقوع ریزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر آن در دره هراز، واقع در استان مازندران است. برای این کار، نخست با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های میدانی، نقشه پراکنش ریزش‌های منطقه تهیه شد. سپس نقشه‌های عوامل مؤثر به‌منزله لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS وارد شدند. پس از محاسبه فراوانی ریزش‌های موجود در هر طبقه از عوامل و وزن‌دهی به آنها، با استفاده از مدل ارزش اطلاعات، لایه‌های ساخته‌شده در محیط ArcGIS با هم تلفیق و از جمع جبری نقشه‌های وزنی، نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه تهیه شد. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن هر عامل از ماتریس وزن‌دهی به‌دست آمد. نتایج بیانگر آن است که به‌ترتیب عوامل شیب، جنس سنگ، پوشش و کاربری زمین، جاده، آبراهه، گسل، ارتفاع و جهت دامنه، بیشترین نقش را در وقوع ریزش در منطقه دارند. ارزیابی مدل‌ها نشان داد که مدل‌های ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله‌مراتبی، به‌ترتیب با احتمال تجربی ۰/۷۳۷ و ۰/۸۴۲ برای پهنه‌بندی در منطقه مناسب هستند؛ اما در مقایسه، وزن‌دهی عوامل با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی موجب افزایش دقت کار شده است.

کلیدواژه‌ها: ارزش اطلاعات، ریزش، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، هراز.

مقدمه

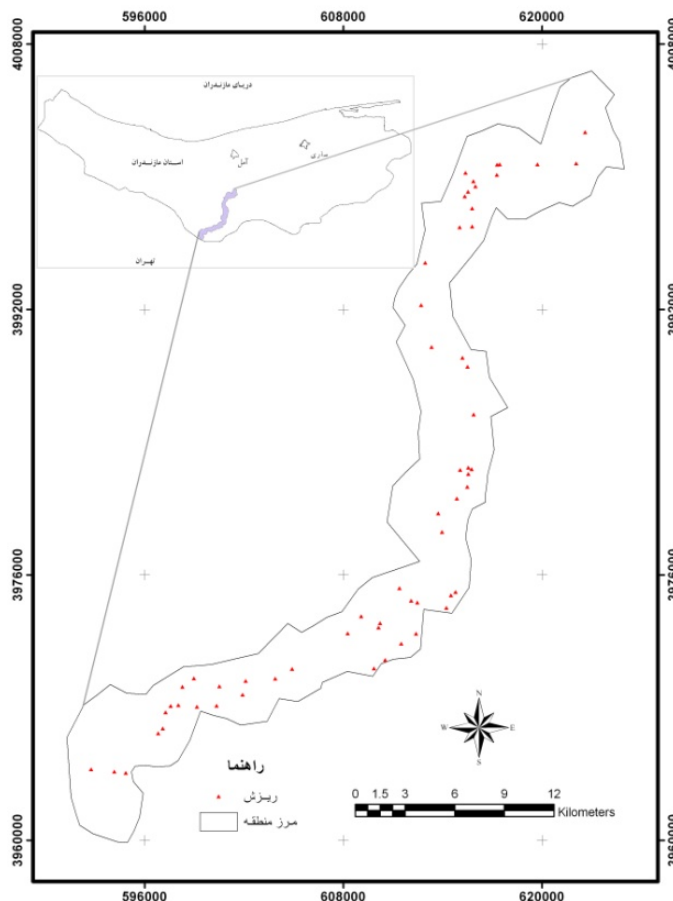
سقوط سنگ‌ها حاصل جدا شدن قطعات بزرگ و کوچک از جدار پرتگاه‌های سنگی است. چنانچه قطعات ریز و درشت همزمان به صورت توده‌ای بزرگ سقوط کنند، آن را ریزش می‌نامند (محمودی، ۱۳۷۴: ۲۸). پدیده ریزش‌های سنگی نیز، همچون پدیده‌های دیگر ژئومورفولوژی، نتیجه عملکرد چندین عامل و همچنین حاصل تأثیر متقابل عوامل مختلف بر یکدیگر است. جنس بستر پدیدآمدن حرکات توده‌ای، شیب دامنه یا دیواره دره، کاربری اراضی، گسل، خطوط ارتباطی و زهکشی و مانند اینها، از دسته عوامل تأثیرگذار بر وقوع این پدیده‌ها هستند. ریزش با جنس سنگ‌های جداره‌ها و دامنه‌ها ارتباط دارد. سنگ‌های طبقه طبقه، به خصوص وقتی که طبقات سخت و سست باشند، بیشتر تحت تأثیر ریزش قرار می‌گیرند. زمین‌های آهکی مستعد ریزش هستند (حریریان، ۱۳۶۹: ۱۸۲). ریزش موجب خسارت فراوان شده، جاده‌ها را مسدود کرده و آبادی‌ها و مزارع را در زیر خود مدفون می‌کند. تاکنون ریزش در جاده هراز، خسارات جانی و مالی فراوانی به بار آورده است. یکی از اصلی‌ترین اقدام‌ها در این رابطه، تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر در منطقه است. از آنجا که بدون انجام این مطالعات، نمی‌توان اقدامات گسترده‌ای برای توسعه آتی انجام داد، به کارگیری مدل‌های مناسب برای ارزیابی و پهنه‌بندی و برنامه‌ریزی بر اساس نتایج حاصل از آن، اهمیت زیادی دارد.

