نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی • دوره ۱۷ • شماره ۳ • پاییز ۱۳۹۱

آسیب‌شناسیِ لرزه‌ای معابر شهری*
(مطالعه موردیِ: محله کارمندان، کرج)

محمدمهدی عزیزی[1]**، میلاد همافر**[2]
[1] استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[2] کارشناس ارشد برنامه ریزی شهری و منطقه ای، پردیس بین المللی کیش، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
(تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۱/۲۶، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۱/۷/۱۵)

چکیده

برنامه ریزی شهری با هدف کاهش آسیب پذیری، ناگزیر از شناخت نحوه و علل آسیب‌پذیری هر یک از عناصر کالبدی شهر است. در این راستا، آسیب‌شناسی لرزه‌ای شبکه ارتباطی و به ویژه معابر شهری، به عنوان یکی از عناصر کالبدی شهر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش تلاش دارد، با به کارگیری روش‌های نوین آماریِ مرتبط و AHP و نیز استفاده از GIS ، مدلی بسط‌پذیر را برای تعیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابرِ شهری ارائه کند. برای تدقیق پیشنهادات یاد شده، محله کارمندان واقع در شهر کرج به عنوان مطالعهٔ موردی مورد ارزیابی قرار گرفته است. براساس نتایج تحلیل سلسله مراتبی، از میان ۱۰ معیار آسیب پذیری منتخبِ پژوهش، معیارهایِ جمعیت مرتبط با معبر، موقعیت و ویژگی‌های زیرساخت‌های شهری و شیب معبر، بیشترین، و معیارهای دسترسی و کیفیت کف معبر، از کمترین اهمیت در تعیین سطح آسیب‌پذیری معبر برخوردار هستند. بررسی روابط همبستگی، نشان از همبستگی درونی میان معیارها، همپوشانی داده‌ها و عدم امکان تعیین حد آستانه به صورت منفرد برای معیارها دارد. بنابراین، آسیب پذیری لرزه‌ای معابر شهری، معلول یک معیار نبوده و برآیند مجموعه ای از عوامل می‌باشد. برای تعیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای، ضروری است از روش‌هایِ تحلیلیِ مبتنی بر تحلیل توامان معیارها سود جست که این امر نشان دهندهٔ مطلوبیت و کارآیی مدل ارزیابی پیشنهادی پژوهش حاضر می باشد.

واژه های کلیدی

برنامه ریزی کاهش آسیب پذیری، زمین لرزه، شبکه ارتباطی، معابر شهری، کرج.

*این مقاله بر گرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده دوم با عنوان «تحلیل آسیب پذیری لرزه ای معابر شهری و تبیین نقش آن در مدیریت بحران (نمونه موردی: محلات کارمندان و ویان در شهر کرج)» است که به راهنمایی نگارنده اول در سال ۱۳۹۰ در پردیس بین‌المللی کیش دانشگاه تهران انجام شده است.

