نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ٤، زمستان ١٣٩٦
صفحات۳۲- ۱۹

ارزیابی خطر پذیری مسیر انتخابی احداث راه آهن حدفاصل اصفهان و اهواز در مقابل زلزله

منیژه قهرودی تالی[1]،استاد ژئومرفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
سهیل غیاثوند، دانشجوی دکتری تکتونیک، دانشگاه علم وصنعت، ایران.
فاطمه خدابنده لو، کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. ایران

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۲۰ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۹/۲۷

چکیده

زلزله از جمله پدیده هایی است که بیشترین آسیب را به سازه‌ها و شریان‌های حیاتی وارد می‌سازد. براساس گزارشات موجود بخش اعظم خطوط اصلی موجود در شبکه راه آهن کشور ایران در مناطقی با خطر نسبی زیاد زمین لرزه قرار گرفته‌اند. مسیر خطوط ریلی مورد مطالعه بین دو شهر اصفهان و اهواز قرار گرفته است و هنوز احداث نشده است و در مرحله مطالعه است. در سالهای بین ۲۰۱۱-۱۰۵۰، بیش از۳۵۰ زلزله در محدوده مورد بررسی رخ داده که زلزله سال ۱۳۸۴با بزرگای ۶/۸ ریشتر بیشترین مقدار را داشته است. همچنین در این محدوده ۶۱۵ گسل وجود دارد . بنابراین خطر پذیری مسیر انتخابی آن در مقابل زلزله مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از داده های توپوگرافی ، نقشه های زمین‌شناسی ، تصاویر ماهواره ای IRS LISS III ، آمار و اطلاعات زلزله‌های تاریخی و دستگاهی و روشهای تحلیل واریوگرافی، درون یابی و توابع فازی، پهنه بندی خطر پذیری خطوط ریلی در ۴ کلاس بدون خطر، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد تهیه گردید. نتایج مطالعات نشان داد که دو بازه طولانی و یک بازه کوتاه از خطوط ریلی بر محدوده های با حداکثر خطر پذیری انطباق دارند. بررسی نتایج خاطرنشان ساخت که محدوده مورد مطالعه از نظر توپوگرافی، جنس زمین و سیستم گسله‌ها و درزها و شکستگی‌ها دارای تنوع فوق‌العاده‌ای می باشد و این تنوع سبب شده است که آسیب‌های وارده از رخداد زلزله‌ها متفاوت باشد. به بیان دیگر زلزله‌ای با بزرگای ثابت می‌تواند از شدت‌های تخریب متفاوتی در خطوط ریلی اصفهان- اهواز برخوردار باشد.

واژگان کلیدی: راه آهن، زلزله، ارزیابی خطر، خطوط ریلی اصفهان- اهواز.

۱- نویسنده مسئول: Email :M-Ghahroudi@sbu.ac.ir

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

زلزله پدیده‌ای است طبیعی که هر از چندگاه بخشی از زمین را می‌لرزاند و خرابی‌هایی به بار می‌آورد. بر اساس گزارش سازمان ملل، در سال ۲۰۰۳ میلادی، ایران در بین کشورهای جهان، رتبه نخست را در تعداد زمین‌لرزه‌های با شدت بالای ۵/۵ ریشتر و همچنین در زمینه آسیب‌پذیری از زلزله و تعداد افراد کشته شده در اثر این سانحه، را داشته است. بر اساس همین گزارش، در کشور ایران زمین‌لرزه، مخاطره غالب را در بین سوانح طبیعی دارا است(UNDP, ۲۰۰۴). لازم به ذکر است که ایران طی قرون گذشته، زلزله با بزرگی ۷/۵ ریشتر یا بیشتر را به کرات تجربه کرده است (Ghafary and Shtiany, ۱۹۹۹). کانون اکثر زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی در امتداد دو کمربند چین‌خورده و جوان حاشیه شمالی (کوه‌های کپه‌داغ و البرز) و جنوبی (رشته کوه‌های زاگرس با روند شمال‌غربی – جنوب‌شرقی) واقع شده است (علائی طالقانی، ۱۳۸۸،۱۳۸). درجه‌بندی خطر نسبی زلزله مناطق مختلف کشور در استاندارد ۲۸۰۰ مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن گویای آن است که در حدود ۷۳ درصد از طول خطوط اصلی موجود در شبکه راه آهن کشور در مناطقی با خطر نسبی زیاد زمین لرزه قرار گرفته‌اند و مناطق کوهستانی بویژه محدوده زاگرس در معرض خطر بیشتری از جهت زلزله قرار دارند (استاندارد ۲۸۰۰، ۱۳۷۸).

زمین‌لرزه جزء بلایای طبیعی می‌باشد که بیشترین آسیب را به سازه‌ها و شریان‌های حیاتی و به عبارت ساده به مصنوعات بشری وارد می‌سازد. به همین دلیل در سازه‌ها و شریان‌های حیاتی، بارهای ناشی از زمین‌لرزه را برآورد می نمایند و در طراحی آن منظور می‌کنند. حمل‌ونقل ریلی به عنوان دومین شیوه زمینی حمل ونقل به دلیل مصرف سوخت کمتر، ایمنی بالاتر، آلودگی کمتر زیست محیطی و راحتی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. به همین دلیل یکی از مقوله‌های بسیار مهم توسعه اقتصادی و اجتماعی دنیا مطرح گردیده و میزان سرمایه گذاری‌های جهان در این رابطه بیانگر این موضوع می‌باشد. راه‌آهن جهت حفظ و ارتقای نقش خود در حمل ونقل نیازمند افزایش قابلیت اعتماد شبکه خطوط و تجهیزات ناوگان ریلی می‌باشد. در این میان یکی از مسائلی که همواره عملکرد سیستم‌های حمل و نقل را دچار مشکل ساخته و از میزان اطمینان مشتریان به آن‌ها کاسته است، مساله بروز حادثه و خسارت جانی و مالی ناشی از آن می‌باشد. دسته‌ای از این حوادث، حوادث ناشی از بلایای طبیعی می‌باشد که در مواردی می‌توانند سبب رخداد حوادثی چون خروج از خط قطار، تخریب روسازی راه آهن، ریزش دیوارهای حفاظتی گردند (Zakeri,۲۰۰٦).