مطالعات خارجی بسیاری در زمینه ریزش انجام گرفته است که از آن دسته می‌توان به مطالعات لید (۱۹۷۷) در نروژ، ویک زورک (۱۹۹۸) در دره یومیت ایالات متحده و پژوهش‌های باترسون، مک کوئیک و تایلر (۲۰۰۶) در ارزیابی خطرات زمین‌شناسی مرتبط با سنگ‌ریزش در کانادا (به نقل از قاضی‌پور، ارومیه‌ای، انتظام، انصاری و پیروز، ۱۳۸۶)، کاریا و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خطر ریزش در دره دیسیکیا در شمال ژاپن، بولین و همکاران (۲۰۱۰) در تنگ‌هوی کشور چین و توپال و آکین (۲۰۱۲) در تحلیل خطر ریزش در کاستامونوی ترکیه اشاره کرد.

توماس، وینویچ و آندرسن (۱۹۹۵)، ضمن بررسی عوامل ایجاد حرکات توده‌ای در شیب‌های سنگی، تشکیلات ماسه‌سنگ و سنگ آهک را سنگ‌هایی با فراوانی ریزش بیشتر معرفی کردند. در مقایسه با پدیده لغزش، در ایران پژوهش‌های کمتری در مورد ریزش انجام گرفته است. غلامی (۱۳۸۳) در پژوهش خود به مکان‌یابی خطر ریزش سنگ با به کارگیری سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در امتداد جاده هراز، از وانا تا پلور اقدام کرد. در این پژوهش چهار عامل تشکیلات سنگ‌شناسی، شیب، ارتفاع نسبت به سطح جاده و فاصله دید راننده برای تصمیم‌گیری و واکنش در برابر سنگ‌های در حال ریزش در نظر گرفته شد. بیاتی خطیبی (۱۳۸۶) به پهنه‌بندی شیب‌های پرخطر و کوهستانی شبکه ارتباطی روستاهای واقع در حوضه قرنقوچای پرداخته که در آن، به منظور پهنه‌بندی مناطق مستعد به وقوع ریزش، ۱۰ عامل مد نظر قرار گرفته است. بعد از وزن‌دهی به کلیه عوامل، میزان حساسیت بخش‌های مختلف منطقه به وقوع ریزش‌ها، طی پنج طبقه حساسیت به دست آمده است. شیرزادی، موسوی و کاویان (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «ساخت مدل منطقه‌ای ریزش سنگ در طول جاده‌های کوهستانی با استفاده از شاخص همپوشانی و GIS»، به مطالعه موردی گردنه صلوات‌آباد کردستان اقدام کردند که در آن با استفاده از تراکم ریزش سنگ‌ها و اختصاص وزن‌های کارشناسی به عوامل، نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش سنگ در منطقه مورد مطالعه تهیه شد. در این پژوهش صحت نقشه پهنه‌بندی خطر ۸۱/۴۴ درصد به دست آمد. مدلل دوست و اولادزاده (۱۳۸۹) در پژوهش خود با عنوان «پهنه‌بندی خطر سنگ‌ریزش بر

اساس تعیین مسیر سنگ‌ریزش در محیط GIS در منطقه امامزاده علی جاده هراز^۱، از مدل‌سازی سه‌بعدی استفاده کردند. در این پژوهش آماره توصیفی مربوط به نقاط ریزشی، شامل اختلاف در طول (متر)، حداقل طول مسیر، حداکثر طول مسیر، متوسط طول مسیر و فاصله نقطه تا جاده تعیین شد و توزیع خطر سنگ‌ریزش، مسیر حرکت سنگ و پهنه‌بندی خطر سنگ به دست آمد.

در رابطه با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات^۱ و روش تحلیل سلسله‌مراتبی^۲ در پهنه‌بندی مناطق برای اهداف مختلف، پژوهش‌های زیادی انجام گرفته است که برخی از آنها عبارتند از: شادفر، یمانی و نمکی (۱۳۹۰)، محمدی، مرادی، فیض نیا و پورقاسمی (۱۳۸۸)، ین و ین (۱۹۸۸)، الماچر و دیویس (۲۰۰۳)، یلسین (۲۰۰۸). در این پژوهش دره هراز در استان مازندران با توجه به امکان آسیب‌پذیری جاده‌ها و سایر تأسیسات در رابطه با خطر ریزش، مورد بررسی قرار گرفته و با مطالعه مدل‌های قابل استفاده برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر در منطقه، کاربرد مدل‌های ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله‌مراتبی با بهره‌گیری از GIS و شاخص احتمال تجربی، مورد آزمون قرار گرفته است.



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه

موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۱ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد و با مساحت ۲۶۲/۶۹ کیلومتر مربع، بخشی از رشته‌کوه‌های البرز در استان مازندران را شامل می‌شود (شکل ۱). معیار تعیین حدود سطح منطقه، خط‌الرأس‌ها و یال‌هایی بوده که ریزش در دامنه‌های آنها به طرف دره یا جاده هراز حرکت می‌کند. حداقل ارتفاع در منطقه، به ترتیب ۴۸۱ و ۳۴۱۰ متر و ارتفاع میانگین منطقه ۱۷۷۲/۳ متر از سطح دریا است. میانگین شیب ۵۴/۴ درصد و

میانگین دما ۱۰/۱۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی منطقه ۴۴۵ میلی‌متر است. رخساره غالب منطقه شیل، ماسه‌سنگ و سیلت سنگ، مربوط به سازند شمشک است.