**نویسنده مسئول: تلفن: ۶۶۴۶۲۱۳۴-۰۲۱، نمابر: ۶۶۴۶۱۵۰۴-۰۲۱، E-mail: mmazizi@ut.ac.ir.

مقدمه

تاکنون عمده تلاش‌های صورت گرفته در راستای کاهش آسیب‌های ناشی از وقوع زمین لرزه، محدود به برنامه های مقاوم سازی ساختمان‌ها بوده است. در حالیکه، ایمن سازی جامع شهر، در ارتباط با شناخت کامل و دقیق از عناصر تشکیل‌دهنده کالبد شهر و تشخیص علل و میزان آسیب پذیری هر یک از عناصر شهری و داشتن راهکارهایی با هدف کاهش آسیب پذیری عناصر شهری است. در این میان، معابر شهری به عنوان یکی از عناصر کالبدی شهر، نقش کلیدی در زمان وقوع و نیز پس از رخداد زمین لرزه به عهده دارند. بر این اساس، هدف اصلی تحقیق حاضر، تشخیص و تفکیک عوامل اثرگذار بر آسیب پذیری معابر شهری و تعیین میزان اثر هر یک از عوامل بر سطح آسیب پذیری معبر است. در این پژوهش، تلاش می گردد در قالب معیارهای شهرسازی، ابتدا معیارهای آسیب پذیری معابر استخراج گردد. پس از تدقیقِ زیرمعیارها، با استفاده از روش AHP و به کمک نرم‌افزار Expert Choice، میزان اهمیت (وزن) هر معیار تعیین شده، و با استفاده از GIS، نقشهٔ آسیب پذیری معابر محدوده مورد مطالعه تهیه و ارائه گردد. جمع آوری و استخراج اطلاعات مورد نیاز از اسناد و طرح‌های موجود و تکمیل اطلاعات با مشاهدات میدانی صورت گرفته است. نقشه آسیب پذیری نهایی از طریق روی هم گذاری لایه های آسیب پذیری ایجاد شده و پیشنهاداتی برای کاهش آسیب پذیری معابر شهری با لحاظ نمودن معیارهای شهرسازی ارائه می گردد. در راستای تدقیق این پیشنهادات و استفاده عملی از آنها، محله کارمندان واقع در منطقه ۹ شهرداری کرج انتخاب گردیده است. از دلایل انتخاب این محله، قرار گرفتن در محدودهٔ با خطر لرزه خیزی بالا، نزدیکی به گسل های مهم فعال و با سابقه لرزه خیزی بالا، الگوی بِافت از پیش طراحی شَده این محدوده (تجربه شهرسازی)، و قرارگیری در مجاورت خیابان‌های مهم و اصلی شبکه ارتباطی شهر کرج بوده است.

چارچوب نظری و روش تحقیق

مدیریت بلایای طبیعی و توسعه پایدار، امروزه به عنوان موضوعی یکپارچه در نظر گرفته می شود. با توجه به محدود بودن منابع، توسعه واقعی بدون یکپارچگی با برنامه های کاهش بلایای طبیعی امکان پذیر نخواهد بود (هادیزاده،۱۳۸٦،۲۹). از این رو، برنامه‌ریزی با هدف مدیریت بحران و تخمین ریسکِ زمین‌لرزه همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان و مدیرانِ شهری در مناطق لرزه خیز بوده است. مدیریت بحران، علمی است کاربردی که با مشاهدهٔ سیستماتیک بحران‌ها و تجزیه و تحلیل آنها در جستجوی یافتن ابزاری است که از طریق آن بتوان از وقوع بحران پیشگیری نمود و یا در صورت وقوع، از شدت اثرات آن کاست (ناطق الهی،۱۳۷٤،۷۱۱). اقدامات مدیریت بحران را می‌توان در سه بخش ۱- پیشگیری، ۲- واکنش و ۳- بازسازی خلاصه کرد (درابک،۱۳۸۳،۱۹۰). با توجه به سرعت وقوع، قدرت تخریب بالا و عدم امکان پیش بینی وقوع زمین لرزه، مفهوم مدیریت ریسک در خصوص زمین لرزه با تاکید بر کاهش آسیب‌پذیری سرمایه ها و با هدف کاهش ریسک زمین لرزه مورد توجه قرار می گیرد. در این رهیافت، توجه به آسیب‌پذیری کالبدی شهر به عنوان مشهودترین شکل آسیب پذیریِ ناشی از زمین لرزه، قابل کنکاش است. شناخت علل آسیب پذیری و نحوه تاثیر پذیری شهر از رخداد زمین لرزه، وابسته به شناخت دقیق علل و نحوه آسیب پذیری هر یک از عناصر تشکیل دهنده کالبد شهر است. از میان عناصر مختلف کالبدی شهر، نحوه استفاده از زمین (کاربری)، بافت شهری، الگوی توزیع فضاهای باز، نحوهٔ همجواری و مکان‌یابی تاسیسات و زیرساخت‌های شهری، و شبکه ارتباطی را می‌توان به عنوان اثرگذارترین عوامل مدنظر قرار داد (ر. ک.: امینی، حبیب، مجتهدزاده، ۱۳۸۹، ۱۸٦؛ حمیدی، ۲۱۷،۱۳۷۱؛ عزیزی و اکبری، ۲۷،۱۳۷۸؛ پورکرمانی ومهرآرین، ۱۱۷،۱۳۷۷، و Kameda, 2000,2829).