مرکز مطالعات زلزله و سازمان زمین‌شناسی آمریکا (۲۰۰۰) آسیب‌پذیری سیستم‌های حمل و نقل از زمین‌لرزه را در هفت ایالت آمریکا مورد بررسی قرار داده است و با مطالعه زلزله‌های گذشته و فاصله از خط گسل و میزان صدماتی که از میزان تخریب آنها و خطراتی که بعد از وقوع زلزله متوجه سیستم‌های حمل ونقل از قبیل شکستن سد، روان‌گرایی، رانش زمین می‌شوند، مناطق پر خطر را تعیین کرده و در بهسازی در اولویت قرار داده است. همچنین آسیب‌پذیری خطوط راه آهن را بر اثر وقوع زمین‌لرزه در ژاپن و آمریکا با استفاده از بررسی شدت و عمق زلزله‌های گذشته و میزان آسیب وارده آنها و شرایط زمین‌شناسی بررسی شده است و مسیرهای در معرض خطر زمین‌لرزه تعیین شده (William and Byers,۲۰۰۴) . در تهیه گزارش از تخریب ناشی از زمین‌لرزه در ۱۹۵۰ در آسام هند زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۸/۷ ریشتر باعث شکست زمین

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

گردید که موجب از بین رفتن زیرساخت‌های ریلی و تخریب آن‌ها گردید. همچنین در سال ۲۰۱۰ زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۸/۸ ریشتر در شیلی باعث خمیدگی خطوط ریلی شد.

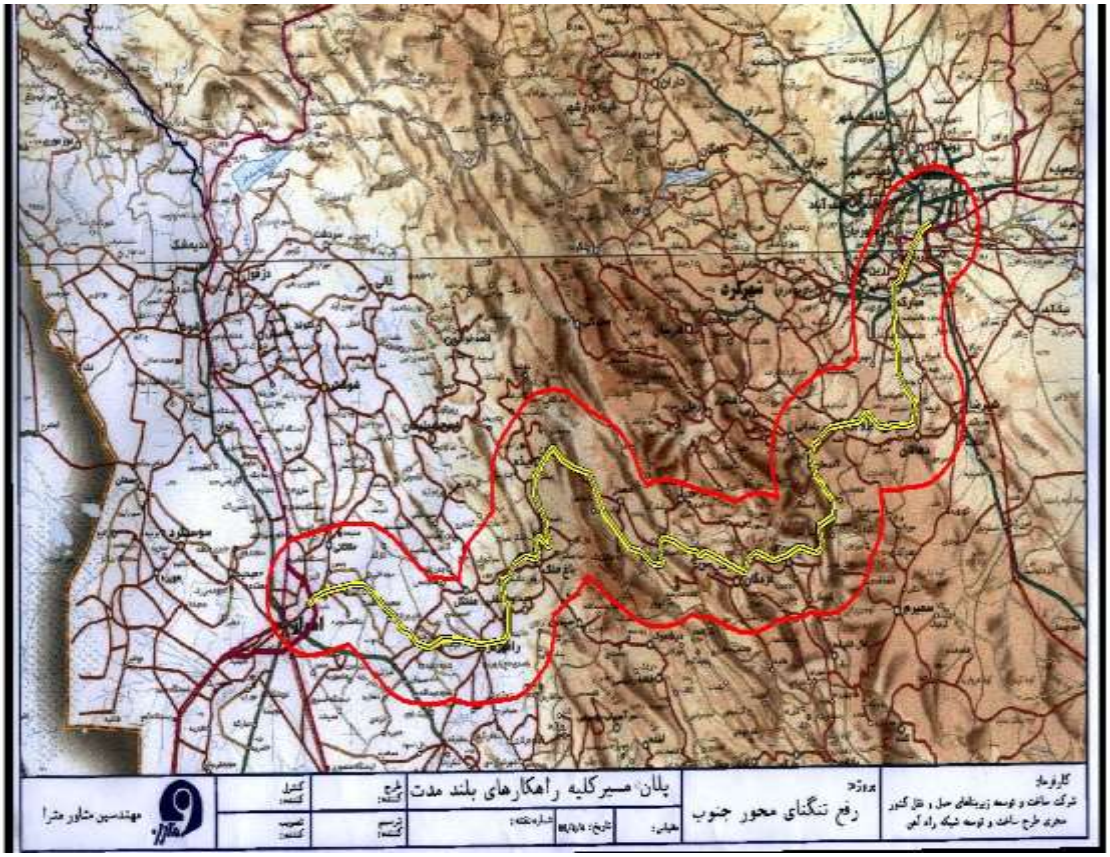
در خصوص خطر زمین لرزه در راه آهن ایران مطالعاتی در خصوص درجه بندی خطر پذیری آن صورت گرفته است در تحقیقی از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی و عکس‌های هوایی استفاده شده است و نتایج به دست آمده نشان داده است که ۷۳ درصد از خطوط ریلی در معرض آسیب ناشی از زلزله قرار دارند (مختاری، ۱۳۸۵). خطوط بالاستی از مهم ترین زیرساختهای آسیب پذیر شبکه خطوط ریلی در زمان وقوع و پس از وقوع زلزله است که با وجود اهمیت کارآیی مناسب آن در سیر ایمن قطار یک مدل سه بعدی اجزاء محدود مناسب برای تحلیل لرزه ای آن توسعه داده شده که در آن ریلها و تراورسها با استفاده از المانهای تیر خمشی به عنوان روسازه خط و بالاست و زیربالاست با استفاده از المانهای جرم- فنر- میراگر به عنوان زیرسازه خط مدلسازی شده است. در مدل مذکور اثر مقاومت خط در راستای طولی و جانبی با استفاده از مدل فنر در نظر گرفته شده است (اسماعیلی و حیدری نوقابی، ۱۳۹۰). با توجه به زمین لرزه های تاریخی در سده بیستم در گستره ناحیه کوهستانی زاگرس این ناحیه از مناطق لرزه خیز ایران به شمار میرود که فعالیت گسلها در این منطقه هر لحظه وقوع زمین لرزه ای ویرانگر را ممکن می‌سازد. عبور بخش قابل توجهی از مسیر راه آهن با سازه های گوناگون نظیر پل، تونل و وجود آبرو های و متعددی در این ناحیه لرزه خیز و اهمیت ایمنی مسیر حرکت وسائط نقلیه ریلی ضرروت توجه به موضوع مدیریت بحران و آسیب پذیری را نشان می دهد. در تحقیقی آسیب پذیری حمل و نقل ریلی به هنگام زلزله برای هر بلاک با استفاده از شاخصهایی همچون سقوط سنگ، رانش، شعاع قوس، پل و تونل به کمک مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس انجام شد. نتایج به دست آمده حاکی از این موضوع است که بلاک تنگ ۵ – تنگ ۷ بیشترین میزان آسیب پذیری و بلاک گل محک – بالارود کمترین میزان آسیب پذیری را به خود اختصاص دادند (شهباز نژاد و تلوری، ۱۳۹۲).