روش پژوهش

در این پژوهش عوامل اصلی مؤثر بر ریزش و پهنه‌بندی منطقه، شامل ارتفاع، شیب، جهت دامنه، جنس زمین، فاصله از گسل، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه و تراکم پوشش گیاهی و کاربری، لایه‌های اطلاعاتی در نظر گرفته شده‌اند. عوامل ارتفاع، شیب و جهت دامنه، از مدل رقومی ارتفاع استخراج شدند. جنس سنگ و فاصله از گسل از داده‌های نقشه‌های زمین‌شناسی، فاصله از رودخانه و جاده‌ها از نقشه‌های توپوگرافی منطقه به‌دست آمد. همچنین نقشه پراکنش ریزش در منطقه با بازدیدهای میدانی و ثبت موقعیت ریزش‌ها با استفاده از GPS تهیه شد. پس از رقومی‌کردن و طبقه‌بندی نقشه‌ها در محیط ArcGIS، برای ارزیابی از میان روش‌های مختلف پهنه‌بندی از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.

مدل ارزش اطلاعات

این مدل را یان و یین (۱۹۸۸) برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر مورد استفاده قرار دادند که در آن بر اساس یک رابطه، ارزش اطلاعاتی I_i را برای هر طبقه از عامل محاسبه می‌کند (رابطه ۱). روش ارزش اطلاعات را می‌توان افزودن بر واحدهای اراضی، بر اساس تراکم عددی نیز به کار برد (فاطمی عقدا، قیومیان و اشقلی فراهانی، ۱۳۸۲). در این پژوهش تراکم ریزش‌ها بر پایه تعداد در هر کیلومتر مربع محاسبه شده است.

$$I_i = L_n \frac{R_i/A_i}{R/A} \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱؛ I_i : ارزش اطلاعات هر طبقه از عامل؛ R_i : تعداد ریزش‌های موجود در هر طبقه عامل؛ A_i : مساحت هر طبقه از عامل؛ R : تعداد ریزش در کل منطقه و A : مساحت کل منطقه هستند. برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه با استفاده از مدل ارزش اطلاعات، نخست عوامل مؤثر به چند طبقه تقسیم شدند. هر طبقه از عوامل مؤثر در پهنه‌بندی دارای وزن خاصی است که برای امتیازدهی به آنها، تعداد ریزش‌های موجود در هر طبقه از عامل از طریق همپوشانی نقشه‌ها در محیط ArcGIS محاسبه شد. پس از محاسبه تراکم ریزش در طبقه‌های مختلف عوامل، وزن‌دهی به هریک از طبقه‌ها با استفاده از رابطه ۱ انجام شد و با تلفیق نقشه‌های وزنی، تمامی عوامل تأثیرگذار در محیط GIS، نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه به‌دست آمد.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی

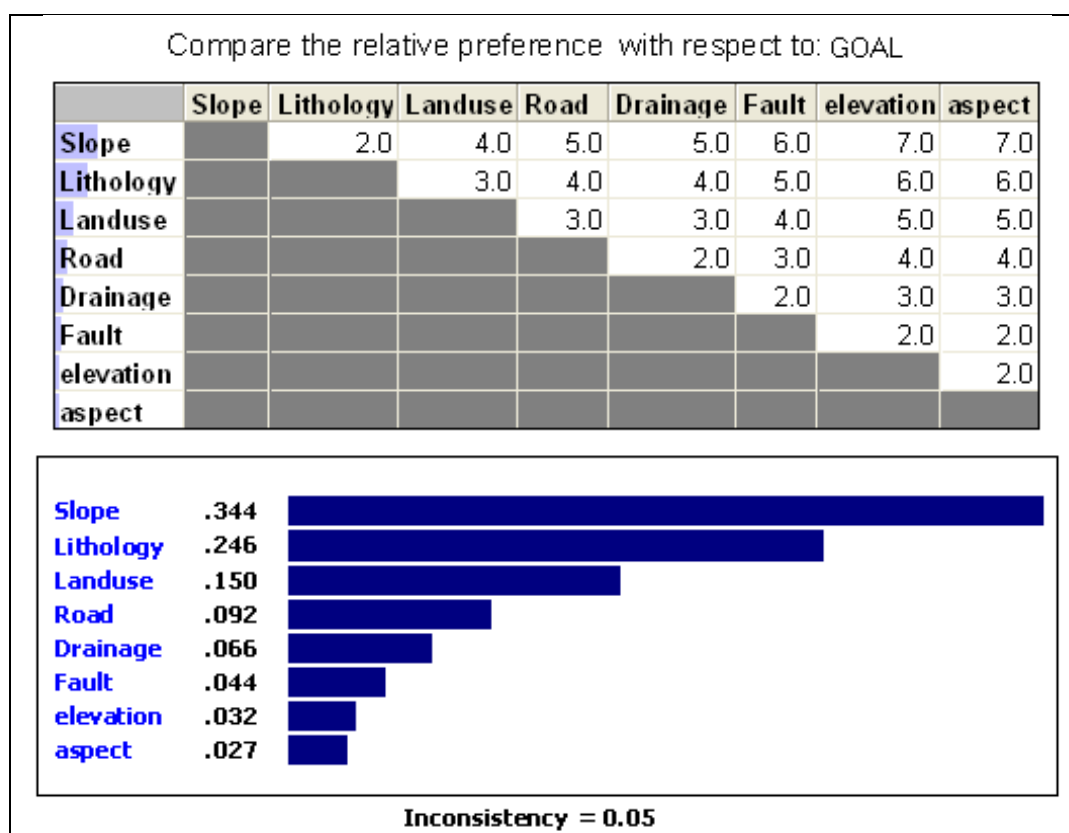
یکی از مسائل مهم تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی، وزن‌دهی به عوامل مؤثر و لایه‌های گوناگون اطلاعاتی است که بدین منظور در پژوهش حاضر از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده است. این روش یکی از پرکاربردترین روش‌های