در این میان، آسیب‌پذیریِ شبکه ارتباطی به عنوان یکی از عناصر کلیدی کالبدِ شهر، به دلیل تاثیر مستقیمی که بر عملکرد سایر عناصر شهری می گذارد، حائز اهمیت است. به عنوان مثال، چنانچه فضاهای باز در شهر بخوبی توزیع شده باشند، اما شبکه ارتباطی امکان دسترسی مطلوب به این فضاها را فراهم نسازد، مطلوبیتِ عملکرد این فضاها به شدت کاهش می یابد. تفسیری مشابه در خصوص مکان گزینی سایر کاربری های شهری از جمله کاربری های آموزشی که خطر پذیری و مکان گزینی این گروه از کاربری ها به شدت متاثر از ظرفیت و ایمنی معابرِ تغذیه‌کننده می باشد، قابل ارائه است. از سوی دیگر، شبکه ارتباطی در نحوهٔ عملکرد و واکنش بافت شهری نسبت به زمین لرزه و همچنین ساختار فضایی-کالبدی شهر اثرگذار است. در بسیاری از موارد، توزیع فضایی عناصر شهری، بر اساس ساختار و ظرفیت شبکه ارتباطی انتظام می یابد. به عنوان عنصری مجرد، نقش شبکه ارتباطی در آسیب پذیری شهر در برابر زمین لرزه را می‌توان با رجوع به مراحل مدیریت بحران در دو فاز ۱- زمان وقوع و بلافاصله بعد از آن و ۲- زمان بازگرداندن شهر به حالت عادی مورد نظر قرار داد. بر این اساس، در فاز اول، شبکه ارتباطی باید نقش های ذیل را با کیفیت مطلوب ایفا کند.

- تامین دسترسی به فضاهای باز مناسب برای فرار از عوامل خطر زا و دسترسی به نقاط امن.
- امکان فرار و پناه گیری سریع و ایمن.
- تسهیل عملیات امداد و نجات پس از زمین لرزه.
- تسریع عملیات آوار برداری و پاکسازی.

علاوه بر موارد یاد شده، در ساعات شلوغ روز و به ویژه در نواحی مرکزی شهر، بسیاری از مردم در خیابان ها، پل ها و

زیرگذرها و خارج از ساختمان‌ها، صدمه دیده و یا کشته می‌شوند و بدین ترتیب، آسیب پذیری معابر، در بالابردن میزان آسیب پذیری نقش موثری بر عهده دارد. در مرحله بازگرداندن شهر به حالت عادی، شبکه ارتباطی نقش کلیدی در سفرهای بین محل کار و سکونت و حمل نقل کالا و تسریع عملیات عادی سازی بر دوش دارد (Central u.s earthquake consortium, 2000,6).

بر این اساس، تدوین روشی با هدف تخمین آسیب‌پذیری احتمالی شبکه ارتباطی، امری ضروری به نظر می‌رسد. اولین گام در راستای دستیابی به چنین هدفی، تعیین و تدوینِ معیارها و شاخص های موثر در آسیب پذیری لرزه ای شبکه ارتباطی و معابر شهری است. تا کنون، پژوهش های مختلف، رویکردهای مختلفی را در مواجهه با آسیب پذیری شبکه ارتباطی اتخاذ نموده‌اند. بطور کلی، دو رویکرد عمده در مواجهه با مسئله آسیب پذیری شبکه معابر در پژوهش‌های مذکور قابل تشخیص می‌باشد ۱-معبر، به عنوان یکی از ویژگی های کالبدی تعیین کنندهٔ آسیب پذیریِ بافت و یا ساخت شهر (در این نوع از مطالعات، معبر به عنوان متغیر مستقل مد نظر قرار دارد). ۲- تعیین مطلوبیت و سطح عملکرد شبکه ارتباطی برای امداد رسانی و تامین دسترسی

جدول ۱-معیارهای آسیب پذیری معابر، منتخب پژوهش حاضر.