در خصوص استفاده از تکنیکها و روش های مطالعاتی برای تعیین میزان خطر پذیری و آسیب پذیری مطالعاتی موجود است، هنگامی که شاخص های مورد استفاده هم مقیاس نیستند اما قابل مقایسه می باشند مدل تحلیل سلسله مراتبی AHP بکار گرفته شده است (شیعه و همکاران ،۱۳۸۹و منزوی و همکاران ،۱۳۸۹). از روشهای وزنی و جمعی و مدلهای چند شاخصه نیز در ارزیابی تخریب ناشی از زلزله و پتانسیل لرزه خیزی در تهران نیز مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج قابل استنادی نیز فراهم ساخته است (Komac, ۲۰۰۵، قهرودی تالی و همکاران ،۱۳۹۱). از توابع فازی در ارزیابی آسیب پذیری و خطر پذیری بویژه هنگامی که عوامل تاثیر گذار در ترکیب با هم نقش ویژه ای دارند، مورد استفاده محققین قرار گرفته است ((Mohammadi and Meech,۲۰۱۱, Lee,۲۰۰۷, Murat and Candan, ۲۰۰۳ Sabuya and pinto, ۲۰۰٦) . احداث خطوط ریلی بین اصفهان و اهواز در مرحله مطالعه است که در این پژوهش خطر پذیری مسیر انتخابی آن در مقابل زلزله مورد بررسی قرار گرفته است. بازه مورد مطالعه این پژوهش نیز از مرتفعات زاگرس عبور می کند و دارای پلها، تونلهای و خمهای متعدد است.

مسیر خطوط ریلی مورد مطالعه در محدوده ۳۱ درجه تا ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی و بین دو شهر اصفهان و اهواز قرار گرفته است (شکل ۱). در سالهای بین ۲۰۱۱-۱۰۵۰، بیش

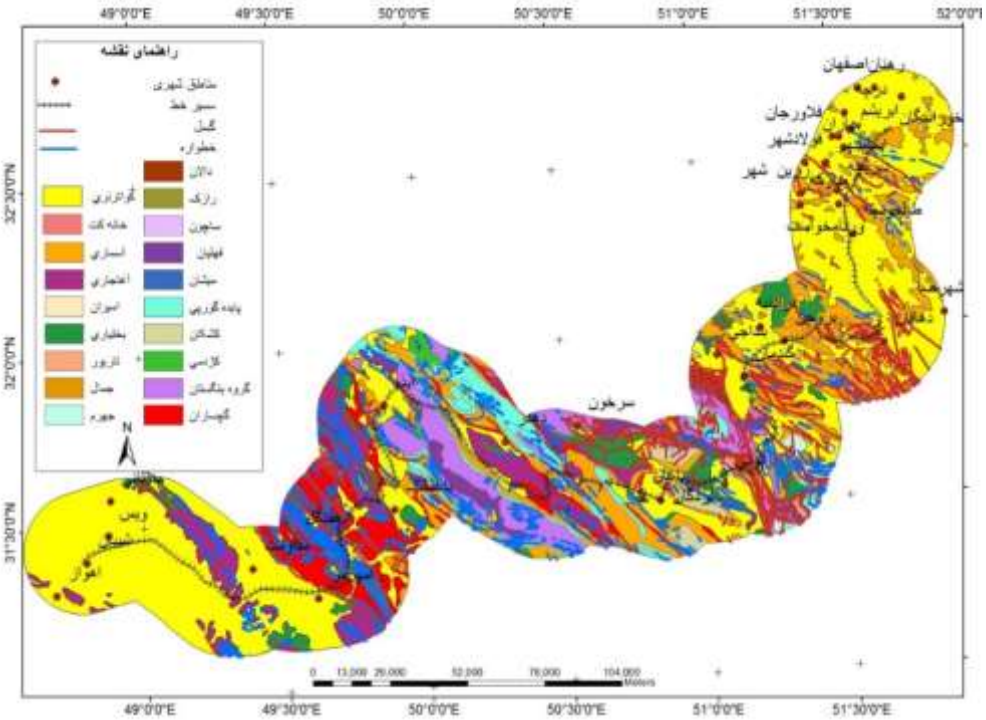
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

از ۳۵۰ زلزله در محدوده مورد بررسی رخ داده که زلزله سال ۱۳۸۴با بزرگای ۶/۸ ریشتر بیشترین مقدار را داشته است. در این محدوده ۶۱۵ گسل وجود دارد که مهمترین و بزرگترین زون گسلی ایران یعنی گسل معکوس زاگرس عمود بر این مسیر است. انطباق لایه گسل، زلزله‌ها و همچنین وجود زلزله‌های تاریخی، نشان دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ وقوع زمین‌لرزه است. از ویژگی‌های بارز این محور این است که از واحدهای ژئومورفولوژیکی مختلف شامل زاگرس مرتفع (لردگان – بروجن)، زاگرس چین‌خورده (باغ‌ملک – لردگان) و دشت خوزستان (رامهرمز – اهواز) عبور می‌کند، علاوه بر آن واحدهای مختلف زمین‌شناسی را نیز در برمی‌گیرد. همچنانکه شکل ۲ نشان می دهد در ابتدای بازه در اصفهان و انتهای بازه در اهواز در بخشهای گسترده ای خطوط ریلی از زمینهای رسوبی جوان و تحکیم نیافته عبور می کند و در بخش زاگرس مرتفع از تنوع سازندهای زمین شناسی برخوردار است که بیشتر آنها سازندهای رسوبی می باشند و توسط گسلهای متعدد شکسته شده است. محور مورد مطالعه در نوار لرزه‌خیز جنوبی زاگرس قرار گرفته است. در این پژوهش خطر پذیری بازه مورد نظر بررسی شده است.



شکل ۱ : مسیر انتخابی راه آهن اصفهان – اهواز در نقشه پایه تهیه شده از مرکز تحقیقات راه آهن جمهوری اسلامی ایران

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۲: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه(استخراج از نقشه زمین شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)

داده‌ها و روش کار

داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل پلان مسیر ریلی اصفهان – اهواز مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ تهیه شده از مرکز تحقیقات راه آهن جمهوری اسلامی ایران، نقشه های زمین‌شناسی ۱۰۰۰۰۰: ۱ از سازمان زمین‌شناسی کشور، تصاویر ماهواره ای IRS LISS III از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، آمار و اطلاعات زلزله‌های تاریخی و دستگاهی سازمان زمین شناسی کشور می باشد. مراحل تحقیق به این ترتیب بود که ابتدا براساس داده های زلزله‌های تاریخی و دستگاهی، پهنه های حاصل از بزرگای زلزله به دست آید به این منظور ابتدا با استفاده از نرم‌افزار GS^{+}، مدل مناسب درون‌یابی، میزان خطا و اجزای سمی واریوگرام تهیه شد در این راستا مدل نمایی با خطای ۰/۰۳۲۱ و واریانس تصادفی ۰/۰۲۷ و واریانس ساختاری۰/۲۶ به داده های زلزله‌های تاریخی (زلزله‌های تا سال ۱۹۰۰ میلادی) برازش شد(رابطه ۱). این مدل وقتی به کار می‌رود که خودهمبستگی مکانی با افزایش فاصله به صورت تابع نمایی کاهش و یا در یک فاصله بی‌نهایت کاملاً ناپدید می‌شود. به زلزله‌های دستگاهی بین ۴ تا ۵ ریشتر و بزرگای بزرگتر از ۵ ریشتر مدل کروی برازش شد(رابطه ۲). این مدل کاهش تدریجی خودهمبستگی مکانی را تا فاصله‌ای که خودهمبستگی بعد از آن صفر است را نشان می‌دهد. جدول ۱ مدلهای سمی واریوگرام را نشان می دهد. سپس با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ با مدل‌های برازش شده پهنه های زمین‌لرزه‌های دستگاهی و تاریخی محاسبه گردید. خطوط گسل از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج و مورد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