تصمیم‌گیری چندمتغیره است که ساعتی آن را در سال ۱۹۸۰ پیشنهاد کرده است و معمولاً در مورد معیارهایی به کار می‌رود که ساختاری ندارند و ارزش‌گذاری بر اساس ترجیحات تصمیم‌سازی است (فرجی سبکبار، ۱۳۸۷).

در این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر ریزش، با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به مشخصات منطقه انجام شده است. برای وزن‌دهی به هر عامل، قسمت‌هایی که به‌طور تقریبی از نظر مشخصات دیگر مشابه بوده ولی عامل مورد نظر تغییر داشته، در نظر گرفته شد. با مشاهده تغییرات این عامل و تأثیر آن بر وقوع ریزش‌ها، عوامل دوبه‌دو با هم مقایسه و وزن‌ها انتخاب شدند. سپس نتایج این مقایسه‌ها در ماتریس جدول شکل ۲ وارد شد. برای این منظور نظر کارشناسان مختلف نیز مد نظر قرار گرفت. ماتریس مذکور وارد نرم‌افزار EXPERT CHOICE شد و در آن وزن نهایی هر عامل محاسبه به‌دست آمد (شکل ۲). وزن‌های حاصل از این روش، بستری برای تمامی عوامل مؤثر مد نظر قرار گرفت که بر پایه آن (رابطه ۲) نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه به‌دست آمد.

رابطه ۲) $x_1 + 0.066 x_2 + 0.092 x_3 + 0.044 x_4 + 0.246 x_5 + 0.027 x_6 + 0.344 x_7 + 0.027 x_8$ شاخص پهنه‌بندی

در رابطه بالا، x_1 تا x_8 به‌ترتیب عوامل ارتفاع، شیب، جهت دامنه، جنس زمین، فاصله از گسل، فاصله از جاده، پوشش گیاهی و کاربری زمین و فاصله از رود هستند.



شکل ۲. محاسبه وزن عوامل مؤثر و اولویت‌بندی آنها به کمک نرم‌افزار EXPERT CHOICE

ارزیابی مدل‌ها

در این پژوهش برای وزن‌دهی به لایه‌های مختلف اطلاعاتی در مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، از پراکنش ریزش در منطقه استفاده شده است. از این رو نمی‌توان برای ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی، از نقشه پراکنش ریزش‌های منطقه استفاده کرد. برای رفع این مشکل، تعداد یک‌سوم از نقاط ریزشی که در پهنه‌بندی استفاده نشده بود برای ارزیابی نقشه‌ها از این نقاط استفاده شد؛ بدین گونه که یک‌سوم از نقاط ریزشی که در پهنه‌بندی استفاده نشده‌اند را روی نقشه‌های پهنه‌بندی انداخته و تعداد ریزش در طبقات مختلف لایه‌ها محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از رابطه ۳ میزان دقت مدل‌ها محاسبه شد.

$$P = ks/s \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن؛ p : احتمال تجربی؛ ks : تعداد ریزش در طبقه متوسط به بالا و s : تعداد کل ریزش‌های منطقه است. مدلی که میزان p آن بیشتر باشد، برای پهنه‌بندی منطقه مناسب‌تر است.

یافته‌های پژوهش

برای بررسی نقش هر یک از عوامل مؤثر بر ریزش و تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر در منطقه، نقشه پراکنش ریزش‌ها با نقشه‌های عوامل در محیط ArcGIS تلفیق شدند و تراکم سطح به‌دست آمد. سپس وزن هر یک از طبقه‌های عوامل با استفاده از مدل‌های ارزش اطلاعات و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به‌دست آمد که نتایج در جدول‌های ۱ تا ۸ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول ۱ آمده است، از ۴۱ مورد ریزش برداشت شده، تعداد ۴۰ مورد ریزش از ارتفاع ۸۰۰ متر به بالاتر صورت گرفته است. نوسانات درجه حرارت در حوالی صفر درجه و یخبندان و ذوب یخ به دفعات زیاد در طبقه ارتفاعی ۱۲۰۰-۸۰۰ متر، سبب شده است که بیشترین ریزش‌های منطقه در این طبقه ارتفاعی رخ دهد. محمودی (۱۳۷۴) به این عامل اشاره داشته است. عامل شیب موجب می‌شود که بلوک‌های سنگی تحت تأثیر نیروی ثقل به طرف پایین دامنه سقوط کنند.