معیار	نحوه اثر گذاری و نقش معیار در آسیب پذیری معبر	مأخذ
سلسله مراتب دسترسی	رعایت سلسله مراتب دسترسی از بالاترین مقیاس (شهر) تا دسترسی به واحدهای ساختمانی و وجود دسترسی های متعدد در تعیین میزان آسیب پذیری شبکه ارتباطی بسیار اثر گذار می باشد.	بحرینی، ۲۰۱،۱۳۷۵؛ عزیزی، ۲۰،۱۳۸۳؛ کاظمی و زارعی، ۱۶۲۶،۱۳۷٤
نسبت ارتفاع جداره معبر به عرض معبر	هر چه این نسبت کمتر باشد، میزان آسیب پذیری معبر کمتر است.	عزیزی و اکبری، ۲۷،۱۳۸۷؛ حبیب، ۱۶۱۲،۱۳۷۱؛ کاظمی و زارعی، ۱۶۳۶،۱۳۷٤؛ بحرینی، ۲۰۲،۱۳۷۵
کیفیت ساختمان ها و ابنیه جداره معبر	هر چه ابنیه جداره معبر پایدار تر باشند احتمال تخریب ابنیه و انسداد معبر از یکسو، و احتمال کشته شدن عابرین در اثر ریزش آوار از سوی دیگر، کمتر است و در نتیجه، میزان آسیب پذیری معبر کاهش می یابد.	عبدالهی، ۷۷،۱۳۸۰؛ روستا، ۱٤۱،۱۳۸۹؛ بحرینی، ۲۰۲،۱۳۷۵
نوع معبر (بن بست یا بن باز بودن معبر)	معابر بن بست، به دلیل دسترسی یکسویه از احتمال انسداد بیشتری برخوردارمی باشند.	بحرینی، ۲۰۱،۱۳۷۵؛ کاظمی و زارعی، ۱۶۳۶،۱۳۷٤؛ روستا، ۱٤۲،۱۳۸۹
جنس مصالح و وضعیت کف معبر	این عامل در روانی و سرعت حرکت در زمان بحرانی اثر گذار است از سوی دیگر، وضعیت بستر می تواند منشا حوادث و خطرات متعدد برای استفاده کنندگان در زمان قرار باشد.	جدلی، ۱۶۰۳،۱۳۷۵؛ کرمی، ٤۵،۱۳۸۰ Anands, 2005,9
کاربری های موجود در جداره معبر	کاربری ها از نظر جمعیت پذیری و سازگاری با هم متفاوت می باشند. مطلوبیت سطح سرویس معبر تا حد زیادی وابسته به جمعیت پذیری کاربری ها در زمان بحرانی می باشد. از سوی دیگر، عدم سازگاری کاربری ها می تواند منشا حوادث ثانویه در جداره و در نهایت موجب انسداد معبر گردد.	عبدالهی، ۸۲،۱۳۸۰؛ روستا، ۱٤۳،۱۳۸۹؛ بحرینی، ۲٤۸،۱۳۷۵؛ جدلی، ۱۶۰۳،۱۳۷۵
شیب معابر	هر چه شیب معبر کمتر باشد، امکان توقف در آن بیشتر و آسیب پذیری کمتر است.	بحرینی، ۲۳۹،۱۳۷۵؛ عزیزی، ۴۱،۱۳۸۳؛ روستا، ۱٤۹،۱۳۸۹
موقعیت و ویژگی های تاسیسات شهری	محل قرار گیری، چیدمان ومیزان تداخل سیستم های زیر بنایی در سطح عملکرد و ایمنی استفاده از معبر اثرگذار است. نقص عملکرد در هر یک از شبکه های زیر بنایی، می تواند عاملی در وقوع حوادث ثانویه در معبر باشد.	بحرینی، ۲۰۵،۱۳۷۵؛ جدلی، ۱۶۰۳،۱۳۷۵ Jica, 2000,282
زوایای داخلی معبر	هر چه معبر پر پیچ و خم تر باشد، احتمال انسداد معبر بیشتر و عبور از آن مشکل تر است. از سوی دیگر، امکان عبور وسایل نقلیه امدادی و آتش نشانی مشکل تر می گردد.	بحرینی، ۲۰۱،۱۳۷۵؛روستا ۱۵۰،۱۳۸۹،
تراکم جمعیتی مرتبط با معبر	هر چه جمعیت مرتبط با معبر بیشتر باشد، معبر باید در زمان بحرانی امکان سرویس دهی به جمعیت بیشتری را فراهم سازد. این امر نیازمند افزایش عرض معبر و بهسازی چیدمان مبلمان شهری می باشد. بنابراین، افزایش جمعیت استفاده کننده از معبر موجب افزایش درجه آسیب پذیری معبر می گردد.	بحرینی، ۲۳۸،۱۳۷۵؛روستا ۱٤۷،۱۳۸۹؛ جدلی، ۱۶۰۳،۱۳۷۵