استفاده قرار گرفت؛ از مدل رقومی ارتفاعی استر[۱] با قدرت تفکیک ۳۰ متری لایه‌های شیب، خمیدگی[۲]، پروفایل[۳] و طبقات ارتفاعی تهیه شد(شکل۳)؛ لایه خطواره‌ها، واحدهای ناهمواری، کاربری اراضی و پوشش گیاهی از تصاویر ماهواره‌ای IRS سنجنده LissIII تهیه شد(شکل۴).

$$\gamma(h) = C_0 + C[۱ - \exp(-h/A_0)]$$

رابطه (۱) (Webster and Oliver, ۲۰۰۱)

$$\gamma(h) = C_0 + C[۱.۵(h/A_0) - ۰.۵(h/A_0)^۳] \qquad \text{for } h \le A_0$$

رابطه (۲)

$$\gamma(h) = C_0 + C \qquad \text{for } h > A_0$$

که در آن C_0 ، اثر قطعه ای، C : حد آستانه، γ : سمی واریانس و A_0: دامنه تاثیر می باشند.

برای تحلیل ترکیبی متغیرها به دلیل عدم همگنی آنها از نظر مقیاس، نیاز به یکسان سازی آنها بود که براساس تعیین درجه عضویت[۴] (رابطه ۳) انجام شد (Vanalphen and Stoorvogel, ۲۰۰۰). سپس براساس تابع گوسین فازی[۵] عضویت‌ها تعدیل گردید. این تابع، عضویت‌ها را به توزیع نرمال تبدیل می کند. نقطه میانی از این توزیع، شرایط ایده‌ال را تعیین می کند و عضویت ۱ برای آن منظور می‌شود. حرکت از نقطه میانی به دو جهت منفی و مثبت میزان عضویت را کاهش می دهد. پس از محاسبه عضویت‌ها، برای ترکیب لایه‌ها از توابع فازی و در نهایت از تابع گاما[۶] استفاده شد تا حضور تمام عضویت‌ها را در مدل پهنه‌بندی خطر پذیری فراهم سازد. استفاده از توابع جمعی یا ضربی فازی اگرچه در ترکیب متغیرها نقش مهمی دارد، اما رنج خاصی از عضویت‌ها را مورد استفاده قرار می‌دهد (Kainz,۲۰۰۸, Chang et al., ۲۰۰۸). نحوه اجرای توابع فازی به این ترتیب بود که عواملی که همدیگر را تقویت می‌کردند و هم جهت بودند، تابع جمع فازی، با خاصیت افزایشی اعمال گردید که مقدار عضویت نهایی پیکسل‌ها در نقشه خروجی بزرگ شود و به یک میل کند. برای مثال با روی هم قرار گرفتن میزان بالای تراکم پوشش گیاهی، در لایه کاربری اراضی و لایه پوشش گیاهی، از آسیب‌های بعدی زمین‌لرزه کاسته می‌شود لذا این دو عامل که همدیگر را در کاهش خطرپذیری تقویت می‌نمایند که با تابع OR تلفیق شدند رابطه (۴). زلزله‌های تاریخی، زلزله‌های بین ۴ تا ۵ ریشتر و زلزله‌های بزرگتر از ۵ ریشتر به دلیل تشدید آسیب‌پذیری و تقویت هم‌دیگر، با تابع اخیر تلفیق شدند. تابع اشتراک فازی حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها را در نقشه‌های مورد تلفیق، برای نقشه‌های نهایی در نظر می‌گیرد که منجر به یک نتیجه محافظه‌کارانه شده و از وزن‌های بالای پیکسل‌ها کاملاً

۱. Aster
۲. Curvature
۳. Profile
۲. Membership
۳. The Fuzzy Gaussian function
٤. Fuzzy Gamma

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

چشم‌پوشی می‌شود. لایه‌های واحدهای ناهمواری و زمین‌شناسی از متغیرهای تشدید کننده در خطرپذیری بودند با تابع اشتراک فازی تلفیق شدند. تابع اجتماع فازی حداکثر مقدار پیکسل را در نقشه‌های مورد تلفیق، به عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی وارد می‌نماید. در نتیجه به دلیل صرف نظر کردن از پیکسل‌های با وزن پایین یک خروجی بسیار خوش‌بینانه بدست می‌دهد. لایه تغییر سطوح ارتفاعی، شیب، ضریب خمیدگی، پروفایل با تابع اجتماع فازی تلفیق شدند. Product درجه عضویت‌های نقشه‌های مختلف را در هم ضرب می‌کند و باعث کاهش عضویت نهایی می‌شود که نتیجه آن، تعلق وزن بسیار کوچک به موقعیت‌ها است لایه‌های گسل، خطواره و تراکم زهکشی از متغیرهای تشدیدکننده در آسیب‌پذیری محسوب می‌شوند لذا با تابع ضرب فازی تلفیق شدند رابطه (۵). برای ترکیب این متغیرها با توجه به ترکیب توابع جمعی و ضربی از تابع گاما استفاده گردید رابطه (۶) (چنج، ۲۰۰۸). در این پژوهش جهت اطمینان از انتخاب درست مقدار گاما، تلفیق نهایی با مقادیر ۰/۷، ۰/۸ ، ۰/۹ و ۰/۹۵ انجام گردید. سپس توسط تحلیل آماری زونها[۱] مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتتب که جهت انتخاب گامای مناسب، متغیرهای ضریب خمیدگی، فاصله از گسل، فاصله از خطواره، طبقات ارتفاعی، زلزله‌های تاریخی و زلزله‌های دستگاهی بزرگتر از ۴ریشتر زونهای مختلف گاما ارزیابی گردید.

$$\mu(x) = \begin{cases} ۰ & x < \min \\ \frac{x-\min}{\max-x} & \min < x < \max \\ ۱ & x > \max \end{cases}$$ رابطه (۳)

در رابطه (۳) x ارزش متغیر در هر نمونه‌است.max حداکثر و min حداقل مقدار مشاهدات است.

