نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال ششم، شماره نخست، بهار ۱۳۹۷

Vol.6, No.1, Spring 2018

۵۷-۷۶

ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه حمل و نقل با تأکید بر معیارهای مقاومت زمین و طراحی مسیرهای امداد و نجات با استفاده از GIS

عبدالرضا کاظمی نیا*[۱]، علیرضا غنی زاده[۲]

۱- مربی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان، ایران

۲- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی سیرجان، سیرجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۲

چکیده

اهمیت شبکه حمل و نقل در بخش اقتصاد، صنعت، سیاست و حتی نظامی سبب شده که زیربنای توسعه پایدار در هر منطقه باشد. شبکه حمل و نقل شهری قبل و بعد از زلزله، در عملیات امداد و نجات، جابجایی و تخلیه آسیب دیدگان تأثیر قابل توجهی خواهد داشت؛ بنابراین طراحی شبکه هندسی حمل و نقل شهری و برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌های احتمالی امری ضروری به نظر می‌رسد. شهر کرمان به دلیل موقعیت جغرافیایی خاص و محصور بودن به‌وسیله گسل‌ها در برابر زلزله آسیب‌پذیر است؛ بنابراین در این تحقیق سعی شده که ابتدا آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهرکرمان را در برابر زلزله بر اساس معیارهای مقاومت زمین و با استفاده از روش سیستم اطلاعات مکانی- تحلیل سلسله مراتبی پهنه‌بندی و بعد از تعریف پایگاه داده زمین مرجع برای مسیرهای شهری، جهت خدمات‌رسانی و تخلیه سریع‌تر آسیب دیدگان در زمان و یا بعد از زلزله، شبکه هندسی حمل و نقل منطقه طراحی گردد. در جداول توصیفی لایه معابر شهری، فیلدهای آسیب‌پذیر بودن معابر به همراه فیلدهای نام، کد شناسایی، یک‌طرفه و دوطرفه بودن، طبقه‌بندی و طول خیابان‌ها ایجاد و اطلاعات توصیفی مربوطه وارد گردید که می‌توان با به کار بردن تحلیل‌های شبکه در زمان موردنیاز، به‌راحتی بهترین مسیر تخلیه نجات آسیب دیدگان را با در نظر گرفتن محدودیت آسیب‌پذیری مسیرها، تعیین نمود. نتایج نهایی حاکی از این است که آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان در مناطق ۱و۳ بیشتر به چشم می‌خورد و دلیل آن را می‌توان، تجمع تأسیسات آسیب‌پذیر شهری و مقاومت کم زمین، در این نواحی دانست؛ بنابراین در برنامه‌ریزی‌ها، باید این مناطق در اولویت قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: شبکه حمل و نقل شهری، آسیب‌پذیری، شبکه هندسی، پایگاه داده زمین مرجع، زلزله.

* نویسنده مکاتبه کننده: سیرجان، کیلومتر ۵ جاده بافت، دانشگاه صنعتی سیرجان

تلفن : ۰۳۴-۴۲۳۳۶۹۰۵

Email: Kazeminia@Sirjantech.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

۱- مقدمه

زلزله و زمین‌لرزه‌های ناشی از آن، یکی از مخاطرات طبیعی و بحران‌هایی است که بسیاری از شهرها خصوصاً در ایران، با آن مواجه هستند. طبق آمارهای موجود زلزله حدود ۹۴ درصد از تلفات ناشی از بحران‌های طبیعی را در بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ میلادی در سطح جهان به خود اختصاص داده است و کشور ایران در این میان جزو بالاترین رتبه‌ها در زمینه آسیب‌پذیری است؛ بنابراین شناخت روش‌های کاهش تلفات، از ضروریات انکارناپذیر مدیریت کارآمد سوانح طبیعی به‌ویژه در شهرهای بزرگ است. همچنین زلزله یکی از بلایای ویرانگر طبیعی با میزان بالای مرگ و میر و گستره‌ی بالای خرابی‌ها است. غیرقابل‌پیش‌بینی بودن زمان وقوع و نیز لحظه‌ای بودن رخداد زلزله‌ها از اصلی‌ترین خصوصیات زلزله‌ها هستند که آن‌ها را از سایر بلایای طبیعی متمایز می‌سازد و موجب می‌شود که بیشتر موردتوجه قرار گیرند[۱]. ازجمله زیرساخت‌های حیاتی یک شهر که در اثر وقوع زلزله دچار تخریب می‌شوند، شبکه حمل و نقل است. شبکه حمل و نقل در هر منطقه حلقه واسط کلیه فعالیت‌های اقتصادی بوده و به‌عنوان یکی از پایه‌های اساسی توسعه متوازن و پایدار است. لزوم گسترش شبکه حمل و نقل در شهرها برای توسعه از یک طرف و وجود مخاطرات طبیعی (زلزله، سیل و غیره) از سوی دیگر دو تضاد پیش‌آمده در هر ناحیه می‌باشند. شبکه ارتباطی در شهرها مجموعه‌ای است برای عبور و مرور وسایل نقلیه موتوری، دوچرخه و پیاده. با این تعریف طبیعی است که شبکه ارتباطی نقش اساسی در کاهش آسیب‌پذیری ناشی از بحران زلزله دارد. علاوه بر امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و تسهیل امدادرسانی به مصدومان، بستر لازم برای عملیات مختلف نجات و بازسازی را فراهم می‌نمایند. در اغلب مناطق زلزله‌زده تعداد تلفات الزاماً ناشی از خود سانحه نیست؛ بلکه مشکل عمده به راه‌بندان و مسدود شدن شبکه راه‌ها برمی‌گردد [۲]. آسیب‌شناسی شبکه حمل و نقل شهری با رویکرد زلزله، به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی شهر، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است در این میان اهمیت برنامه‌ریزی شبکه حمل و نقل در هنگام بحران یا حتی بعدازآن در مناطق شهری بسیار چشمگیر است. چیزی که بیش از همه اهمیت دارد، نجات دادن جان انسان‌ها در برابر این رخداد طبیعی و نقش مهم شبکه حمل و نقل ازجمله خیابان‌ها و مسیرهای بین ساختمان‌های تخریب‌شده در امدادرسانی و کمک به مجروحین است که نمی‌توان آن را انکار کرد؛ بنابراین با توجه به مخاطرات طبیعی خصوصاً زلزله و غیرمنتظره بودن رخداد آن‌ها، ضرورت برنامه‌ریزی در این خصوص مشخص است. به‌عبارت دیگر، آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل به معنی کاهش توانایی مسیرها جهت خدمات‌رسانی در هنگام بحران است [۳]. شبکه حمل و نقل یکی از عناصر مهم شهری است که بلافاصله بعد از زلزله اهمیت ویژه‌ای می‌یابد؛ زیرا که نیاز به تخلیه محل حادثه و امدادرسانی به مجروحان در اسرع وقت از نخستین گام‌های مدیریت بحران است که این امر جز با استفاده از شبکه حمل و نقل میسر نخواهد بود. در میان شبکه‌های گوناگون شریان‌های حیاتی، شبکه‌های حمل و نقل درون‌شهریبه عنوان آسیب‌پذیرترین شبکه در برابر زلزله شناخته‌شده‌اند [۴]. به‌عبارت‌دیگر در صورت بسته شدن مسیر صدمات ناشی از زلزله چندین برابر شده و ممکن است بازگشت به وضع عادی زمان بر باشد. برای حل این مشکل و کمک به افزایش کارآیی مدیریت سوانح طبیعی نیاز به شناسایی عوامل مؤثر بر میزان کار آیی شبکه حمل و نقل است [۵]. برای شناسایی عوامل مؤثر بر کارآمدی شبکه حمل و نقل شهری نیاز است که ابتدا مدل آسیب‌پذیری شبکه مورد نظر تعیین شود و سپس شبکه هندسی برای مشخص کردن بهترین مسیر و دسترسی به فضاهای امن جهت فرار و نجات آسیب دیدگان از زلزله طراحی شود.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

تاکنون تحقیقات مختلفی در خصوص آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی در شهرها انجام‌گرفته که در ادامه برخی از آن‌ها معرفی می‌شوند. تانگ [۶] در سال ۲۰۰۴ آسیب‌پذیری راه‌ها و پل‌ها در کشور نپال را در برابر زلزله ارزیابی نمود. این ارزیابی بر اساس موقعیت و پوشش سطحی انجام شد و در نهایت مدلی برای تخمین احتمال انسداد مسیرها، ارائه شد. تیلور و ایست [۷] در سال ۲۰۰۶ در کشور استرالیا، آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل را با استفاده از روشی برای تشخیص نقاط بحرانی در زیرساخت‌های معابر، ارزیابی کردند. بونو و گوتیرز [۸] در سال ۲۰۱۱ شبکه حمل و نقل شهری را بر اساس چشم‌انداز دسترسی شهری پس از آسیب زلزله بر پایه تجزیه‌وتحلیل فضایی در محیط سیستم‌های اطلاعات مکانی انجام دادند. دالین و لوپینگ [۹] در سال ۲۰۱۲ روشی برای ارزیابی آسیب‌پذیری، بر اساس مدل تجزیه‌وتحلیل و ادراک آسیب‌پذیری شبکه معابر معرفی کردند. آن‌ها به بررسی آسیب‌پذیری شبکه، از طریق کاهش زمان نهایی سفر کاربران مسیر و توجه کافی به ساختار شبکه، جریان ترافیک و استقرار مراکز نجات پرداختند. ناگایی و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۲ در کشور ژاپن برای جلوگیری از آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری و استفاده از امکانات شبکه معابر شهری روشی را ارائه دادند. آن‌ها در روش ارائه‌شده از محاسبات و منطق فازی برای تقویت ضد لرزه‌ای شبکه حمل و نقل استفاده نموده و به این نتیجه رسیدند که می‌توان با به‌کار بردن منطق فازی دقت نتایج برای تعیین آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل را افزایش داد. لامبرت و همکاران [۱۱] در سال ۲۰۱۳ تقاضای سیستم حمل و نقل و عملکرد سیستم را برای مدیریت اضطراری در سه سناریوی حادثه تجزیه‌وتحلیل کردند و از یک روش دو مرحله‌ای برای تخمین تعداد سفرهایی که برای تخلیه منطقه صورت می‌گیرد با توجه به رفتار مشاهده‌شده بهره‌گیری نمودند. آن‌ها این سفرها را برای شبکه معابر منطقه، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان دادند. عزیزی و همافر [۱۲]، آسیب‌شناسی محله کارمندان شهر کرج را با استفاده از روش‌های آماری نوین در محیط *GIS*[1] مطالعه نمودند و توانستند مدلی قابل تعمیم برای تعیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابرِ شهری ارائه کنند. احد نژاد و همکاران [۱۳] (۱۳۹۴) با روش توصیفی-تحلیلی با استفاده از ارزیابی چند معیاره در محیط نرم‌افزار ادریسی شبکه معابر شهر تبریز را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن بود که با پایین بودن شاخص‌های شهرسازی در منطقه مورد مطالعه، وضعیت نابسامان بناها به لحاظ کیفیت بنا، نوع مصالح، قدمت بنا، بالا بودن تراکم‌های ساختمانی و مسکونی سبب آسیب‌پذیری شبکه معابر شده است. نژاد اکبری راوری و مجرد کاهانی [۱۴] در سال ۱۳۹۴ با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی میزان انسداد طولی و عرضی مسیرهای اصلی بر اساس موقعیت مراکز انتظامی شهر کرمان و میزان کارایی آن‌ها پس از وقوع زلزله را مشخص کردند. زنگنه [۲] در سال ۱۳۹۴ شبکه راه‌های استان البرز را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس در برابر مخاطرات مورد ارزیابی قرار داد. نتیجه‌ای که از این پژوهش حاصل شد این بود که با مقاوم‌سازی پل‌ها و جابجایی برخی از کاربری‌ها، می‌توان به کاهش آسیب‌پذیری شبکه راه‌های استان البرز اقدام نمود.