جدول ۱. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف ارتفاع در منطقه

وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	تعداد ریزش	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	طبقه‌ها	عامل
-۰/۰۱۹۲	-۰/۵۹۹۶	۱	۱۱/۶۶۶۶	< ۸۰۰	ارتفاع (متر)
۰/۰۰۸۷	۰/۲۷۲۰	۸	۳۹/۰۳۶	۸۰۰-۱۲۰۰	
۰/۰۰۱	۰/۰۳۱۰	۹	۵۵/۸۸۴۴	۱۲۰۰-۱۶۰۰	
-۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۵۲	۹	۵۷/۹۴۵۶	۱۶۰۰-۲۰۰۰	
-۰/۰۰۳۴	-۰/۱۰۵۱	۸	۵۶/۹۱۹۲	۲۰۰۰-۲۴۰۰	
-۰/۰۰۰۹	-۰/۰۲۸۱	۵	۳۲/۹۳۹۳	۲۴۰۰-۲۸۰۰	
-۰/۰۰۷۹	-۰/۲۴۸۴	۱	۸/۲۱۰۷	> ۲۸۰۰	

هر چه شیب بیشتر باشد، نیروهای عمل‌کننده به طرف پایین دامنه بیشتر است. ستون‌های وزن ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله‌مراتبی در جدول ۲ نشان می‌دهند که طبقات شیب ۷۰ درصد به بالا حساسیت بیشتری به ریزش دارند. بررسی جهت دامنه نشان داد که پراکنش ریزش‌ها در آن یکنواخت‌تر است. با وجود این، دامنه‌های غربی، شمالی و جنوبی به ترتیب حساسیت بیشتری نسبت به ریزش نشان داده‌اند (جدول ۳). نوسانات درجه حرارت در بالای صفر درجه در دامنه‌های غربی و جنوبی موجب تخریب سنگ‌ها می‌شود؛ اما در دامنه‌های شمالی، یخبندان عامل اصلی است. سازند زمین‌شناسی یکی از مهم‌ترین عوامل وقوع ریزش در منطقه است که در این میان سنگ آهک، مارن، سنگ آهک مارنی و مارن سیلتی حساسیت بیشتری از خود نشان داده‌اند (جدول ۴).

جدول ۲. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف شیب در منطقه

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
شیب (درصد)	۰-۲۰	۲۵/۲۶۲۸	۰	۰	۰
	۲۰-۴۰	۵۳/۹۴	۰	۰	۰
	۴۰-۵۵	۵۵/۲۵۶۶	۱	-۲/۱۵۴۸	-۰/۷۴۱۲
	۵۵-۷۰	۵۹/۲۱۶۴	۵	-۰/۶۱۴۶	-۰/۲۱۱۴
	۷۰-۸۵	۴۱/۳۷۸۵	۱۰	۰/۴۳۷۰	۰/۱۵۰۳
	> ۸۵	۲۷/۵۷۴۳	۲۵	۱/۷۵۹۲	۰/۶۰۵۱

جدول ۳. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف جهت دامنه

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
جهت دامنه	شمالی	۳۴/۴۵۵۴	۷	۰/۲۶۳۱	۰/۰۰۷۱
	شمال شرقی	۳۷/۷۶۰۸	۳	-۰/۶۷۵۸	-۰/۰۱۸۲
	شرقی	۳۳/۲۷۶۹	۶	۰/۱۴۳۸	۰/۰۰۳۸
	جنوب شرقی	۳۶/۳۸۴۵	۵	-۰/۱۲۷۸	-۰/۰۰۳۴
	جنوبی	۳۰/۶۴۹۴	۶	۰/۲۲۶۰	۰/۰۰۶۱
	جنوب غربی	۲۷/۳۱۹۶	۴	-۰/۰۶۴۴	-۰/۰۰۱۷
	غربی	۲۷/۵۴	۶	۰/۳۳۳۰	۰/۰۰۹۰
	شمال غربی	۳۵/۱۷۰۴	۴	-۰/۳۱۷۰	-۰/۰۰۸۵

جدول ۴. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف جنس زمین

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
جنس زمین	A	۶۵/۱۸۳۹	۱۰	-۰/۰۱۷۲	-۰/۰۰۴۲
	B	۳/۸۸۰۵	۲	۱/۱۹۴۶	۰/۲۹۳۸
	C	۱/۴	۰	۰	۰
	D	۸۹/۵۳۴۵	۸	-۰/۵۵۷۸	-۰/۱۳۷۲
	E	۲۹/۲۶۰۴	۴	-۰/۱۳۲۵	-۰/۰۳۲۶
	F	۲۵/۳۸۲۷	۳	-۰/۲۷۸۰	-۰/۰۶۸۳
	G	۸/۶۵۹۲	۶	۱/۴۹۰۵	۰/۳۶۶۷
	H	۲۷/۳۱۸۳	۴	-۰/۰۶۳۸	-۰/۰۱۵۷
	I	۰/۸۹۱	۰	۰	۰
	J	۱۰/۲۸۴۳	۴	۰/۹۱۳۱	۰/۲۲۴۶
	K	۰/۸۹۸۸	۰	۰	۰

- A: پادگانه‌های آبرفتی
 B: سنگ آهک و مارن
 C: کنگلومرا و سنگ آهک کنگلومرای
 D: شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، رس سنگ، کوارتزیت
 E: سنگ‌های آتشفشانی دماوند
 F: سنگ آهک، به‌طور محلی دولومیتی
 G: سنگ آهک، مارن، سنگ آهک مارنی، مارن سیلتی
 H: گدازه آندزیت، داسیتی و سنگ‌های آذر - آواری، بازالت، لای سنگ، شیل
 I: سنگ گچ
 J: سنگ آهک و مارن آمونیت‌دار، ماسه‌سنگ آهکی.
 K: سنگ آهک و مارن آمونیت‌دار، ماسه‌سنگ آهکی.