$$\text{OR Function} = \max\{\mu(A), \mu(B)\}$$ رابطه (۴)

$$\text{Product Function} = \mu(A)\mu(B)$$ رابطه (۵)

$$\gamma \text{ Function} = [\mu(A+B)]^{\gamma}[\mu(AB)]^{۱-\gamma}$$ رابطه (۶)

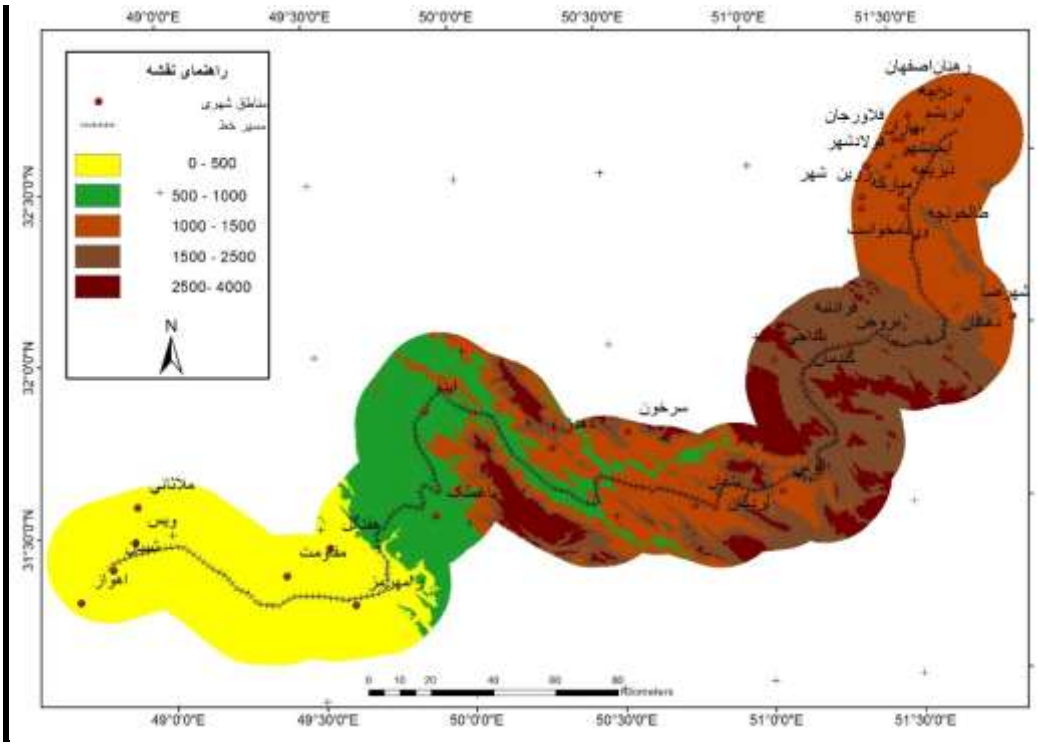
جدول ۱: عناصر سمی واریوگرام داده های زلزله

متغیر	مدل (model)	واریانس تصادفی (Nugget)	سقف (Sill)	دامنه تاثیر (Range)
زلزله‌های تاریخی	نمایی (Exponential)	۰/۰۲۷	۰/۲۶	۵۵۰۰۰
زلزله‌های ۴ تا ۵ ریشتر	کروی (Spherical)	۰/۰۰۷۴	۰/۰۷۹۴	۴۳۰۰۰
زلزله‌های دستگاهی بیشتر از ۵ ریشتر	کروی (Spherical)	۰/۰۰۰۹	۰/۰۲۶	۱۸۱۰۰

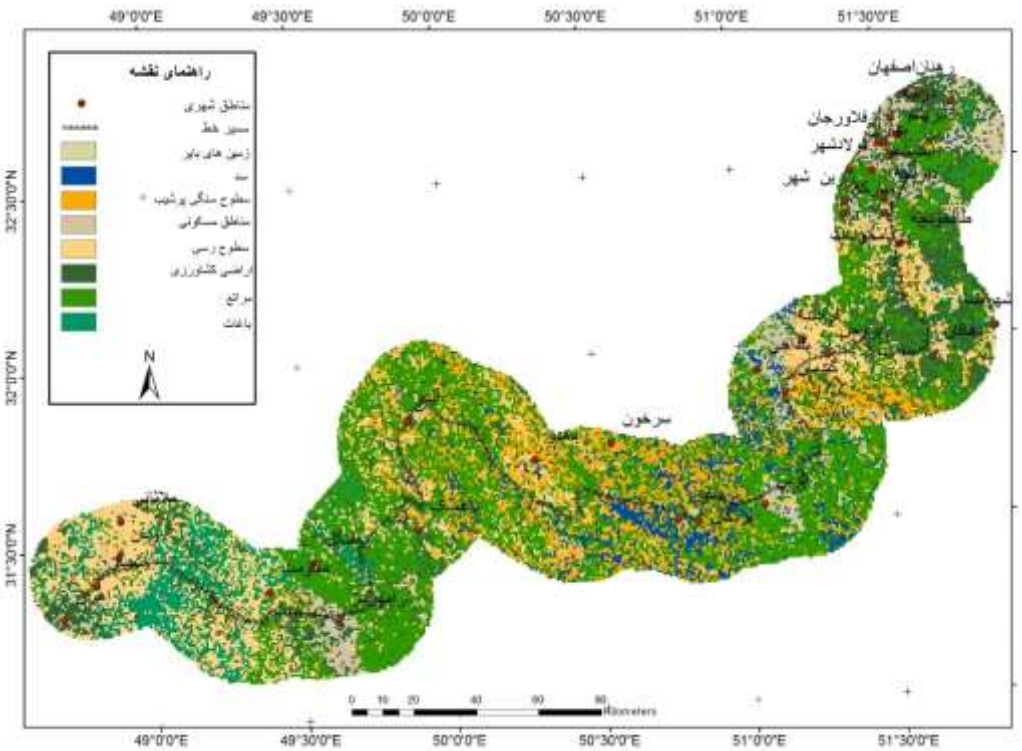
ماخذ: نگارندگان (۱۳۹۵)

[۱].Statistical Zone

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۳: نقشه طبقات ارتفاعی محدوده مورد مطالعه(استخراج از داده ارتفاعی استر)



شکل ۴: نقشه کاربری(استخراج از تصاویر ماهواره‌ای IRS سنجنده LissIII)