به کاربری‌های بحرانی در حین و پس از زمین لرزه (در این دسته از پژوهش ها، مطلوبیت شبکه ارتباطی به عنوان یک متغیر وابسته، متاثر از کاربری زمین و ویژگی های کالبدی خودِ شبکه مدنظر قرار دارد). هر دسته از پژوهش های یاد شده بر اساس زاویهٔ نگرش به مسئله آسیب پذیری شبکهٔ معابر، طیفی از معیارها و شاخص های آسیب پذیری را ارائه نموده اند.

پژوهش حاضر تلاش دارد آسیب پذیری معابر شهری را به عنوان یک عنصر مستقلِ کالبدی شهر مورد ارزیابی قرار داده و در این راستا، سایر مشخصه های کالبدی شهر، از کوچک‌ترین جزء (پلاک ساختمانی) تا ویژگی‌های غیر کالبدی (مانند جمعیت استفاده‌کننده از معبر) در رابطه با نحوهٔ اثرگذاری بر عملکرد معبر مورد نظر قرار می‌گیرد. از آنجایی که آسیب پذیری کالبدی شبکه ارتباطی، می‌تواند برآیند آسیب پذیری عناصر تشکیل دهندهٔ شبکه از جمله معابر شهری باشد، تعیین معیارها و شاخص هایی برای تعیین سطح آسیب‌پذیری معبر، یکی از اهداف اصلی پژوهش حاضر است. با توجه به رویکرد و مقیاسِ پژوهش و ویژگی‌های محدوده مورد مطالعه، از میان معیارهای متعدد ارائه شده در پژوهش های مشابه، ۱۰ معیارِ مندرج در جدول ۱ و به دلیل اتفاق نظرِ غالبِ پژوهش ها در نقش کلیدی آنها در تعیین سطح آسیب پذیری معبر، به عنوان معیارهای این پژوهش انتخاب گردیده اند.

به نظر می رسد میزان اهمیت و اثر معیارهای منتخب در تعیین میزان آسیب‌پذیری معبر یکسان نباشد. برای بررسی صحت فرضیه مذکور، روش AHP کارآمد خواهد بود. کارآمدی این روش در به کارگیری معیارهای کیفی و کمی بطور همزمان و قابلیت بررسی سازگاری در قضاوت ها، برای تعیین ضریب اهمیت معیارهای این پژوهش است (ر.ک، زبردست،۱۳۸۰). برای انجام محاسبات این پژوهش، از نرم افزار Expert Choice استفاده گردید که به دلیل محدودیت حجم مقاله، از ارائه محاسبات در اینجا صرفنظر گردیده است (ر.ک: همافر، ۱۳۹۰، ۶۰-۵۵) و صرفاً به نتایج به دست آمده اشاره می شود (ر.ک: جدول ۲). پس از تعیین وزن هر یک از معیارها و تدقیقِ نحوهٔ برآوردِ میزان آسیب پذیری ناشی از هر معیار و زیر معیار، میزان آسیب پذیری معابرِ محدودهٔ مورد مطالعه محاسبه شده و در راستای سنجش آسیب پذیری لرزه ای معابر شهری ارائه می گردد. ساختار و فرآیند کلیِ مدل پیشنهادی این پژوهش، در راستای ارزیابی آسیب پذیریِ لرزه ای معابر در قالبِ نمودار ۲ آمده است.

جدول ۲- وزن نهایی معیارهای آسیب پذیری بر اساس نتایج AHP.

معیار	وزن نهایی
دسترسی	۰/۰۲۴
محصوریت معبر	۰/۰۶۱
کیفیت ابنیه جداره معبر	۰/۰۵۵
نوع معبر	۰/۰۷۸
کیفیت کف معبر	۰/۰۴۸
سازگاری کاربری جداره	۰/۱۱۳
شیب معبر	۰/۱۱۷
موقعیت شریانهای حیاتی	۰/۱۷۲
زوایای داخلی معبر	۰/۰۸۷
جمعیت مرتبط با معبر	۰/۲۴۶
نرخ ناسازگاری محاسبه شده=۰/۰۸	

نمودار ۱- ساختار سلسله مراتبی تحقیق حاضر.