حرکات تکتونیکی در هر منطقه می‌تواند باعث افزایش شیب شده و در درازمدت به ایجاد ریزش‌ها کمک کنند. در منطقه مورد مطالعه به دلیل قرارگیری در کوه‌های البرز مرکزی که دوره جوانی خود را طی می‌کند، حرکات تکتونیکی زیاد است. از آنجا که بیشتر ریزش‌ها در فاصله کمتر از ۵۰۰ متری گسل‌ها رخ داده است، نزدیک‌ترین فواصل به آن حساسیت بیشتری نسبت به ریزش دارد. از عوامل دیگری که سبب تشدید پدیده ریزش در منطقه می‌شود، واقع شدن جاده ترانزیت هراز است که تهران را به آمل وصل می‌کند و سالانه هزاران خودروی سبک و سنگین در آن تردد می‌کنند. تعریض جاده و ایجاد ترانشه‌ها می‌تواند در تشدید ریزش در منطقه نقش داشته باشد؛ به طوری که تعداد ریزش‌های منطقه در فاصله بیش از ۵۰۰ متری از جاده کاهش چشمگیری دارد. این حساسیت در مورد فاصله از رود نیز وجود دارد (جدول ۵، ۶ و ۷). هرچه به رودخانه نزدیک می‌شویم، تراکم ریزش‌ها بیشتر می‌شود که از دلایل آن، اختلاف سطح ایجاد شده بین کف دره و ارتفاعات مشرف به آن، برش پای دیواره و مساع شدن زمینه برای جدا شدن سنگ‌ها است. بررسی پراکنش ریزش در طبقه‌های مختلف پوشش گیاهی و کاربری نشان داد که تمامی ریزش‌ها در مراتع منطقه رخ داده‌اند. در این میان، وزن مراتع فقیر بیشتر است که از دلایل آن می‌توان به نقش انسان در تخریب جنگل‌ها و مراتع مرغوب منطقه اشاره کرد (جدول ۸).

جدول ۵. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف فاصله از گسل

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
فاصله از گسل (متر)	۰-۵۰۰	۳۴/۱۱۰۸	۹	۰/۵۲۴۹	۰/۰۲۳۰
	۵۰۰-۱۵۰۰	۶۳/۸۸۸۶	۱۴	۰/۳۳۹۲	۰/۰۱۴۹
	۱۵۰۰-۳۰۰۰	۸۱/۵۰۶۸	۱۰	۰/۲۴۰۸	۰/۰۱۰۶
	> ۳۰۰۰	۸۳/۱۴۴۴	۸	۰/۴۸۳۹	۰/۰۲۱۳

جدول ۶. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف فاصله از جاده

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
فاصله از جاده (متر)	۰-۱۵۰	۵۲/۲۲۵۸	۷	۰/۱۵۲۵	۰/۰۱۴۰
	۱۵۰-۳۰۰	۳۷/۸۵۱۵	۱۲	۰/۷۰۸۴	۰/۰۶۵۲
	۳۰۰-۵۰۰	۴۱/۳۵۴۷	۱۱	۰/۵۳۳۹	۰/۰۴۹۰
	> ۵۰۰	۱۳۱/۲۰۴۵	۱۱	۰/۶۲۱۷	۰/۰۵۷۲

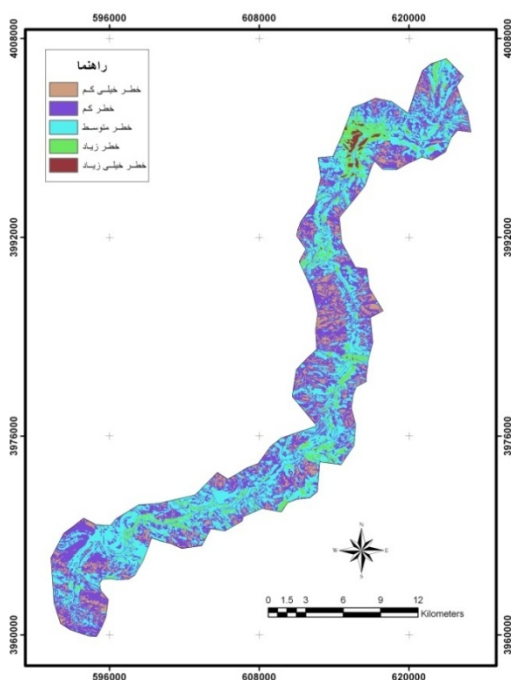
جدول ۷. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف فاصله از رود در منطقه

عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
فاصله از رود (به متر)	۰-۱۵۰	۵۹/۱۱۳۳	۱۱	۰/۲۲۷۶	۰/۰۱۵۰
	۱۵۰-۳۰۰	۴۳/۴۶۲۸	۱۱	۰/۴۸۳۱	۰/۰۳۱۹
	۳۰۰-۵۰۰	۴۸/۱۰۷۹	۸	۰/۰۶۳۱	۰/۰۰۴۲
	> ۵۰۰	۱۱۴/۹۳۰۹	۱۱	۰/۴۸۹۳	۰/۰۳۳۳