تاکنون در پژوهش‌های مذکور، آسیب‌پذیری شبکه‌های حمل و نقل شهری بر اساس یکسری از معیارها ارزیابی شده است و تنها معابر از لحاظ آسیب‌پذیری پهنه‌بندی شده‌اند. با توجه به مطالعات قبلی که ارائه گردید، مشاهده می‌شود بیشتر از معیارهایی مانند طول و عرض معابر، قدمت و نوع مصالح به‌کاررفته در ساختمان‌های مجاور شبکه حمل و نقل شهری، تراکم ساختمانی و جمعیتی استفاده‌شده و فقط نقشه آسیب‌پذیری معابر شهری را تهیه نموده‌اند، درحالی‌که

[1] Geospatial Information System

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

در این مقاله برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری از معیار جدید مربوط به مقاومت زمین بستر شبکه حمل و نقل(حرکت‌های دامنه‌ای، جنبش و روانگرایی زمین) استفاده گردیده که تاکنون از این معیارها در آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابر شهری در مطالعات قبلی استفاده نشده است. همچنین در این تحقیق برای تعیین مطلوبیت و سطح عملکرد شبکه حمل و نقل برای امدادرسانی و تأمین دسترسی به مکان‌های امن در حین و پس از زلزله، شبکه هندسی معابر طراحی و با در نظر گرفتن آسیب‌پذیر بودن آن‌ها به‌عنوان یک محدودیت، تحلیل‌های مربوط به شبکه حمل و نقل شهری مانند تعیین نزدیک‌ترین و امن‌ترین مسیر برای تخلیه و نجات مصدومین انجام شد.

هر یک از پژوهش های یاد شده بر اساس زاویهٔ نگرش به مسئله آسیب‌پذیری شبکهٔ حمل و نقل، طیفی از معیارها وشاخص‌های آسیب پذیری را ارائه نموده اند. با توجه به رویکرد و مقیاسِ پژوهش و ویژگی های محدوده مورد مطالعه، از میان معیارهای متعدد ارائه شده در پژوهش‌های مشابه، از میان معیارهایِ مندرج درجدول (۱)، معیار عرض مسیرها به‌دلیل اتفاق نظرِ غالبِ پژوهش‌ها در نقش کلیدی آنها در تعیین سطح آسیب‌پذیری مسیرها، و معیارهای فاصله از تاسیسات خطرناک، تعداد تقاطع ها و معیارهای مربوط به مقاومت زمین(حرکت‌های دامنه‌ای، جنبش و روانگرایی زمین) به عنوان معیارهای این پژوهش انتخاب گردیده‌اند.

جدول۱: معیارهای مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین و جایگاه پژوهش حاضر در استفاده از معیارهای موثر بر آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل

ردیف	معیارهای موثر بر آسیب پذیری شبکه حمل و نقل شهری	پژوهش‌ها
۱	شیب مسیرها	عزیزی و همافر، ناگایی و همکاران
۲	ارتفاع ساختمان های مشرف به مسیرها	احدنژاد و همکاران، لامبرت و همکاران، بونو و گوتیرز
۳	قدمت ساختمان های مشرف به مسیرها	احدنژاد و همکاران، تیلور و ایست
۴	طول مسیرها	عزیزی و همافر، نژاد اکبری راوری و مجرد کاهانی، دالین و لوپینگ، تانگ
۵	عرض مسیرها	نژاد اکبری راوری و مجرد کاهانی، دالین و لوپینگ، پژوهش حاضر
۶	تعداد پل ها	زنگنه، لامبرت و همکاران، دالین و لوپینگ، تانگ
۷	تراکم ساختمانی	احدنژاد و همکاران، ناگایی و همکاران، بونو و گوتیرز، تیلور و ایست
۸	تراکم جمعیتی	احدنژاد و همکاران، عزیزی و همافر
۹	تعداد تقاطع	ناگایی و همکاران ، تانگ ،پژوهش حاضر
۱۰	فاصله از تاسیسات خطرناک شهری	ناگایی و همکاران ،پژوهش حاضر
۱۱	معیارهای مقاومت زمین (حرکت‌های دامنه‌ای، جنبش و روانگرایی زمین)	پژوهش حاضر

۲- مبانی نظری

در این تحقیق ابتدا بر اساس روش دلفی معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری تعیین و سپس به روش تحلیل سلسله مراتبی وزن دهی و در نهایت شبکه هندسی حمل و نقل شهری برای تعیین بهترین مسیر نجات آسیب دیدگان در لحظه بحران و حتی بعد از آن با در نظر گرفتن محدودیت

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

معابر آسیب‌پذیر، در محیط سیستم اطلاعات مکانی، طراحی‌شد. در ادامه هر یک از این مراحل تشریح خواهد شد.

۲-۱- مدل آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری

تصمیم‌گیری فرایندی است که شامل مراحل مختلفی می‌باشد و مراحل آن با توجه به نوع تصمیم‌گیری متفاوت است. با توجه به اینکه معیارهای مختلفی در تخمین آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری دخیل هستند، لذا مسئله فوق یک مسئله ارزیابی چند معیاره[1] بوده که برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری ابتدا باید معیارهای آسیب‌پذیری استخراج و وزن دهی و سپس با یک قاعده تصمیم‌گیری چند معیاره[2] مناسب با یکدیگر تلفیق شوند تا بتوان به آسیب‌پذیری موردنظر دست یافت. مدل‌های چند معیاره خود انواع مختلفی دارند که در یک طبقه‌بندی کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه[3](*MADM*) و مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه[4](*MODM*) تقسیم نمود. در تصمیم‌گیری چندهدفه، چندین هدف به‌طور هم‌زمان جهت بهینه شدن و تولید گزینه برتر موردتوجه قرار می‌گیرند، درحالی‌که در تصمیم‌گیری چند شاخصه، انتخاب بهترین گزینه از بین گزینه‌های موجود یا ارزیابی گزینه‌ها (مرتب کردن گزینه‌ها) مدنظر است. تفاوت اصلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه با مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در آن است که اولی در فضای تصمیم‌گیری پیوسته و دومی در فضای تصمیم‌گیری گسسته تعریف می‌شوند. با توجه به اینکه بسیاری از معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیری کالبدی ماهیت مکانی دارند، مدلی که برای تعیین آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان انتخاب‌شده، یک مدل چند شاخصه مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی است. مراحل کلی تصمیم‌گیری چند معیاری شامل سه مرحله اصلی آگاهی، طراحی و انتخاب است [۱۵]. مرحله آگاهی خود شامل مرحله شناخت، نیازسنجی و ساختاردهی مسئله است. در پایان این مرحله معیارهای تصمیم‌گیری استخراج و به عبارتی ساده ساختار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری مشخص می‌شود. هدف نهایی مرحله طراحی، تولید گزینه‌ها است. این گزینه‌ها با توجه به هدف مسئله و قیود تعریف شده در مسئله از روی داده‌های موجود تولید می‌گردند. در مرحله انتخاب گزینه‌های تولیدشده در مرحله طراحی با توجه به مقادیر شاخص‌ها برای هر گزینه، وزن شاخص‌ها با یکدیگر مقایسه شده و در نهایت بهترین گزینه انتخاب می‌شود.

۲-۲- طراحی شبکه هندسی حمل و نقل شهری

ایجاد شبکه هندسی حمل و نقل در زمینه قابلیت‌های تجزیه‌وتحلیل شبکه در سیستم‌های اطلاعات مکانی ازجمله محاسبه کوتاه‌ترین و بهترین مسیر می‌تواند بسیار مفید باشد. تحلیل‌های شبکه در سیستم‌های اطلاعات مکانی را می‌توان بر اساس معیارهای گوناگونی انجام داد. یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین این معیارها، معیار زمان سفراست. موارد گوناگونی در کاهش زمان سفر در شبکه حمل و نقل شهری خصوصاً در زمان بحران و یا پس از آن، نقش دارند. ازجمله این موارد، آسیب‌پذیر نبودن و ایمن بودن مسیر است. در حال حاضر اکثر سامانه‌های راهبری بر اساس مجموعه‌ای از الگوریتم‌های قطعی به محاسبه مسیر بهینه می‌پردازند؛ بدین ترتیب که در این سامانه‌ها، شبکه مسیرهای درون‌شهری به‌عنوان گرافی در نظر گرفته می‌شود که وزن یال‌های آن برابر با طول یال یا مسیر است. پس از اعمال الگوریتم‌های محاسبه کوتاه‌ترین مسیر بر روی این گراف، مسیر بهینه و یا به‌عبارتی کوتاه‌ترین مسیر ازلحاظ فاصله، محاسبه می‌گردد [۱۶]. یکی از راهکارهای افزایش

[1]-Multi-Criteria Evaluation
[2] Multi-Criteria Decision Rule
[3] Multi Attribute Decision Model
[4] Multi Objective Decision Model

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

اعتبار و اعتمادپذیری مسیر بهینه محاسبه‌شده توسط الگوریتم‌های مسیریابی، افزودن پارامتر زمان به محاسبات است که موضوع بحث مسیریابی زمانمند است. معمولاً در مسیریابی زمانمند، مدت‌زمان عبور از مسیرها (یال‌ها) موجود در شبکه راه‌ها، به‌عنوان وزن آن‌ها در نظرگرفته می‌شود [۱۷].