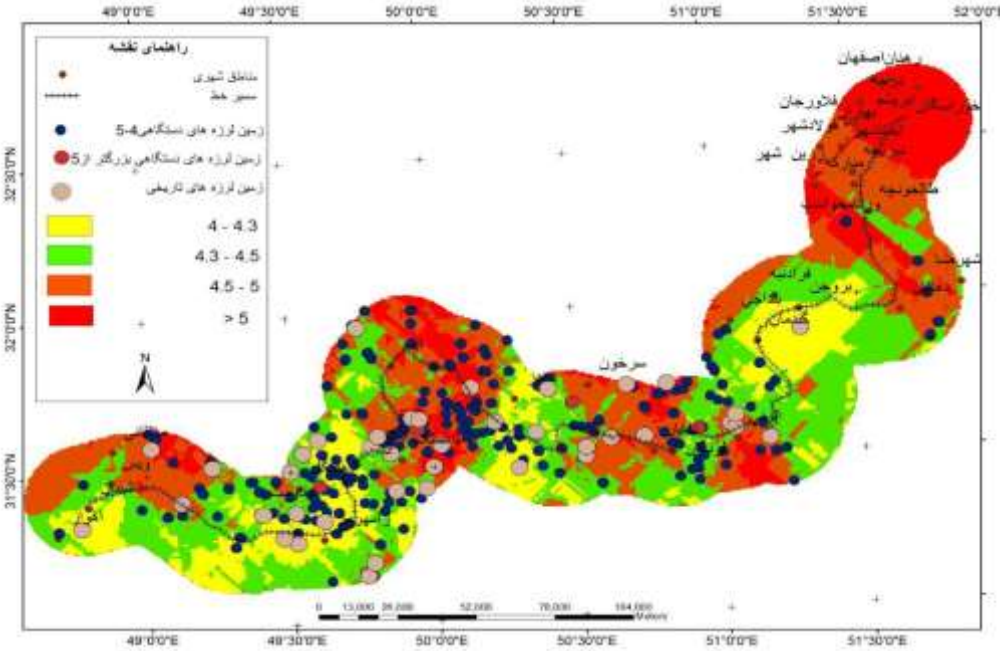
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

شرح و تفسیر نتایج

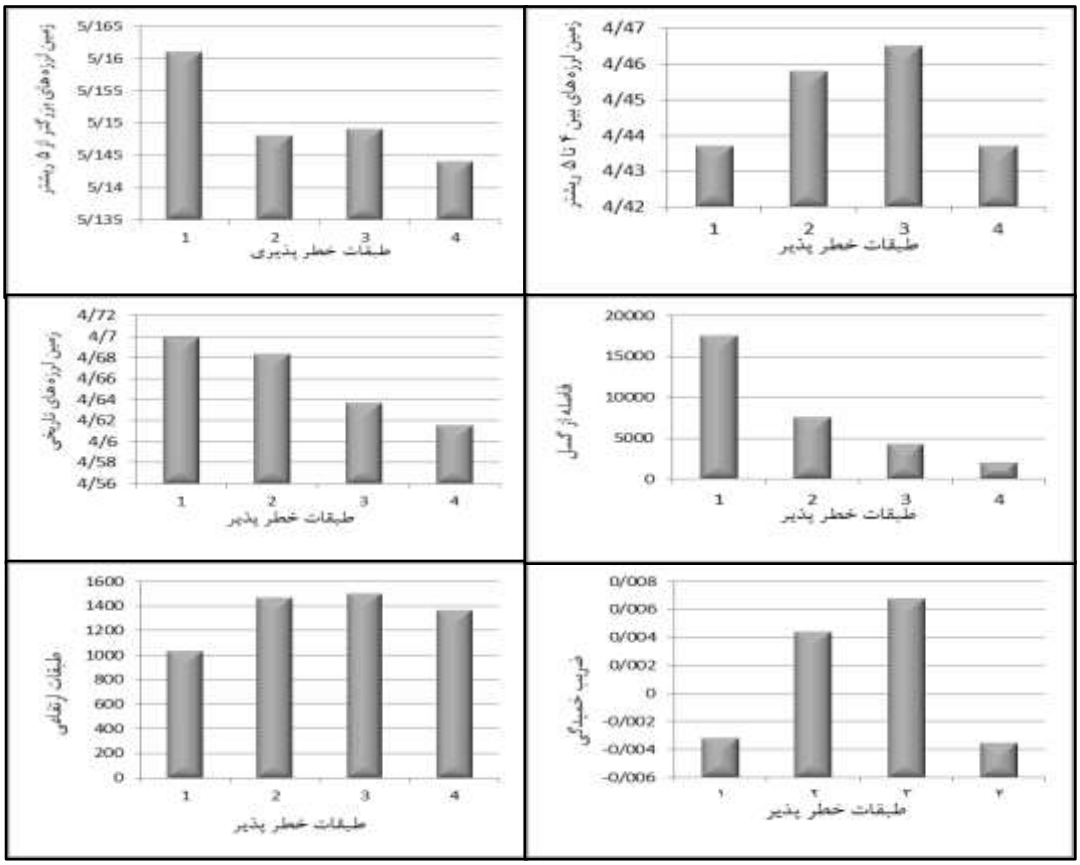
بازه خطوط ریلی اصفهان و اهواز از پهنه های لرزه خیز ایران عبور می کند که علاوه بر رخداد زمین لرزه‌های تاریخی، تعداد زمین لرزه هایی که توسط دستگاههای لرزه نگاری ثبت شده است، قابل ملاحظه است. براساس مدل سمی واریوگرام برای مجموع زمین لرزه ها با روش کریجینگ درون یابی انجام گردید و پهنه های لرزه خیز محاسبه شد. همانگونه که در شکل ۵ ملاحظه می شود خطوط ریلی در سه بازه با زلزله های کوچکتر از ۴ ریشتر مواجه است. از طرفی از نظر زلزله های بزرگتر از ۴,۵ ریشتر بر نهشته‌های آبرفتی کواترنری قرار دارد، این‌ها مواد فرسایشی هستند که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت ها گسترده اند و با دور شدن از ارتفاعات، درشتی دانه ها کاهش می‌یابد. علاوه بر آن بازه های با حداکثر بزرگای زلزله بر گسله ها و خطواره ها و همچنین براختلاف ناگهانی سازندها نیز مطابقت دارد. محدوده مورد مطالعه بزرگترین زون گسلی ایران است و بیش از ۳۵۰ زلزله در طی ۱۰۰۰ سال در آن رخ داده است گسل معکوس زاگرس عمود بر میر خطوط ریلی اصفهان- اهواز است. انطباق لایه گسل، زمین‌لرزه‌ها و همچنین وجود زلزله‌های تاریخی، نشان دهنده فعال بودن منطقه از لحاظ وقوع زلزله می باشد. از ویژگی‌های بارز این محور این است که از واحدهای ژئومورفولوژیکی مختلف شامل زاگرس مرتفع ، زاگرس چین‌خورده و دشت خوزستان عبور می‌کنند علاوه بر آن واحدهای مختلف زمین‌شناسی را نیز در برمی‌گیرد.