جدول ۸. پراکنش ریزش و وزن طبقه‌های مختلف پوشش گیاهی و کاربری

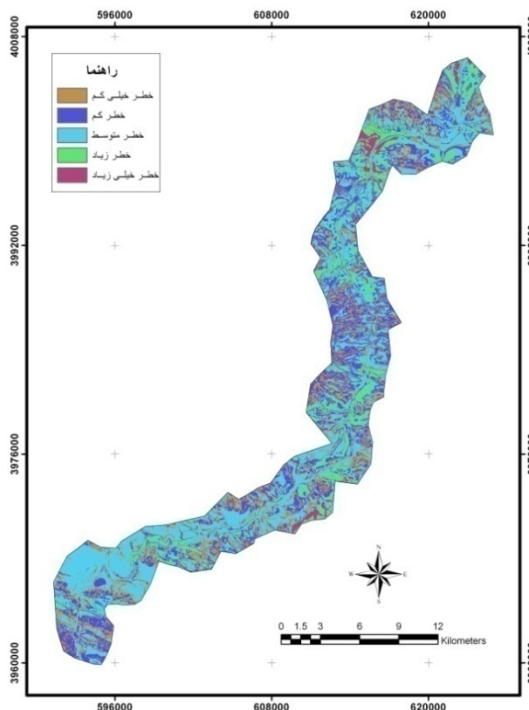
عامل	طبقه‌ها	مساحت طبقات (کیلومتر مربع)	تعداد ریزش	وزن ارزش اطلاعات (I_i)	وزن تحلیل سلسله‌مراتبی (W_{AHP})
پوشش گیاهی و کاربری	جنگل متراکم	۷/۵۷۶۷	۰	۰	۰
	مرتع خوب	۴۷/۱۸۱۶	۸	۰/۰۸۲۸	۰/۰۱۲۴
	مرتع متوسط	۱۵۱/۲۹۹۴	۲۶	۰/۰۹۶۲	۰/۰۱۴۴
	مرتع فقیر	۳۳/۹۳۶۷	۷	۰/۲۷۸۸	۰/۰۴۱۸
	باغ-کشاورزی	۲۰/۹۱۱	۰	۰	۰
	مناطق مسکونی	۱/۷۸۸	۰	۰	۰

همچنین نتایج به دست آمده از انجام پهنه‌بندی به صورت نقشه‌هایی است که پهنه‌های گوناگون خطر ریزش در منطقه را نشان می‌دهند. شکل ۳ نقشه پهنه‌بندی خطر در منطقه را با استفاده از مدل ارزش اطلاعات بر اساس رابطه ۱ نشان می‌دهد. در این نقشه ۵/۴ کیلومتر مربع از سطح منطقه در پهنه با خطر بسیار زیاد و ۵۸ کیلومتر مربع در پهنه خطر زیاد قرار گرفته است.



شکل ۳. نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه با استفاده از مدل ارزش اطلاعات

اولویت‌بندی عوامل مؤثر در وقوع ریزش با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله‌مراتبی نشان داد که به‌ترتیب عوامل شیب، جنس سنگ، پوشش و کاربری زمین، جاده، آبراهه، گسل، ارتفاع و جهت دامنه، بیشترین مشارکت را در وقوع ریزش در منطقه دارند. پس از وزن‌دهی به لایه‌ها با استفاده از رابطه ۲، نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط ArcGIS به‌دست آمد (شکل ۴).



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

بحث و نتیجه‌گیری

مدل‌هایی که برای تعیین پتانسیل خطر در یک منطقه به کار می‌روند، باید مورد ارزیابی قرار گیرند تا به انتخاب بهترین روش برای مقابله با عوامل ایجاد خطرات بیانجامد. از این رو در پژوهش حاضر، کارایی مدل‌های ارزش اطلاعات و تحلیل سلسله‌مراتبی برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خطر ریزش در دره هراز مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی مدل‌ها با استفاده از رابطه ۳ انجام شد که در آن میزان P برای مدل ارزش اطلاعات ۰/۷۳۷ و برای مدل تحلیل سلسله‌مراتبی ۰/۸۴۲ به دست آمد. این نتایج بیانگر مناسب بودن این مدل‌ها برای پهنه‌بندی خطر ریزش در منطقه است؛ اما در مقایسه باید گفت که مدل تحلیل سلسله‌مراتبی کارایی بالاتری در جداسازی و شناسایی مناطق حساس به ریزش دارد و برای مکان‌یابی مناطق حساس به ریزش و پهنه‌بندی خطر در منطقه مناسب‌تر است. بالاتر بودن دقت مدل تحلیل سلسله‌مراتبی به این دلیل است که اهمیت عوامل تهیه نقشه پهنه‌بندی را یکسان در نظر نمی‌گیرد؛ بلکه عوامل مؤثر را اولویت‌بندی و وزن‌دهی می‌کند. اولویت‌بندی عوامل با استفاده از این روش نشان داد که عوامل شیب و جنس سنگ بیشترین تأثیر را در وقوع ریزش و پهنه‌بندی خطر آن در منطقه مورد مطالعه دارند. برای افزایش دقت این مدل می‌توان در وزن‌دهی به عامل‌ها بر پایه نظرات کارشناسی تجدید نظر کرد. نتیجه این پژوهش که بر مبنای شناسایی ویژگی‌های منطقه و کمی کردن عوامل مؤثر در وقوع ریزش سنگ صورت گرفته است، می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی‌ها و عمران ناحیه‌ای در منطقه مورد استفاده قرار گیرد؛ به‌ویژه برای اینکه جاده هراز در معرض خطر ریزش قرار نگیرد، تعریض آن باید در مناطقی صورت گیرد که در نقشه‌های پهنه‌بندی حاصل از این پژوهش، پهنه‌های با خطر خیلی کم یا کم تعیین و شناسایی شده است.