نمودار۲- ساختار کلی مدل ارزیابی آسیب پذیری نهایی معبر.

محلهٔ کارمندان شهر کرج، به عنوان محدودهٔ مورد مطالعه

محلهٔ کارمندان، از مناطق مرکزی و یکی از قدیمی ترین مناطق شهر کرج است. بر اساس نقشه پهنه بندی خطر نسبی زمین لرزه، شهر کرج در محدودهٔ با خطر لرزه ای نسبی خیلی زیاد قرار دارد (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۷۹،۱۳۸۷). عامل اصلیِ این پتانسیل بالای لرزه خیزی، مجاورت با گسل های با پتانسیل لرزه‌زایی و تخریب بالا از جمله بخش باختری گسل مشاء به درازای ۲۰۰ کیلومتر، بخش باختری راندگی شمال تهران (پهنه هایی چون کاظم آباد کرج، شهرک زورآباد و اسلام آباد کرج بر روی امتداد این گسل قرار گرفته اند)، گسل فشاری ایپک (عامل اصلی رخداد زمین لرزه بوئین زهرا)، گسل جاجرود و چندین گسل فعال کوچک دیگر می باشد (پورکرمانی، محسن و مهرآرین،۱۳۷۷، ٤٤–۱۰۸). شتاب افقی زمین، عامل دیگری است که در تخمین میزان خسارات ناشی از زمین لرزه، نقشی اساسی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، بیشینه شتاب افقی شهر کرج با توجه به اصل دوره بازگشت ۵۰ ساله برابر ۰/۱۵ و برای دورهٔ ۱۰۰ ساله، ۰/۲ می باشد. این تخمین ها میزان خطر پذیری کرج را بر اساس عامل یادشده بعد از ری و در کنار مناطقی چون تجریش، کن، حسن آباد و ورامین، در درجه دوم خطرپذیری در محدوده استان تهران قرار می دهد (حائری و گتمیری، ۱۳۷۵). بر اساس مطالب فوق‌الذکر، انجام پژوهش‌هایی اصیل و هدفمند در راستای شناخت علل آسیب پذیری و تدوین دستورالعمل‌هایی با هدف کاهش آسیب پذیری لرزه ای شهر کرج در برابر زمین لرزه ضروری به نظر می رسد.

منطقه ۹ در قلب شهر کرج قرار دارد و به دلیل قرارگیری در مجاورت گره‌های پرتردد شهری، همجواری با شریان‌های اصلی شهر و جای دادن برخی از کاربری های امدادی در دل خود پس از وقوع زمین لرزه، با تقاضای سفر بالایی روبرو خواهد شد. این منطقه توسط خیابان های اصلی و پُر ترددی مانند خیابان دانشکده از شرق، بلوار امام خمینی از غرب، خیابان شهید بهشتی از شمال و آزادراه کرج– قزوین از جنوب، از سایر مناطق شهری متمایز گردیده است. جمعیت این محدوده ۹۰۰۲۱ نفر و بعد خانوار آن ۳/٤ تخمین زده شده است (سرشماری سال ۱۳۸۵). وسعت محدوده در حدود ۶۰۰ هکتار و مساحت معابر آن ۲۰۰۰۰۰ متر مربع است (ww. karaj.ir).