با استفاده از توابع همپوشانی از ترکیب متغیرهای تراکم پوشش گیاهی، کاربری ، زمین‌لرزه‌های تاریخی، زلزله‌های بین ۴ تا ۵ ریشتر و زلزله‌های بزرگتر از ۵ ریشتر ، لایه تغییر سطوح ارتفاعی، شیب، ضریب خمیدگی، لایه‌های گسل، خطواره و تراکم زهکشی براساس روشی که در بخش روشها توضیح داده شد، خطر پذیری در مقابل زلزله در ۴ رده گاما (۰/۷، ۰/۸ ، ۰/۹ و ۰/۹۵) تعیین گردید و نتایج ارزیابی زونی براساس متغیرهای ضریب خمیدگی، فاصله از گسل، فاصله از خطواره، طبقات ارتفاعی، زلزله‌های تاریخی و زلزله‌های دستگاهی بزرگتر از ۴ریشتر نشان داد که گامای ۰,۸ بیشترین اختلاف را بین متغیرها و طبقات خطرپذیری را دارا می باشد(شکل ۶). همانطور که این شکل نشان می دهد، حداکثر زمین لرزه های بزرگتر از ۵ ریشتر، در کلاس بدون خطر قرار دارد که توجیه آن بیشتر در اختلاف ۰/۰۳ بین حداقل و حداکثر است. این شرایط برای دو متغیر زلزله های بین ۴ و ۵ ریشتر و زلزله های تاریخی نیز وجود دارد که اختلاف آنها به ترتیب شامل ۰/۰۲ و ۰/۱۶ می باشند. متغیر فاصله از گسل با خطر پذیی رابطه مستقیم دارد و متغیر ضریب خمیدگی حداکثر و حداقل خطر پذیری را در توپوگرافی مقعر و دو طبقه متوسط و زیاد خطر پذیری را در دامنه های محدب نشان می دهدکه دلایل آن مربوط به حضور گسل ها در تغییر شیب ناهمواری می باشد. لذا تلفیق با گامای فوق انجام شد و پهنه بندی خطر پذیری در ۴ کلاس به ترتیب شامل بدون خطر، خطر متوسط، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد طبقه‌بندی گردید(شکل ۷). همانطور که شکل اخیر نشان می دهد دوبازه طولانی و یک بازه کوتاه به عنوان محدوده های با حداکثر خطر پذیری انطباق دارند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

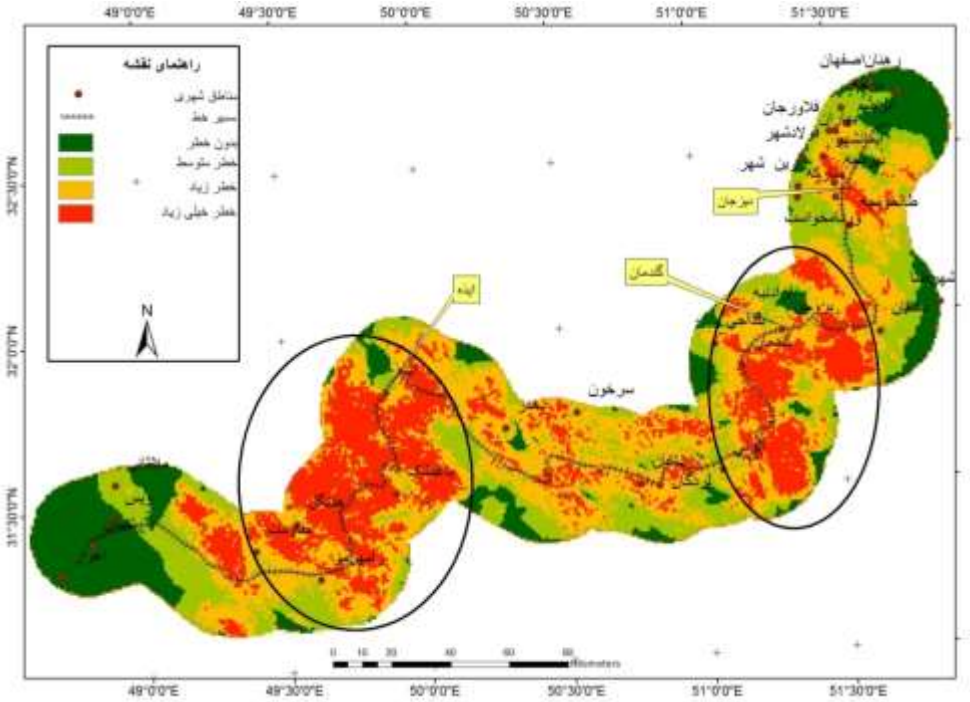


شکل ۵: تلفیق داده های درون یابی های مربوط به زمین لرزه



شکل۶: نمودار ارزیابی تابع گامای ۸۰/

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۷ : پهنه‌های خطرپذیری ناشی از زلزله در بازه مسیر انتخابی خطوط ریلی اصفهان – اهواز

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که از نظر توپوگرافی، جنس زمین و سیستم گسله‌ها و درزها و شکستگی‌ها دارای تنوع فوق-العاده‌ای در محدوده مورد بررسی وجود دارد، این تنوع سبب می‌شود که آسیب‌های وارده از رخداد زلزله‌ها متفاوت باشد. به بیان دیگر زلزله‌ای با بزرگای ثابت می‌تواند از شدت‌های تخریب متفاوتی در این محدوده برخوردار باشد. بیشترین تنوع جنس زمین و رخنمون‌ها در دو سیستم گسله است که خطوط از آن‌ها عبور می‌کنند، یکی از حوالی شهرضا تا لردگان و دیگری از حوالی باغ ملک تا رامهرمز را در بر می‌گیرد. بنابرین بزرگای زلزله در مسیر خطوط ریلی تغییرات زیادی خواهد کرد. ابتدای شروع خط ریلی و انتهای آن از زمین‌های رسوبی آبرفتی جدید عبور می‌کند که با توجه به منفصل بودن رسوبات و فضاهای خالی آن، در نزدیکی دو شهر بزرگ اصفهان و اهواز از مناطقی است که در تشدید آسیب‌پذیری زلزله نقش دارند. وجود رسوبات دامنه‌ای در حوالی گندمان و همچنین در پیچ خطوط ریلی در ایذه با حرکات دامنه‌ای و تشدید آن توسط زلزله مواجه خواهد شد. وجود دامنه‌های محدب از دیزجان تا ایذه بیانگر تشدید زلزله در نقاط حساس و آسیب‌پذیر این محدوده است. سوابق لرزه‌های بیش از ۵ ریشتر و با عمق کم به دلیل نقصان داده اثر کمی را در نتایج خطر پذیری داشته است که به عنوان شاهدی از پتانسیل خطرپذیری لازم است مورد توجه قرار گیرد. برای مثال در سال ۲۰۰۹ در عمق ۳۷ متری در نزدیکی شهر لردگان و در حریم ۱۰۰۰ متری موقعیت خطوط ریلی زلزله ای به بزرگای ۵/۱۱ ریشتر رخ داده استکه همانطور که در شکل مشاهده می شود در خطرپذیری متوسط قرار دارد. همچنین در سال ۲۰۰۷ دو زلزله که اولی در عمق ۳۳ متری در نزدیکی روستای مال‌آقا، به بزرگای ۵/۰۲ ریشتر و دومی در نزدیکی شهر هفتکل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