منابع

- Batterson, M., McCuaig, S., and 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, Vol. 06-1, PP. 147-160.
- Bolin, H., Chen, L., Xuanming, P., Guanning, L., Xiaoting, C., Haogang, D., Tianci, L., 2010, **Assessment of the risk of rockfalls in Wu Gorge, Three Gorges, China**, Landslides, Vol. 7, No 1, PP. 1-11.
- Faraji Sabokbar, H., Karimzadeh, H., Sahneh, B., Koohestani, H., 2009, **The Creation of Patterns for Hospital Waste Landfill Site Selection in Rural Areas Using GIS: the Case Study of Bostanabad Township**, Journal of Geography and Planning, Vol. 14, No.27, PP.17-45.
- Fatemi Aghda, M., Ghiomian, J., and Eshgheli Farahani, A., 2004, **Evaluation Efficiency Statistics Methods in Determined Landslide Hazard Potential**, Geosciences, Vol.11, No.47-48, PP.28-47.
- Gholami, V., 2004, **Rockfall Hazard Zonation in the Haraz Road (Vana- Plor Section)**, Thesis of M.Sc Degree, University of Mazandaran, P. 126.

- Ghazipour, N., Uromeihy, A., Entezam, I., Ansari, F., and Pirouz, M., 2009, **The use of Cone-Fall Theory for Evaluation of Rock-Fall Hazard along the Chalooos-Road (Pol-e-Zanguleh – Marzan-Abad)**, Geosciences, Vol. 17, No. 66, PP. 160-169.
- Haririan, M., 1990, **Geomorphology**, Islamic Azad University, Tehran.
- Kariya, Y., Sato, G., Mokudai, K., Komori, J., Ishii, M., Nishii, R., Miyazawa, Y., and Tsumura, N., 2007, **Rockfall hazard in the Daisekkei Valley, the Northern Japanese Alps**, Landslides, Vol. 4, No. 1, PP. 91-94.
- Lied, K., 1977, **Rockfall Problems in Norway**, in: Rockfall Dynamics and Protective Work Effectiveness, ISMES pub.
- Mahmoudi, F., 1994, **Dynamic Geomorphology**, Payame Noor University Publication, Tehran.
- Modalal Dost, S., and Oladzade, A., 2010, **Rockfall Zonation Based on Rockfall Trajectory in GIS (Case Study: Haraz Way (Emamzadeh Ali) Amol County)**, Researches in Earth Scinces, Vol.1, No.3, PP.15-28.
- Mohammadi, M., Moradi, H.R., Feiznia, S., and Pourghasemi, H.R., 2010, **Comparison of the Efficiency of Certainty Factor, Information Value and AHP Models in Landslide Hazard Zonation (Case study: Part of Haraz Watershed)**, Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 62, No. 4, PP.539-551.
- Ohlmacher, G.C. and Davis, J.C., 2003, **Using Multiple Logistic Regression and GIS Technology to Predict Landslide Hazard in Northeast Kansas, USA.**, Engineering Geology, No. 69, PP.331-343.
- Saaty, T., 1980, **The Analytical Hierarchy Process**, McGraw Hill, New York.
- Shadfar, S., Yamani, M., and Namaki, M., 2011, **Landslide Hazard Zoning Using Information Value, Area Intensity and LNRE Models in Chalakrood Catchment**, Journal Watershed Engineering and Management, Vol.3, No. 1, PP. 40-47.
- Shirzadi, A., Mosavi, S.Z. and Kavian, A., 2010, **Generating Regional Rockfall Hazard Model at Along Mountainous Roads by Using of Overlay Index and GIS (Casestudy: Kurdistan, Salvatabad Saddle)**, Watershed Management Research Journal Pajouhesh & Sazandegi, Vol. 89, No. 4, PP. 82-91.
- Thommas, M.B., Voinovich, G.V., and Anderson, D., 1995, **Geofacts, Landslid in OHIO**, The Division of Geological Survey Geofacts Series, Vol. 4, No. 8, PP. 4-11.
- Topal, T., Akin, M. K. and Akin, M. 2012, **Rockfall hazard analysis for an historical Castle in Kastamonu (Turkey)**, Nat Hazards, Vol. 62, No. 2, PP. 255-274.
- 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, <http://pubs.usgs.gov/of/1998/ofr-98-0467>.
- Yalcin, A., 2008, **GIS-based Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process and Bivariate Statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of Results and Confirmations**, Catena, Vol. 72, No. 1, PP. 1-12.
- Yin, K.L. and Yan, T.Z. 1988, **Statistical Prediction Model for Slope Instability of Metamorphosed Rocks**, in Proc., Fifth International Symposium in Landslides (C.Bonnarded), Lausanne, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.