به دلایل مختلف، کارآیی و مطلوبیت عملکرد شبکهٔ معابر در سطح محله در راستای کاهش تلفات و خسارات جانی از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله این دلایل، می توان به کمبود فضاهای باز در سطح تقسیمات خُرد کالبدی (در سطح محله و واحد همسایگی)، قرارگیری کاربری‌های درمانی در بافت‌های ارگانیکِ آسیب پذیر، تغذیهٔ کاربری‌های یادشده توسط معابر تنگ و آسیب پذیر، و عدم پیش‌بینی مراکز آتش نشانی مجزا برای منطقه ۹ (با توجه به وسعت زیاد منطقه) اشاره کرد. این امر بر لزوم بررسی کیفیت و ایمنی شبکه معابر در سطح محلات و تدوین دستورالعمل‌هایی با هدف کاهش سطح آسیب پذیری معابر محلی دلالت دارد. بررسی کارآیی و سطح آسیب‌پذیریِ شبکه معابر محلهٔ کارمندان حائز اهمیت است. از دلایل این امر می توان همجواریِ این محدوده با مرزهای پرتردد اصلی منطقه ۹ و عدم وجود فضاهای باز در سطح محله (ضرورت تخلیه سریع و ایمن ساکنین) از یکسو، و از سویی دیگر، به دلیل بافت از پیش اندیشیده‌شدهٔ آن (امکان تخمین آسیب‌پذیری شبکه معابر سایر محلات با بافت مشابه و بکارگیری نتایج پژوهش به ویژه در زمینهٔ تاثیر سایر تصمیمات کالبدی بر سطح آسیب پذیری شبکهٔ معابر در طراحی شبکهٔ معابر محلات جدید) اشاره کرد.

خصوصیات کالبدی محلهٔ کارمندان از دیدگاه آسیب پذیری از زلزله

محله کارمندان در مرز شمال غربی منطقه ۹ و در مجاورت بلوار امام خمینی از شرق، خیابان شهید بهشتی از شمال، بلوار سرداران شهید و بلوار جمهوری اسلامی از جنوب و غرب قرار گرفته است. نظام قطعه بندی در اکثر نقاط، ردیفی و منظم است و ضوابط سلسله مراتب دسترسی و عرض استاندارد معبر در اکثر موارد لحاظ گردیده است. با توجه به قدمتِ کم محله، کیفیت عموم ابنیه مطلوب به نظر می رسد. حداکثر تعدادِ طبقات در اغلب مناطق، چهار طبقه و سطح اشغال ٦۰ درصد است. شکل شبکه ارتباطی در مقیاس محله کارمندان با پیروی از ساختار کلی شبکهٔ ارتباطی در منطقه ۹، نزدیک به ساختار شطرنجی بوده و از نکات حائز اهمیت این الگو در رابطه با آسیب پذیری لرزه ای، عدم استفاده از معابر بن بست در طراحی شبکه است. درحالیکه این امر موجب بهبود دسترسی و بهبود عملکرد معبر در زمان وقوع زمین لرزه می گردد، اما با توجه به طول زیاد معابرِ شبکه، امکان دسترسی به موقع به فضاهای باز برای پناهگیری اولیه، قابل تردید است.

تصویر ۱– موقعیت مکانی محلهء کارمندان در منطقه ۹ کرج.
ماخذ: (تولید شده بر اساس نقشه طرح تفصیلی شهر کرج، مهندسین مشاور باوند، ۱۳۸۸)

از سوی دیگر، قرار گیری پله و بیرون زدگیِ سایر عناصر مربوط به ابنیه در معبر، از عرض مفید پیاده‌روها کاسته و می‌تواند عامل وقوع حوادث ثانویه در زمان تخلیه گردد. وضعیت

نامطلوب و خطرآفرین جداول روباز عمیق حاشیهٔ پیاده روها، می تواند از دیگر عوامل کاهنده سرعت، ایمنی حرکت و تخلیه در معبر باشد. عرض پیاده‌روها در مقایسه با سواره بسیار اندک (در حدود ۱۲۰ سانتی متر) و بدون توجه به دبی عبوری و درجه معبر در سلسله مراتب تعیین گردیده است. با توجه به اهمیت تناسب نوع معبر با کاربری‌های جداره (از نظر عرض و درجه معبر در سلسله مراتب)، به نظر می رسد در جانمایی برخی از کاربری‌های عمومی، از جمله کاربری های مذهبی، ضابطه مذکور مد نظر قرار نگرفته است. این امر در زمان فرار و امداد رسانی می تواند منجر به بروز مشکلات متعدد و افزایش تلفات جانی گردد.

تصویر ۲- بیرون زدگی پله ابنیه در معبر و جداول روباز و خطر آفرین.