و در حریم خطوط ریلی به بزرگای ۵/۱۱ ریشتر رخ داده است. در سال ۲۰۰۵ نیز در نزدیکی روستای شکرآباد، زلزله‌ای در عمق ۴۳ متری به بزرگای ۵/۳ اتفاق داده است. در صورت احداث خطوط ریلی در این محدوده در نظر گرفتن زلزله های تاریخی از نظر حداکثر شدت ضرورت دارد. مقایسه محدوده مورد مطالعه با تحقیقات شهبازی و تلوری در ناحیه زاکرس نشان می دهد که در مناطق کوهستانی وجود تعداد زیاد پلهای با دهانه بزرگ ضرورت دارد که می تواند میزان خطر پذیری را افزایش دهد. همچنین مقایسه سازه ای خط راه آهن اصفهان-اهواز با محدوده مورد مطالعه اسماعیلی و حیدری نوقابی نشان می دهد که از جمله پارامترهای مهم که بایستی در تحریکات لرز های کنترل شود، وقوع کمانش ریلی در مناطق کوهستانی است .کمانش ریلها حتی ممکن است در شتاب اوجهای پایین و یا حتی هنگامی که نیروی محوری مجاز ریل بزرگ تر از نیروی زلزله است رخ دهند. که چین شرایطی در بخش مهمی از محدوده مورد مطالعه ، قابل پیش بینی است.

قدردانی

مقاله حاضر از طرح پژوهشی حاصل از قرار داد فیمابین شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران و دانشگاه شهید بهشتی در تاریخ ۱۳۹۳/۹/۴ استخراج شده است .

منابع

اسماعیلی، مرتضی؛ حمیدرضا حیدری نوقابی. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر تحریکات لرزه ای با شتاب اوجهای مختلف در رفتار خطوط ریلی با استفاده از یک مدل عددی سه بعدی، *نشریه مهندسی حمل و نقل* ، سال سوم ، **۲** : ۱۰۰-۸۷.

شهبازنژاد حسین ؛ عبدالرسول تلوری. ۱۳۹۲. ارزیابی آسیب پذیری حمل و نقل ریلی در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)– مطالعه موردی راه آهن ناحیه زاگرس، *پانزدهمین همایش بین المللی خطوط ریلی، تهران* ، ۲۹-۲۸ مهرماه ۱۳۹۲.

شیعه، اسماعیل؛ کیومرث حبیبی؛ کمال ترابی . ۱۳۸۹. بررسی آسیب پذیری شهره ا در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP) و GIS (مطالعهٔ موردی منطقهٔ ۶ شهرداری تهران)، *مجموعه مقالات چهارمین کنگرهٔ بین المللی جغرافی دانان جهان اسلام(ICIWG, ۲۰۱۰)*.

مهندسین مشاور نقش جهان پارس . ۱۳۷۴. *طرح تفصیلی شهر شیراز* جلد **۶**.

علائی طالقانی، محمود. ۱۳۸۸. *ژئومورفولوژی ایران*، انتشارات قومس، ص **۱۳۸**.

قهرودی تالی، منیژه؛ محمد رضا ثروتی؛ مظفر صرافی؛ خبات درفشی. ۱۳۹۱، ارزیابی ناشی از سیلاب در شهر تهران، *فصلنامه علمی امداد و نجات*، **۴(۳)**: ۹۲-۷۹.

مختاری، سمیه. ۱۳۸۵. *بررسی سیستم مدیریت بلایای طبیعی و مخاطرات زمین در راه‌آهن*، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی راه‌آهن، دانشگاه علم وصنعت ایران.

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر سازی.۱۳۷۸. *استاندارد ۲۸۰۰*.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

منزوی، مهشید؛ محمد سلیمانی؛ سیمین تولایی؛ اسماعیل چاووشی. ۱۳۸۹. آسیب‌پذیری بافت‌های فرسوده بخش مرگزی شهر تهران در برابر (مطالعه موردی: منطقه ۱۲). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، **۷۳**: ۱۸- ۱.

Chang, Ni-Bin. ; Parvathinathan, G. Breeden, Jeff B. ۲۰۰۸. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill sitting in a fast-growing urban region, Journal of Environmental Management, **۸۷**: ۱۳۹-۱۵۳.

Kainz, W. ۲۰۰۸. GIS for Hazard Analysis Using Vague Data, Chapter ۱: Fuzzy Logic and GIS", Department of Geography and Regional Research, University of Vienna, Austria, ۵.

Komac, M. ۲۰۰۵. A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia, geomorphology,**۷۴**:۱۷-۲۸.

Lee,C.T. ۲۰۰۷. Neuro-Fuzzy-based landslide susceptibility analysis-an example from central western Taiwan, Geophysical Research Abstraccts ,**۹**: ۴۹-۶۸.

Ghafary, A. ; Shtiany, M. ۱۹۹۹. Rescue Operation and Reconstructions in Iran; Disaster Prevention a Management, Volume ۸, number ۱ MCB, University Press.

Mohammadi, Ladan; Meech John A. ۲۰۱۱. Atmospheric Fuzzy Risk Assessment of Confined Space Entry at Mine Reclamation Sites. Proceedings Tailings and Mine Waste Vancouver, BC, November ۶ to ۹, ۲۰۱۱.

Murat,E. ;Candan ,G. ۲۰۰۳. Use of fuzzy relation to produce landslide susceptibility map of a landslide pron erea (west black sea region,turkey), **۷۵**:۲۴.

Sabuya. F, M. G. Alves; pinto, W.D. ۲۰۰۶. Assessment of failure susceptibility of soil slopes sing fuzzy logic, Engineering Geology, ۱۴.

UNDP (۲۰۰۴). Human Development Report ۲۰۰۴.

Vanalphen, B.; Stoorvogel, J.J. ۲۰۰۰. A functional approach to soil characterization in support of precision agriculture, soil science society of American Journal, **۶۴**: ۱۷۰۶-۱۷۱۳.

Webster, R., Oliver, M., ۲۰۰۱. Geostatistics for Environmental Scientists. England, Wiley

William, G. Byers, P.E. ۲۰۰۴. Railroad Lifeline Damage in Earthquakes; ۱۳th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C. Canada .pp No. ۳۲۴.

Zakeri J.A.۲۰۰۶. Vulnerability of Iranian Rail Way Network from Natural Disasters; Proceedings of the ۱st International Conference on Railway Engineering Turkey.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]