شبکه هندسی مجموعه‌ای از عوارض است که با عوارض اطراف خود دارای ارتباط بوده و از قوانین پیوستگی به‌منظور نمایش و مدل‌سازی هندسی شبکه تبعیت می‌کند [۱۸]. شبکه‌ها در یک پایگاه زمین مرجع نگهداری می‌شوند؛ بنابراین شامل عوارض (کلاس عارضه) می‌باشند. به‌طورکلی پس از ایجاد پایگاه داده زمین مرجع و ساختار توپولوژی مراحل زیر باید انجام شود تا یک شبکه هندسی حمل و نقل شهری طراحی گردد:

- ایجاد شبکه بر روی دسته داده‌ها[1]
- تعیین لایه‌های شرکت‌کننده در شبکه و ایجاد قوانین ارتباطات
- لحاظ کردن قوانین رفت‌وآمد در شبکه
- مشخص نمودن فیلدهای کلیدی و مؤثر در تحلیل شبکه و رفع خطاهای رخ داده در شبکه
- گزارش‌گیری از مسیرها و ایجاد شبکه حمل و نقل شهری

بعد از طراحی شبکه می‌توان تحلیل‌های شبکه[2] مانند تعیین کوتاه‌ترین و بهترین مسیر را انجام داد.

۳- منطقه مورد مطالعه

شهر کرمان در دشتی نسبتاً وسیع قرارگرفته که ازنظر جمعیتی در رده شهرهای بالای پانصد هزار نفر کشور و ازنظر ناحیه‌ای، به‌عنوان مهم‌ترین و بزرگ‌ترین شهر جنوب شرق، عملکردی فرا منطقه‌ای دارد. کارشناسان متعددی زلزله‌خیزی شهر کرمان را بررسی نموده‌اند که بسیاری حتی احتمال زلزله‌ای با شدت ۷ ریشتر را نیز تخمین زده‌اند[۱۹]. با توجه به رابطه نزدیک نوع سازندهای زمین‌شناسی و شکستگی‌های پوسته زمین (گسل‌ها) با وقوع زمین‌لرزه‌ها و زلزله، گسل‌های متعددی شهر کرمان را در برگرفته‌اند که دو گسل شمال کرمان و گسل باغین تهدیدکننده‌ترین آن‌ها می‌باشند [۱۹]. همچنین قرارگیری این شهر بر روی کمربند زلزله آلپ- هیمالیا و فاصله ۱۳ کیلومتری شهر تا گسل اصلی و واقع‌شدن به‌عنوان مرکز استان، لزوم برنامه‌ریزی شهری با در نظر گرفتن اهمیت شبکه حمل و نقل در برابر آسیب‌های ناشی از بلایای طبیعی غیرمنتظره مانند زلزله را آشکار می‌سازد. شهر کرمان، در محدوده‌ای با عرض جغرافیایی′ ۱۴ °۳۰ تا′ ۱۹ °۳۰ و طول جغرافیایی °۵۷ تا ′۷ °۵۷ شمالی واقع شده است. جمعیت شهر کرمان بیش از ۵۰۰ هزار نفر برآورد شده و بزرگ‌ترین شهر در جنوب شرقی کشور است. این شهر با ارتفاع ۱۷۰۰ تا ۱۸۰۰متر از سطح دریا قرار گرفته است. شهر کرمان دارای قدمت طولانی بوده و ازنظر تقسیمات شهرداری دارای چهار منطقه شهری است شکل (۱).

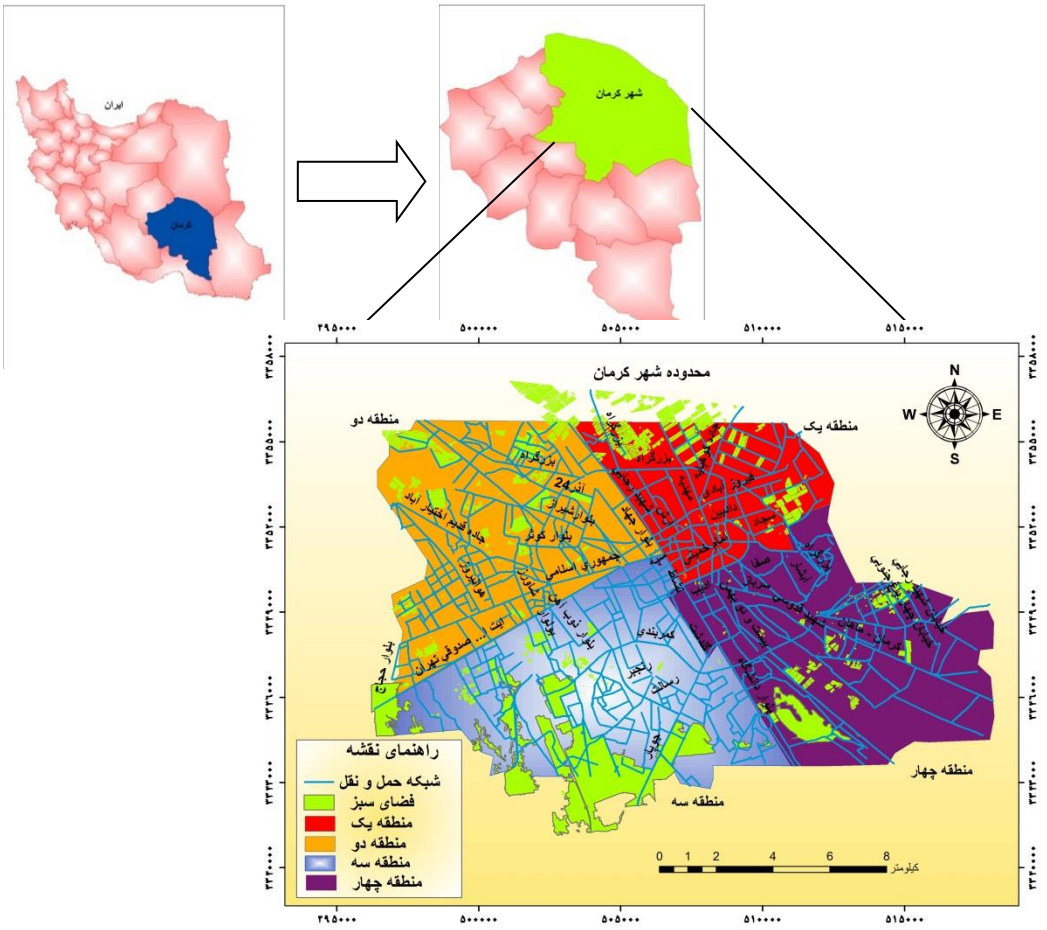
۴- روش تحقیق

در این تحقیق تلاش شده است تا در قالب معیارهای شهرسازی با توجه به مطالعات پیشین در این زمینه، فهرستی از عناصر آسیب‌پذیر شبکه‌های ارتباطی شهری تهیه و این فهرست با استفاده از روش دلفی که نظرخواهی از خبرگان آشنا به موضوع است، نهایی و تکمیل گردد. بر این اساس فهرستی از عناصر آسیب‌پذیر در قالب دو معیار اصلی طبق شکل (۲)، تهیه و پس از مقایسه دودویی با روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*[3]) و به کمک نرم‌افزار اکسپرت چویس[4]، میزان اهمیت (وزن) هر معیار تعیین شد و سپس با

[1] Network Dataset
[2] Network Analyes
[3] Analytical Hierarchy Process
[4] Expert Choice

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

استفاده از محیط *GIS*، نقشهٔ آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان از طریق روی‌هم گذاری (میانگین هندسی) لایه‌های آسیب‌پذیر تهیه گردید. درنهایت با طراحی شبکه هندسی حمل و نقل شهری منطقه موردنظر، با توجه به آسیب‌پذیری هر مسیر در هنگام و بعد از بحران، جهت نجات و تخلیه مصدومین، مناسب‌ترین مسیر مشخص گردد.

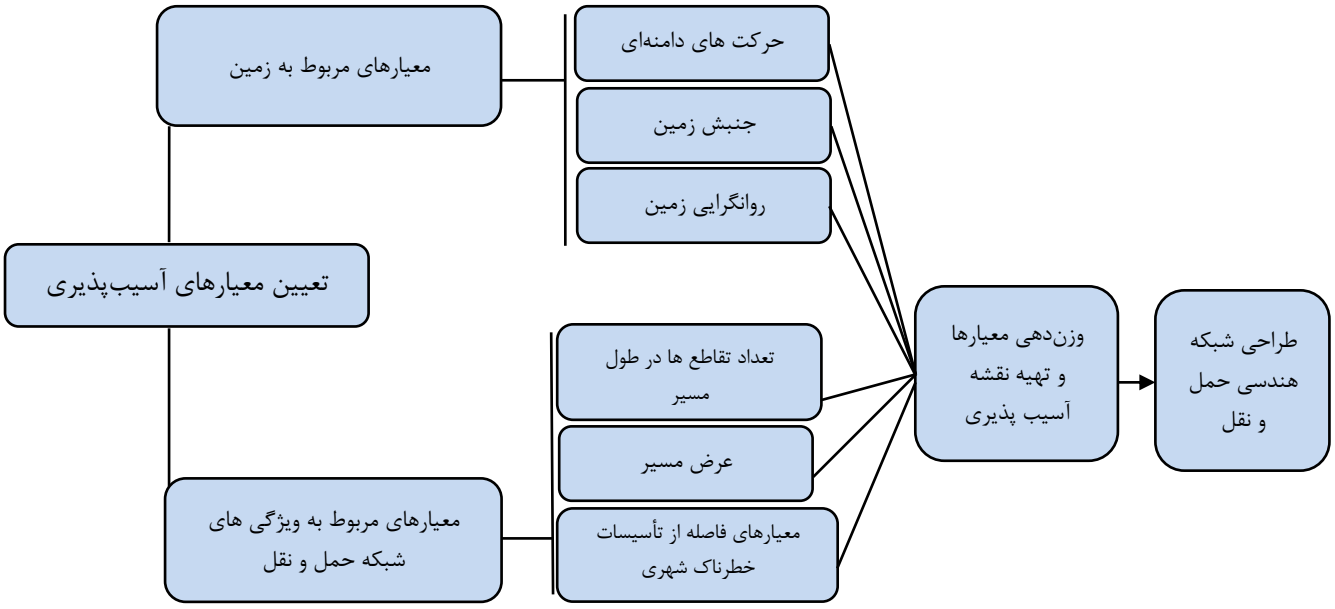


شکل ۱ : موقعیت منطقه موردمطالعه

رویکرد حاکم بر پژوهش توصیفی - تحلیلی و نوع آن کاربردی است و با استفاده از روش کتابخانه‌ای و اسنادی و همچنین مشاهدات میدانی به انجام این تحقیق اقدام شده است. به این‌صورت که با مراجعه به کتب و مقالات متعدد اطلاعات پایه‌ای و مفاهیم لازم استخراج شده است، پس‌ازآن نقشه‌های پایه از سازمان‌ها و مراجع مرتبط جمع‌آوری‌شده و با برداشت‌های میدانی تکمیل و به‌روز رسانی گردیده است. این نقشه‌ها در محیط اتوکد مپ[1] ویرایش شده و در محیط نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس به‌منظور تحلیل و پردازش‌های موردنیاز، قرار گرفته است. در شکل (۲) مراحل انجام این پژوهش ارائه گردیده است.

[1] AutoCAD Map

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]



شکل ۲: روش و مراحل کلی انجام تحقیق

۴-۱- داده‌های مورداستفاده

برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری منطقه موردمطالعه، از نقشه‌های شهری به مقیاس ۱:۲,۰۰۰ که به روش نقشه‌برداری هوایی (فتوگرامتری) همراه با نقشه‌برداری زمینی تهیه شده‌اند، استفاده گردید.

جدول ۲: داده‌های مورداستفاده در تحقیق.

ردیف	داده (نقشه‌ها)	مقیاس	سال تهیه	منبع
۱	عکس‌های هوایی	۱:۵,۰۰۰	۱۳۸۷	سازمان نقشه‌برداری کشور
۲	نقشه معابر شهری	۱:۲,۰۰۰	۱۳۸۷	شهرداری کرمان
۳	نقشه کاربری اراضی شهری	۱:۲,۰۰۰	۱۳۸۷	شهرداری کرمان

۴-۲- تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه در برابر زلزله

تعداد گزینه‌های تصمیم‌گیری در این تحقیق ۳۱۱۳ مسیر بود. در این مرحله طبقه‌بندی مسیرهای ارتباطی منطقه موردنظر در محیط نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس بر روی لایه شبکه حمل و نقل انجام شد. طبق نظرات نهایی کارشناسی با روش دلفی طبق شکل (۲) دو معیار اصلی آسیب‌پذیری برای مدل‌سازی آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی شهر کرمان انتخاب گردیده و بر اساس جداول مربوطه وزن‌های هر معیار تعیین شده است. برای وزن دهی از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید. مراحل اصلی این روش شامل تولید ماتریس مقایسه زوجی معیارها، محاسبه وزن معیارها و برآورد نرخ ناسازگاری تصمیم‌گیری (جهت اطمینان حاصل کردن از سازگاری مقایسه‌ها) می‌باشند. عناصر ماتریس مقایسه زوجی، اهمیت نسبی معیارها نسبت به یکدیگر را نشان می‌دهد [۲۰]. بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی چون دامنه مقادیر معیارها با هم برابر نیست، لذا ابتدا باید مقادیر معیارها نرمال شوند؛ بنابراین وزن نهایی نتایج مقایسه زوجی معیارهای آسیب‌پذیر و نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس در این تحقیق محاسبه گردیده که در جدول (۳) ارائه شده است. پس از تمامی محاسبات، گزینه‌ها بر اساس درجه آسیب‌پذیری مرتب شدند و به گروه‌های مختلف

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

تقسیم گردیدند. در این تحقیق شبکه حمل و نقل متناسب با مقدار آسیب‌پذیری نهایی به سه گروه آسیب‌پذیری کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شده‌اند.

جدول ۳: وزن نهایی معیارهای مؤثر در آسیب‌پذیر شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس روش AHP.

معیار	وزن دهی بر اساس روش *AHP*	نرخ ناسازگاری
تعداد تقاطع‌ها	۰/۰۹۳	۰/۰۹۷
عرض مسیرها	۰/۱۸۱	
فاصله از تأسیسات خطرناک	۰/۱۴۰	
روانگرایی زمین	۰/۲۹۵	
جنبش زمین	۰/۲۰۷	
حرکتهای دامنه‌ای زمین	۰/۰۸۴	

۴-۲-۱- معیارهای مربوط به مقاومت زمین شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه

معیارهای مقاومت خاک بستر شبکه حمل و نقل منطقه مورد مطالعه، بر آسیب‌پذیر بودن شبکه با رویکرد زلزله، نقش بسزایی دارند. در این تحقیق این معیارها بر اساس معیارهای حرکت‌های دامنه‌ای، جنبش زمین و روانگرایی سنجیده شده است. بر اساس روش دلفی و تحلیل سلسله مراتبی معیارهای مربوط به مقاومت زمین، وزن دهی شده است جدول (۴). سپس نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه مورد نظر در محیط سیستم اطلاعات مکانی با توجه به وزن هر معیار، تهیه گردید.

جدول ۴: معیارهای مربوط مقاومت زمین شبکه ارتباطی و وزن‌های مربوطه

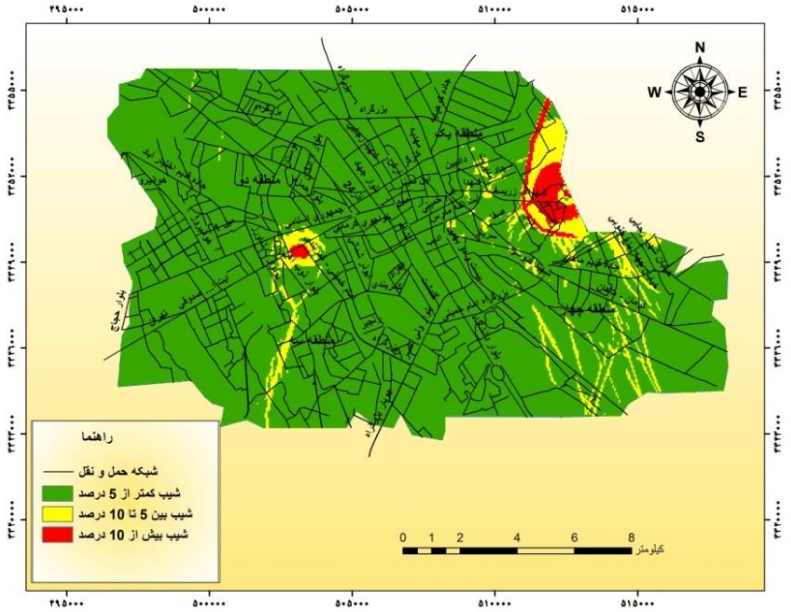
ردیف	معیار	طبقه	وزن آسیب‌پذیری هر طبقه
۱	حرکت‌های دامنه‌ای بر اساس شیب زمین	گسیختگی کم (شیب کمتر از ۵ درصد)	۱
		گسیختگی متوسط (شیب ۵ تا ۱۰ درصد)	۲
		گسیختگی زیاد (شیب بیش از ۱۰ درصد)	۳
۲	خطر روانگرایی بر اساس عمق آب زیرزمینی و زمین ماسه‌ای	عمق کمتر از ۱۰ متر	۲
		عمق بیشتر از ۱۰ متر	۱
۳	جنبش زمین‌بر اساس بافت خاک و رسوبات	شن	۱
		رس	۲
		ماسه	۳

۴-۲-۱-۱- معیار حرکت‌های دامنه‌ای

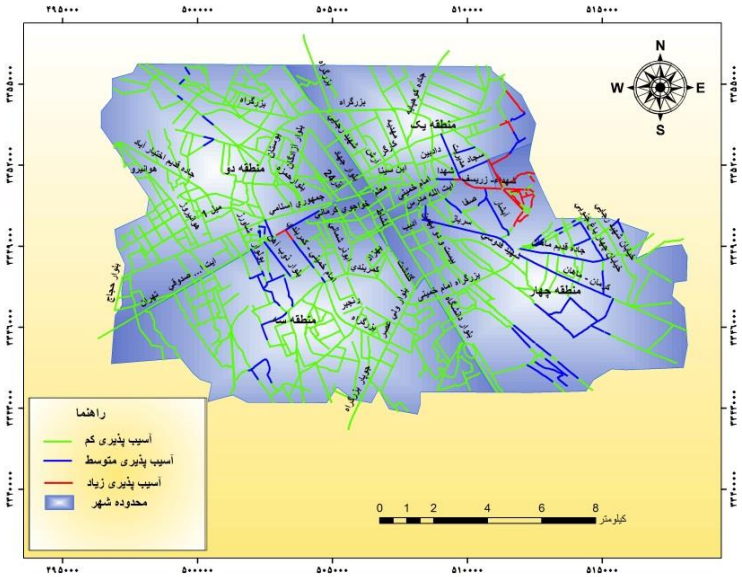
یکی از جنبه‌های رایج آسیب لرزه‌ای، خطر حرکت‌های دامنه‌ای یا گسیختگی دامنه‌ها در تمامی سطوح شیب‌دار در هنگام وقوع زلزله است که در اثر آن آسیب وارد می‌شود [۱۹]. شیب زمین در کارایی شبکه حمل و نقل در هنگام بحران از اهمیت بالایی برخوردار است. هرچه شیب کمتر باشد، خطر حرکت‌های دامنه‌ای و آسیب ناشی از آن کمتر و همچنین، امدادرسانی و نجات آسیب دیدگان آسان‌تر خواهد بود. در این تحقیق برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه در برابر حرکت‌های دامنه‌ای، ابتدا اقدام به تهیه نقشه شیب شد. برای این منظور،

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

با استفاده از ۴۲۰ نقطه کنترل ارتفاعی برداشت‌شده در سطح منطقه با درون‌یابی، مدل رقومی ارتفاعی تهیه و در نهایت با استفاده از نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس نقشه شیب شهر کرمان آماده گردید شکل (۳). بعد از تهیه نقشه شیب با توجه به این‌که هر چه شیب معابر کمتر باشد آسیب‌پذیری مسیر کمتر می‌شود بر اساس جدول (۴) اقدام به وزن دهی شد و درنهایت، نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردنظر بر اساس خطر حرکت‌های دامنه‌ای، تهیه گردید شکل(۴).



شکل ۳: نقشه شیب منطقه موردمطالعه



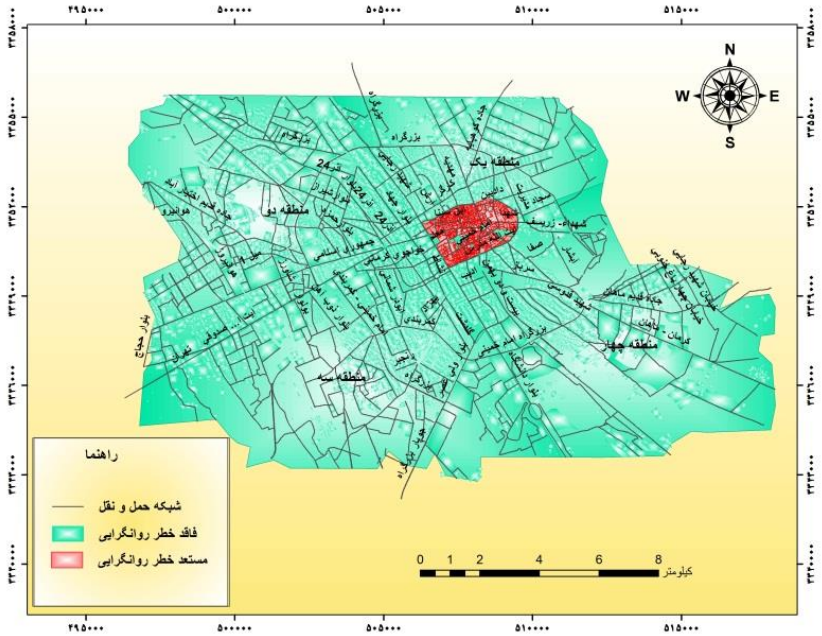
شکل ۴: نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس خطر حرکت‌های دامنه‌ای.

۴-۲-۱-۲- معیار روانگرایی زمین

خطر روانگرایی رابطه مستقیمی با سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی و رسوبات سست ماسه‌ای زمین دارد. هم‌اکنون یکی از مشکلاتی که شهر کرمان با آن

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

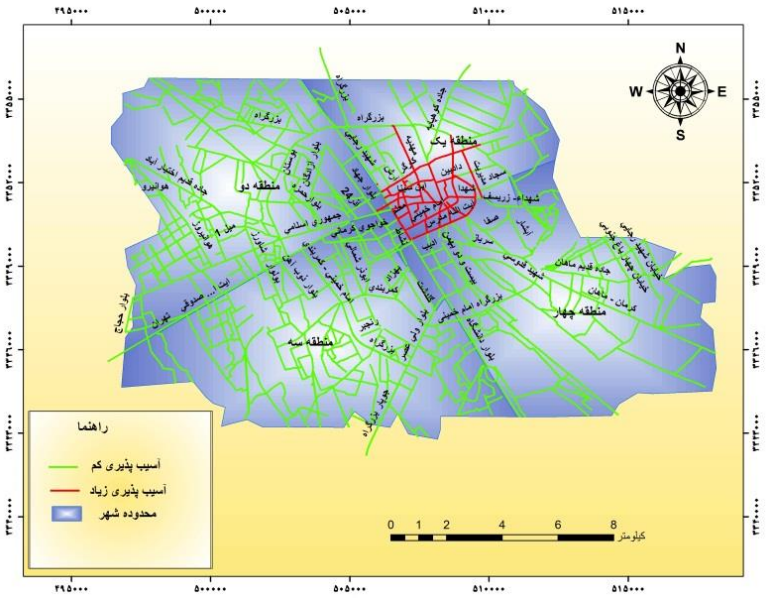
مواجه است، سطح بالای آب‌های زیرزمینی است. در حال حاضر سطح آب زیرزمینی سالیانه به‌طور متوسط حدود نیم متر بالا می‌آید که دلیل آن تغذیه آب‌های زیرزمینی در اثر ورود فاضلاب شهری است. اگر در ناحیه‌ای سطح آب‌های زیرزمینی بالا باشد، رسوبات سست ماسه‌ای پتانسیل روانگرایی بالایی خواهند داشت، به‌طوری‌که ممکن است روانگرایی در هنگام زمین‌لرزه موجب آسیب به ساختمان‌های مجاور، شبکه حمل و نقل شهری و افزایش اثرات زمین‌لرزه شود. با توجه به وجود گسل‌های متعددی در اطراف شهر کرمان و افزایش روند بالا آمدن سطح آب‌های زیرزمینی در محدوده شهر، منطقه موردنظر می‌تواند، پتانسیل روانگرایی بالایی داشته باشد [۱۹]. در این تحقیق، برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه در برابر خطر روانگرایی، از نقشه سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان و نقشه زمین‌شناسی منطقه استفاده گردیده است. به‌عبارتی، در محیط سیستم اطلاعات مکانی از تلفیق نقشه عمق آب زیرزمینی و نوع رسوبات زمین منطقه، نقشه محدوده‌های مستعد به خطر روانگرایی تهیه شده است شکل (۵). مطابق شکل(۵)، محدوده‌هایی از شبکه حمل و نقل منطقه که بستر زیرین آن متشکل از رسوبات ماسه‌ای است در صورت بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، پتانسیل روانگرایی بالایی خواهند داشت. همان‌طور که در شکل (۵) مشاهده می شود، فقط محدوده بافت قدیم شهر، مستعد خطر روانگرایی است. سپس بر اساس جدول (۴) وزن دهی و درنهایت نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل بر اساس معیار موردنظر تهیه شد شکل (۶).



شکل ۵: نقشه خطر روانگرایی زمین منطقه موردمطالعه.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

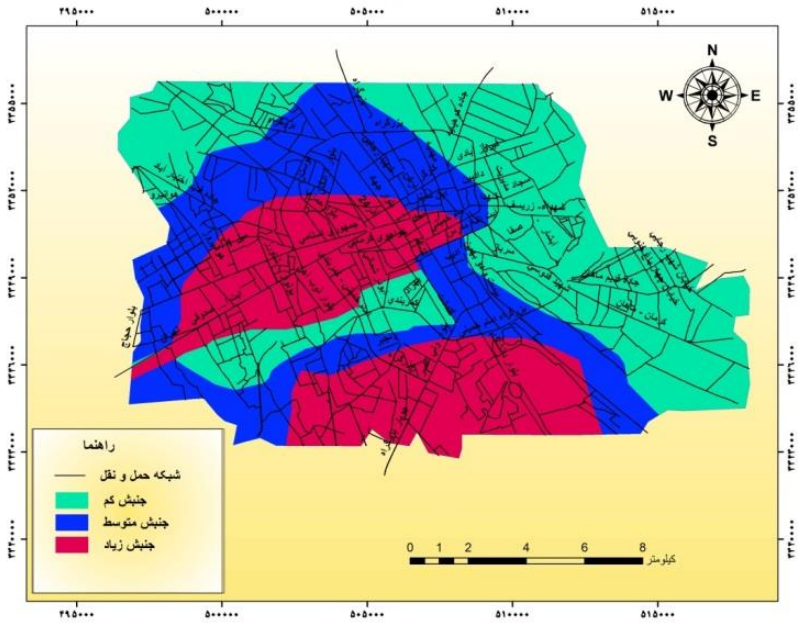


شکل۶: نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس خطر روانگرایی.

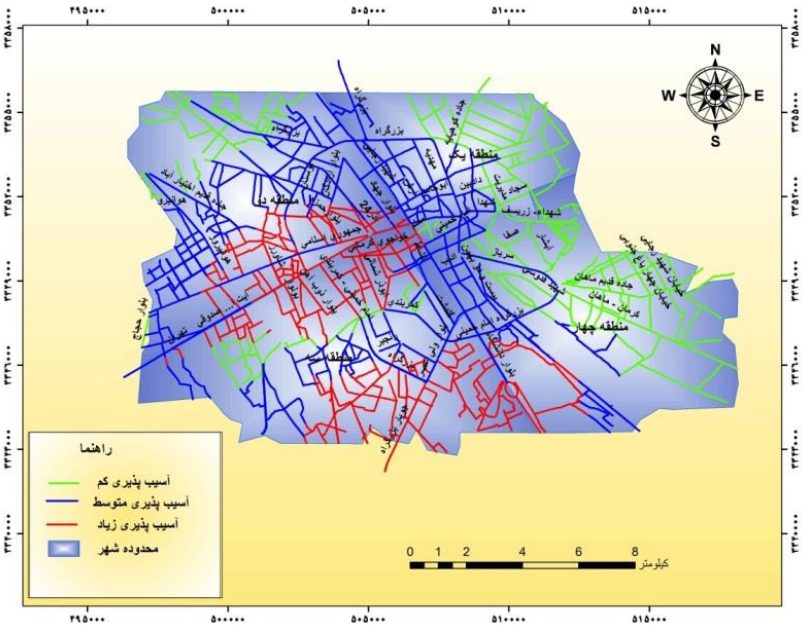
۴-۲-۱-۳- معیار جنبش زمین

به‌منظور ارزیابی میزان تشدید جنبش زمین می‌توان از نتایج آزمایش‌های نفوذ استاندارد، طبقه‌بندی زمین بر پایه اطلاعات گمانه‌ها، داده‌های ژئوتکنیکی، سنجش‌های میکروترموری و یا سرعت موج در خاک و رسوب استفاده کرد. حسن‌زاده و همکاران در سال ۱۳۸۹ از تلفیق یافته‌های مطالعات میکروترمورها و طبقه‌بندی بر پایه اطلاعات گمانه‌ها، استفاده نموده و نقشه جنبش زمین شهر کرمان را پهنه‌بندی نموده‌اند شکل (۷). میکروترمورها لرزش‌های بسیار ضعیف دائمی زمین هستند که در اثر عوامل مختلفی مانند حرکت ترافیک، وزش باد و غیره ایجاد می‌شوند. رسوبات بخش‌های مشخصی از طیف میکروترمورها را تقویت می‌کنند که تابع ویژگی‌های دینامیکی رسوب است. دوره تناوب میکروترمورها معمولاً تحت تأثیر شرایط لایه‌بندی رسوب نیز قرار می‌گیرد. میزان تشدید آن‌ها در رسوبات نرم بیشتر است. به‌طوری‌که در خاک‌های ریزدانه مانند رس‌ها، بیشتر از انواع درشت‌دانه است [۱۷]؛ بنابراین خطر جنبش زمین ارتباط مستقیم با رسوبات زیرساختی مسیرهای حمل و نقل دارد. در تحقیق حاضر، بر اساس نقشه جنبش زمین در منطقه مورد مطالعه و جدول (۴) نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان مطابق این معیار تهیه و در شکل (۸) ارائه گردیده است.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]



شکل ۷: نقشه خطر جنبش زمین منطقه موردمطالعه.



شکل ۸: نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس خطر جنبش زمین.

۴-۲-۲- معیارهای مربوط به ویژگی‌های شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه

پس از تعیین آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس معیارهای مربوط به مقاومت زمین(حرکت‌های دامنه‌ای، روانگرایی و جنبش زمین)، برای تهیه نقشه نهایی آسیب‌پذیری با دقت بیشتر، از چند معیار مربوط به ویژگی‌های مربوط به شبکه حمل و نقل منطقه مانند: فاصله از تأسیسات خطرناک، تعداد تقاطع‌ها، طول، عرض مسیرهای موجود در شبکه حمل و نقل نیز استفاده شده جدول(۵) که در ادامه به معرفی آنها پرداخته خواهد شد.

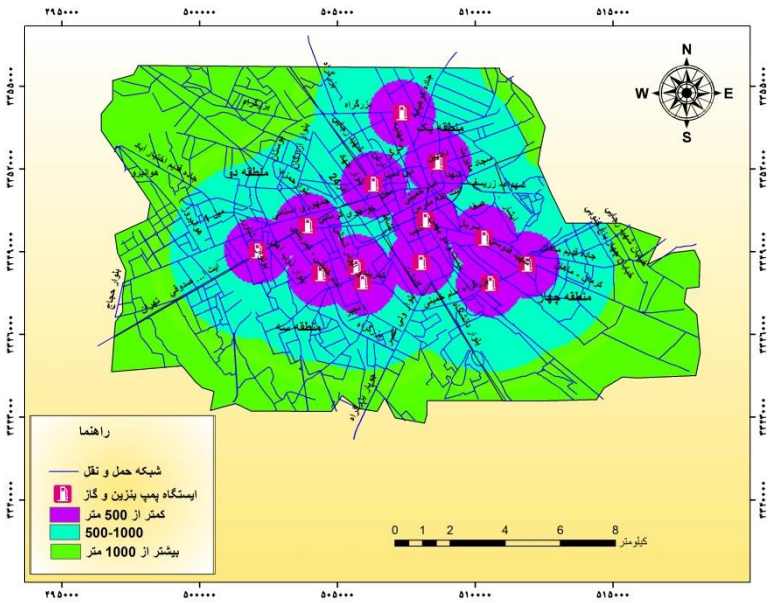
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

۴-۲-۲-۱- معیار فاصله شبکه حمل و نقل از تأسیسات خطرناک شهری

این معیار بر اساس نزدیکی و فاصله مسیرها با تأسیسات گاز و ایستگاه‌های پمپ‌بنزین شکل (۹)، که در هنگام بحران امکان آسیب رساندن به مسیر و مسدود شدن آن را امکان‌پذیر می‌نمایند، بر اساس جدول (۵) وزن دهی شده و نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل تهیه شد شکل (۱۰).

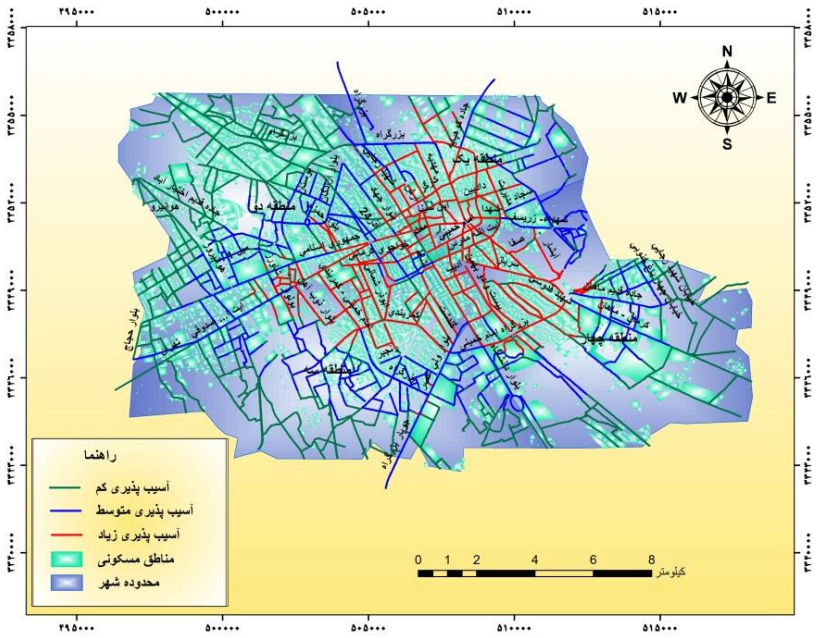
جدول ۵: معیارهای مربوط شبکه حمل و نقل و وزن‌های مربوطه

معیار	طبقه	وزن آسیب‌پذیری هر طبقه
تعداد تقاطع‌ها در طول مسیر شبکه حمل و نقل	بیشتر از ۵ تقاطع(آسیب‌پذیری کم)	۱
	کمتر از ۵ تقاطع(آسیب‌پذیری متوسط)	۲
	تقاطع ندارد(آسیب پذیری زیاد)	۳
عرض مسیرها	بیش از ۵۰ متر	۱
	۵۰-۲۰متر	۲
	کمتر از۲۰متر	۳
فاصله مسیرها از تأسیسات گاز و پمپ‌بنزین	بیش از ۱۰۰۰ متر	۱
	بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر	۲
	کمتر از ۵۰۰ متر	۳



شکل ۹: موقعیت و فاصله پراکندگی تأسیسات ایستگاه‌های گاز و پمپ‌بنزین نسبت به شبکه حمل و نقل در منطقه موردمطالعه.

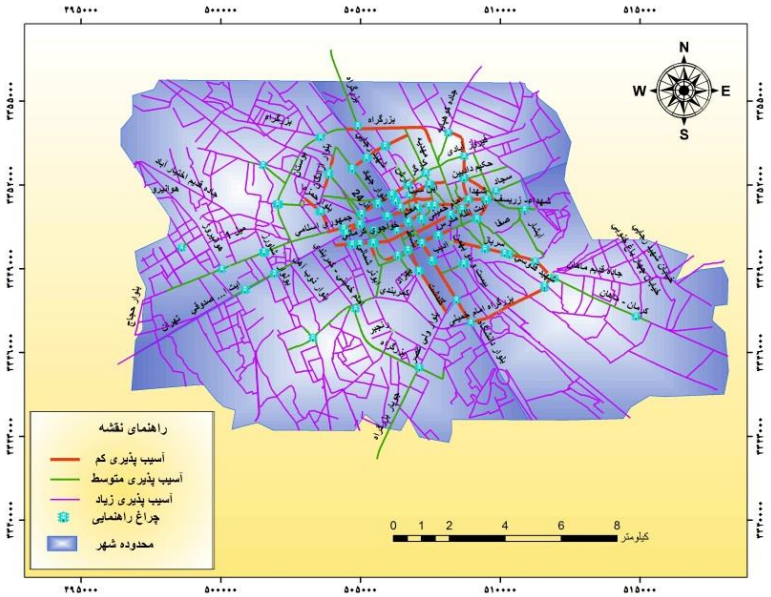
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]



شکل ۱۰ : نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس فاصله از ایستگاه‌های گاز و پمپ‌بنزین.

۴-۲-۲-۲- معیار تعداد تقاطع‌های موجود در طول مسیرهای شبکه حمل و نقل

تعداد تقاطع‌ها در طول معابر از اهمیت بالایی برخوردار است. هر چه تعداد تقاطع‌ها بیشتر باشد احتمال مسدود شدن و آسیب‌پذیر بودن آن کاهش‌یافته و گزینه‌های دسترسی برای خروج از مسیر آسیب‌دیده بیشتر می‌شود[۲۱]. در این تحقیق برای تعیین معیار تقاطع‌ها، از تعداد چراغ راهنما در طول مسیر استفاده شده و طبق جدول (۵) امتیاز دهی گردید شکل (۱۱).



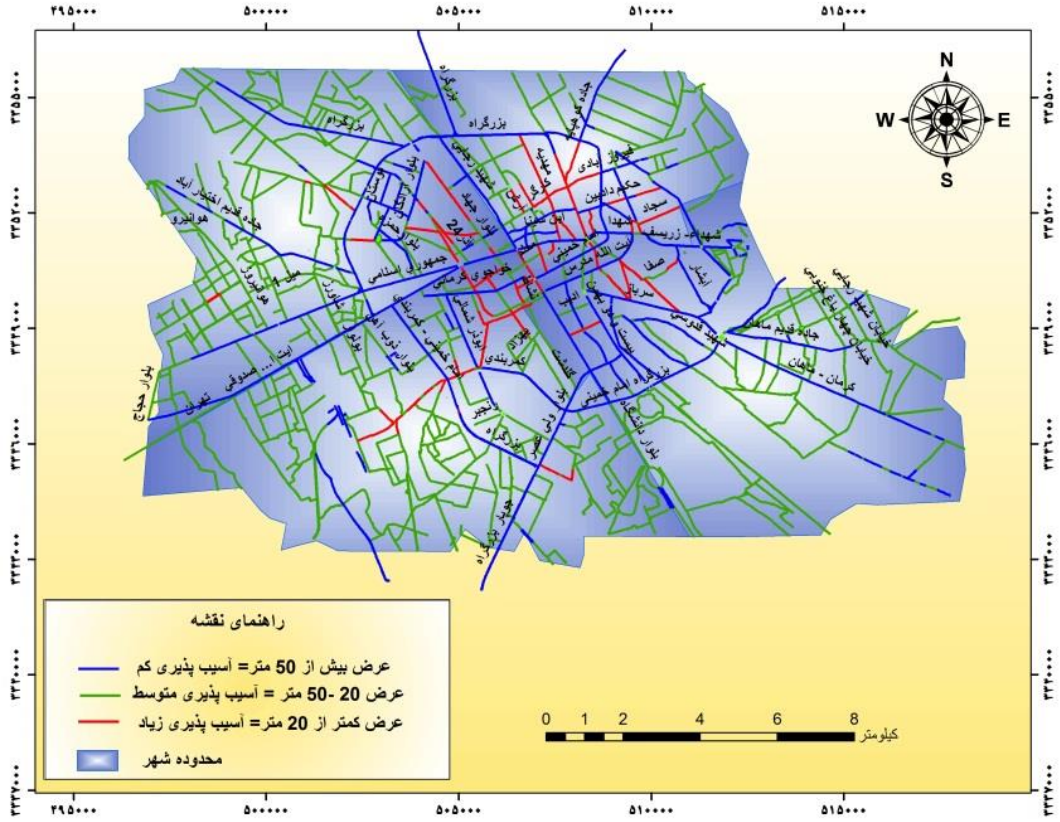
شکل ۱۱ : نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس تعداد تقاطع‌ها.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

۴-۲-۲-۳- معیار عرض مسیرهای شبکه حمل و نقل

در زمینه کارایی شبکه‌های حمل و نقل و دسترسی در بحران زلزله، معیار عرض مسیر نیز دخیل است. هر چه عرض مسیری بیشتر باشد، ظرفیت آن جهت تردد و امدادرسانی افزایش‌یافته و از آسیب‌پذیری آن می‌کاهد [۲۲]. برای تعیین معیار عرض مسیرهای شبکه حمل و نقل شهر کرمان از نقشه‌های موجود مسیرهای اصلی استفاده‌شده و طبق جدول(۴) وزن دهی گردید شکل(۱۲).

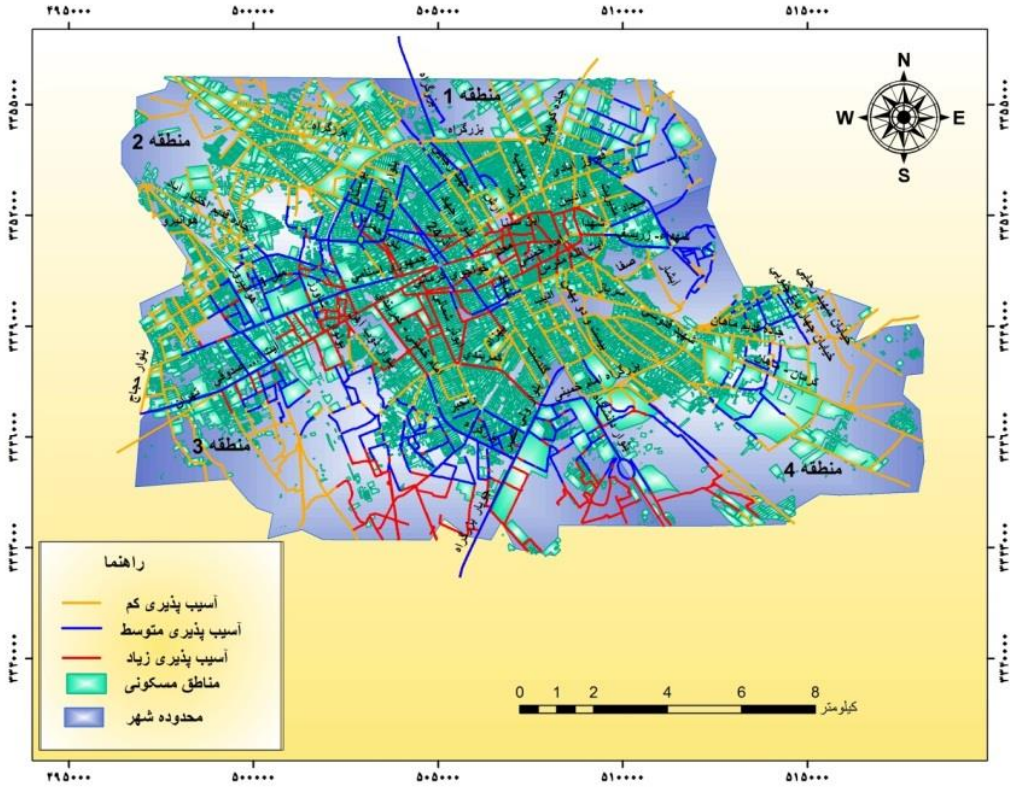


شکل ۱۲ : نقشه آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه بر اساس عرض مسیرها.

۴-۲-۳- تهیه نقشه نهایی آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه

با نظر به اینکه آسیب‌پذیری تابعی از چند معیار است که متناسب با هر معیار می‌توان نقشه آسیب‌پذیری را تولید نمود و درنهایت از همپوشانی یا ترکیب این نقشه‌ها به نقشه آسیب‌پذیری نهایی رسید؛ بنابراین در پایان وزن تمام معیارها محاسبه‌شده در نرم‌افزارهای اکسپرت چویس و اکسل را در نرم‌افزار آرک جی‌آی‌اس وارد کرده و با استفاده از توابع تحلیلی تمام نقشه‌های معیارهای آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل (مرحله قبل) در اوزان خود ضرب‌شده و با هم ترکیب شدند. بدین ترتیب نقشه نهایی آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهر کرمان مطابق شکل (۱۳) تهیه گردید.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]



شکل ۱۳: نقشه نهایی آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه

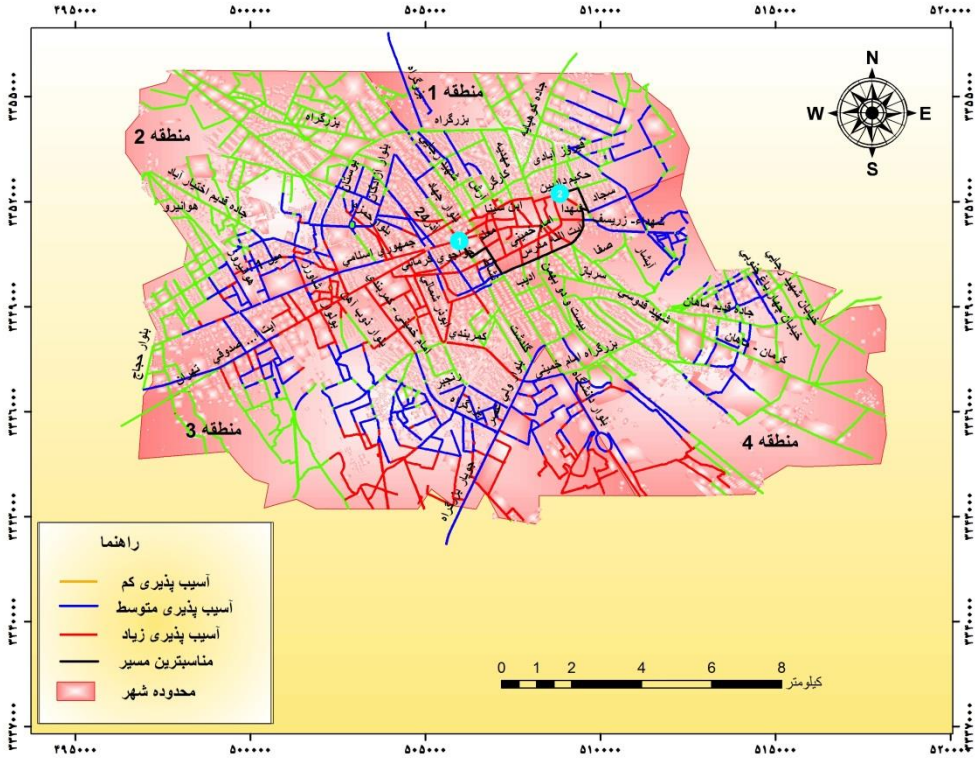
۴-۳- طراحی و ساخت شبکه حمل و نقل منطقه موردمطالعه

پس از تعیین آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل، برای خدمات‌رسانی و تخلیه سریع‌تر آسیب دیدگان هنگام و بعد از بحران، یک پایگاه داده زمین مرجع برای معابر شهر کرمان طراحی گردید. به‌این منظور ابتدا پایگاه داده‌ای به‌نام *Kerman.mdb* ایجاد و سپس سه دسته داده درون این پایگاه داده ایجاد شد و کلاس‌های عارضه مربوط به هر دسته داده به درون آن وارد گردیدند. برای یافتن خطاها در داده‌های ورودی و جلوگیری از ویرایش نادرست داده‌ها در آینده قوانین توپولوژی نیز تعریف شد. در این مرحله خطاهایی مانند به هم نرسیدگی[1] و ردشدگی[2] خطوط شبکه حمل و نقل شهری برطرف گردید.

مسیرهای شبکه حمل و نقل منطقه بر اساس نوع و طول به سه گروه کوچه، خیابان فرعی و خیابان شریانی طبقه‌بندی شدند. سپس در جداول توصیفی لایه شبکه حمل و نقل شهری منطقه، فیلدهای آسیب‌پذیر بودن مسیرها به همراه فیلدهای نام، کد شناسایی، مدت‌زمان مسیر رفت و برگشت، یک‌طرفه و دوطرفه بودن، طبقه‌بندی و طول مسیرها ایجاد و اطلاعات توصیفی مربوطه وارد گردید. بعدازاین مراحل، شبکه هندسی حمل و نقل شهر کرمان با در نظر گرفتن فیلدهای طول، یک‌طرفه- دوطرفه بودن و آسیب‌پذیری مسیرها در اثر بحران زلزله ایجاد گردید. همان‌طور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود، می‌توان با به‌کار بردن تحلیل‌های شبکه در هنگام زلزله یا بعدازآن، به‌راحتی بهترین مسیر نجات آسیب دیدگان را با در نظر گرفتن محدودیت آسیب‌پذیر بودن شبکه حمل و نقل، تعیین نمود.

[1] Undershoot
[2] Overshoot

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]



شکل ۱۴. نقشه تعیین مناسب‌ترین مسیر بین مبدأ (۱) و مقصد (۲) شبکه حمل و نقل شهر کرمان با در نظر گرفتن محدودیت آسیب‌پذیر بودن در برابر زلزله.

۵- نتایج و پیشنهادها

با توجه به نقشه آسیب‌پذیری حاصل از این تحقیق، مشاهده شد که شبکه حمل و نقل در منطقه ۱ و۳ نسبت به سایر مناطق دیگر آسیب‌پذیری بالاتری دارد. دلیل عمده آن، قرار گرفتن تأسیسات اشتعال‌زا (ایستگاه‌های پمپ‌بنزین و گاز)، فاصله کم شبکه از این تأسیسات و کم‌عرض بودن خیابان‌ها است، خصوصاً منطقه ۱ که بافت قدیمی شهر را شامل می‌شود. همچنین مقاومت زمین ازنظر خطر روانگرایی و جنبش زمین در مناطق ۱ و ۳ وزن بیشتری را دارد. تعیین اهمیت نسبی (وزن) معیارها به کمک فرآیند سلسله مراتبی تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که معیار خطر روانگرایی بیشترین اهمیت را دارد. معیار خطر حرکت‌های دامنه‌ای از کمترین اهمیت در تعیین سطح آسیب‌پذیری برخوردار است. می‌توان نتیجه گرفت که آسیب‌پذیری مسیرهای شهری با رویکرد بحران زلزله، معلول یک معیار آسیب‌پذیری خاص نیست بلکه، برآیند مجموعه‌ای از عوامل و معیارها است که در کنار هم تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای مسیرها را فراهم می‌سازند. با توجه به مدل ارزیابی پیشنهادی این تحقیق، با توجه به تحلیل توأمان معیارها در ارزیابی آسیب‌پذیری مسیرها، تنوع معیارهای انتخابی و تشابهات کالبدیِ مسیرهای شهری در اکثر نقاط کشور، می‌توانند از کارآیی و مطلوبیت لازم برخوردار و قابل کاربرد برای سایر مناطق شهری باشد. از کاربردهای مدل مذکور می‌توان به ارزیابی‌های قبل از اجرایِ طرح‌های توسعه مناطق جدید شهری و یا شهرک‌های جدید باهدف تعیین ضوابط تراکم جمعیتی و ساختمانی، قوانین کنترل حداکثر ارتفاع ساختمان‌ها و الگوی کاربری زمین اشاره نمود. حتی می‌توان تا حدودی در بافت‌های قدیمی که با مسیرهای کم‌عرض آسیب‌پذیری بالایی دارند با تعریض آن‌ها قوانین و مقررات مناسب با استانداردهای لرزه‌ای را اجرا نمود.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

همچنین در نواحی با آسیب‌پذیری زیاد و احتمال خطر بیشتر هنگام زلزله می‌توان با توسعه و گسترش فضاهای باز و فضاهای سبز، فضاهای امن را جهت نجات آسیب دیدگان افزایش داد. اجرای مدل در قالب یک نرم‌افزار تجاری می‌تواند ابزاری مهم در طراحی و برنامه‌ریزی شهری، برنامه‌ریزی حمل و نقل و اجرای طرح‌های آمایش سرزمین باشد. پیشنهاد می‌شود برای اینکه آسیب پذیری مسیرها با دقت بیشتری انجام گردد از معیارهای دیگری مانند ارتفاع ساختمان‌های اطراف مسیرها، طول مسیرها و تراکم جمعیتی در مطالعات آتی استفاده شود. در مقایسه این تحقیق با مطالعات احد نژاد و همکاران، عزیزی و همافر، نورائی و همکاران، مشاهده می‌شود علاوه بر استفاده از معیارهای جدید مقاومت زمین در مدل کردن آسیب‌پذیری شبکه حمل و نقل شهری، اجرای تحلیل‌های شبکه مانند یافتن بهترین مسیر با در نظر گرفتن محدودیت آسیب‌پذیری شبکه حمل‌ونقل، کارایی مدل را در نجات هرچه سریع‌تر مصدومان و آسیب دیدگان افزایش می‌دهد.

مراجع

[1] H. Ranjbar, A.Azmodeh Ardalan, H.Dehghani,M. Serajiyan and A. Alidoosti, " Facilitate the reactive phase of earthquake disaster management with automatic extraction of buildings based on tissue analysis of satellite images ", Journal of Disaster Management, Vol. 5, PP.5-19, 2014.

[2] M. Zanganeh," Assessment and risk analysis solutions for civil defense and the road network in Alborz province using methods IHWP and SWOT ", Journal of Geographic information, Vol. 98, PP.113-128, 2016.

[3] NC. Balijepalli and O. Oppong, " Measuring Vulnerability of road network considering the exent of serviceability of critical road links in urban areas", Journal of Transport Geography, Vol. 39, PP.145-155, 2014.

[4] M. Hosseini, "A Method For The Seismic Vulnerability And Functionality Assessment Of Transportation Systems In Large Cities", Proceedings of the 12th European Contention on Earthquake Engineering, Elsevier Science Ltd., London , 2002.

[5] H. Homayoni, N. Rezaei, R.A. Abbaspor " Local communication network performance evaluation and spatial analysis after the earthquake in terms of civil defense ", Journal of Science and Technology of Civil Defense Vol. 3, PP.151-160, 2011.

[6] P. Tung," Road vulnerability for earthquakes (A case study of Lalitpur, Kathmandu - Nepal)", Mark Brussel Press, Brussel,2004.

[7] M.Taylor, and G. Este, "Transport Network Vulnerability: a Method for Diagnosis of Critical Locations in Transport Infrastructure Systems", Transport Systems Centre, University of South Australia, Australia,2006.

[8] F. Bono, E. Gutiérrez,. "A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks", Journal of Transport Geography, Vol.19, No.3, PP.1443-1455, 2011.

[9] Q. Dalin and Y. Luping, "Vulnerability Analysis of Road Networks", Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology Vol. 12, No. 1, PP.23-41, 2012.

[10] T.Nagae, T. Fujihara and Y.Asakura, "Antiseismic reinforcement strategy for an urban road network", Transportation Research Part A, Vol. 46, No.2, PP.813-827,2012.

[11] J. Lambert, A. Parlak, Q.Zhou, J. Miller and M. Fontaine, " Understanding and managing disaster evacuation on a transportation network", Accident Analysis and Prevention, Vol. 50, PP.645–658, 2013.

[12] M.M. Azizi and M. Homafar, “Identify of

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

seismic damage of Urban pathway", Journal of ART, Vol. 17, No. 3, PP.5-15 , 2012.

[13] M. ahadnejad, SH. Rostaei and M.M. Kamelifar, " Urban street network for seismic vulnerability assessment approach to crisis management Case Study: Region 1 Tabriz ", Journal of Geographic information, Vol. 95, PP.37-50, 2015.

[14] Z. Nezhad Akbari and M. Mojarrad Kahani, " Vulnerability scanning and blocking streets after the earthquake Case Study: Law enforcement centers in Kerman ", Journal of Geography law, Vol. 9, PP.69-92, 2015.

[15] Y. Ebrahimian Ghajari, A.A. Alesheikh, M. Modiri, R. Hasanvi and M. Abbasi " Building the ultimate urban vulnerability modeling using Delphi and AHP in GIS ", Journal of Geographic information, Vol. 91, PP.5-20, 2014.

[16] D.Hidalgo and C. Huizenga, "Implementation of sustainable urban transport in Latin America", Research in Transportation Economics, Vol. 40, No. 1, PP.66-77, 2013.

[17] O.Azari and F. Karimi poor, " Urban routing based model for temporal or spatial data used by the Wide ", Twentieth National Conference on Geomatics,Tehran, 2013.

[18] C. Cheng, Y. Zhou , K. Yue and J. Yang, " Study of SEA Indicators System of Urban Green Electricity Power Based on Fuzzy AHP and DPSIR Model", Journal of town and country planning, Energy Procedia, Vol. 12, No. 3, PP.155-162, 2011.

[19] R.Hasanzadeh, A. Abbasnezhad, A. Alavi and E. Sharifi, " Seismic risk analysis of Kerman with an emphasis on micro-zoning application of GIS in qualifying Tier 2", Journal - of Earth Sciences, Vol. 81, PP.23-30, 2010.

[20] S. Meimandi and A. Kazeminia, " Assessment and zoning of Kerman city vulnerability based on the principles of passive defense Using Delphi and GIS-AHP model ", Journal of town and country planning, Vol. 7, No. 1, PP.119-144 2015.

[21] Gutiérrez, E., Taucer, F. De Groeve, T. Al-Khudhairy, D. H. Zaldivar, J. M.(2005). “Analysis of Worldwide Earthquake Mortality Using Multivariate Demographic and Seismic Data”, American J.Epid, Vol.161,No. 12, PP. 1151–1158.

[22] Thanh, P.(2004). “Road vulnerability for earthquakes (A case study of Lalitpur, Kathmandu -Nepal) ”, Mark Brussel Press, Brussel.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.6, No.1, Spring 2018

Evaluation of Seismic vulnerability of transport networks with an emphasis on criteria earth resistance and design of routes and rescue using GIS

Abdolreza Kazeminia*[1],Alireza Ghanizadeh[2]

1- Lecturer in Department of Civil Engineering, College of Civil Engineering,Sirjan University of Technology,Sirjan,Iran.
2- Assisstant professor in Department of Civil Engineering, College of Civil Engineering,Sirjan University of Technology,Sirjan,Iran.

Abstract

Transport networks are the main foundation of continuous development of regions due to its importance to economic, industry, political, and even military. Public transportation network becomes significantly important before and after earthquakes, rescue operations, and displacement and evacuation of victims. Hence, geometric network design and planning of urban transport to reduce potential injuries seem vital. The Kerman city due to its geographical location and being trapped within earthquake faults is vulnerable. In this work, we studied the Kerman urban transport network vulnerability against earthquakes resistance based on criteria Earth and using GIS- AHP by defining the reference database for urban routes, to serve and to drain injuries faster during or after earthquakes. In descriptive tables, the layer of city routes, vulnerability of fields along with route name, identification code, being a one-way or two-way route, classification, and route lengths are documented. When required, by applying network analysis such descriptive tables can be used to find the best route to rescue victims. Results show that the most vulnerabile transport networks in the Kerman city are in regions 1and 3 which is due to accumulation of vulnerable urban facilities and low-resistant ground in these areas. Hence, these regions should be considred as highest priority in planning.

Key words: Urban transport network, Vulnerability, geometric network, Earthquake

Correspondence Address: Department of Civil Engineering, Sirjan University of Technology,Sirjan, Iran
Tel: Tel:+98 3442336905
Email: Kazeminia@Sirjantech.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.6.1.57]