کمبود فضاهای باز در سطح واحد همسایگی و محله برای پناه‌گیری اولیه، می‌تواند از دیگر معضلات موجود در نحوهٔ استفاده از زمین در سطح محله کارمندان باشد. به نظر می رسد، ساختار شطرنجی و استاندارد شدهٔ شبکه ارتباطی در سطح منطقه و محله، پاسخگوی شرایط بحرانی می باشد. اما عدم توجه به ضوابط و استانداردهای لرزه‌ای در طراحی معابر محلی، عدم ارتباط منطقی میان ضوابط ساخت با معیارهای آسیب پذیری معبر (از جمله تراکم های مجاز ساختمانی و ضوابط جلو آمدگی ابنیه)، عدم توجه به ارتباط دوسویه میان عملکرد شبکه ارتباطی وکاربری زمین باعث افت شدید سطح عملکرد شبکه ارتباطی، چه در سطح محلی و چه در سطح کل منطقه گردیده است. این امر علاوه بر پخشایش ناموزون فضاهای باز، منجر به جانمایی نامطلوب برخی از کاربری‌های عمومی گردیده است. از این رهیافت، تعیین سطح آسیب پذیری هر یک از معابر محله کارمندان بر اساس معیارهای منتخب، و تدوین دستورالعمل‌هایی در راستای کاهش آسیب پذیری معابر، اقدامی ضروری در راستای بهبود عملکرد شبکه ارتباطی در سطح محله و منطقه است که در نهایت می تواند منجر به کاهش آسیب پذیری لرزه ای منطقه ۹ در برابر زمین لرزه گردد.

ارزیابی آسیب پذیری معابر محله کارمندان

برآیند مطالعات و بررسی های قبل، لزوم تهیه نقشه آسیب‌پذیری لرزه ای معابر را در مقیاس طرح تفصیلی و بر اساس هر یک از معیارهای بیان شده مطرح می کند. بر این اساس، مطابق مدل پیشنهادی پژوهش، اطلاعات مورد نیاز در خصوص شیب زمین، وضعیت ابنیه جداره معبر، جمعیت محله کارمندان، وضعیت زیر ساخت های شهری در سطح محله، نوع کاربری‌های جدارهٔ معابر و .... از طریق مطالعه اسناد طرح تفصیلی، جمع آوری، و سپس با بازدیدهای میدانی تکمیل و به هنگام گردید. پیش از آماده‌سازی اطلاعات برای ورود به GIS، تدقیق نحوهٔ محاسبه میزان آسیب پذیری بر اساس هر معیار در راستای تبدیل و تجمیع اطلاعات در قالب اطلاعات کاربردی و با هدف فراهم آوری امکان تخصیص عدد آسیب پذیری به هر معبر، امری ضروری است. نحوهٔ محاسبه میزان آسیب پذیری بر اساس هر معیار با توجه به اطلاعات موجود به شرح ذیل بوده است.

دسترسی: عموم ضوابط موجود در رابطه با دسترسی براساس تقسیمات کالبدی می باشد (ر.ک به بحرینی، ۱۳۷۵، ۲۷۵)، که در بیشتر بافت های شهری موجود، استانداردهای مذکور مبنای طراحی محلات قرار نداشته‌اند. بنابراین، از تعداد خانوار به عنوان یک معیار واسط برای ارتباط میان نوع پهنه موجود با رتبه پهنه در ضوابط تقسیمات کالبدی استفاده شد. پس از تطبیق، به نظر می رسد هر بلوک در سطح محدودهٔ مطالعاتی، با گروه مسکونی در ضوابط منطبق باشد. اگر کاربری غیر مسکونی در جداره معبر باشد، معبر متناسب با کاربری مذکور، مبنای محاسبه قرار می‌گیرد. در غیر این صورت، معبر متناسب با گروه مسکونی، مبنای محاسبه امتیاز آسیب پذیری قرار می گیرد.

جدول ۳- روش امتیاز دهی آسیب پذیری بر اساس مطلوبیت دسترسی.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s1}
متناسب است	۰
متناسب نیست	٤

نسبت ارتفاع به عرض معبر: بر اساس موقعیت قرار گیری معبر، دو شیوهٔ جداگانه برای محاسبه میزان آسیب پذیری ناشی از محصوریت معبر در نظر گرفته شد.

معابر شرقی- غربی: بلوک ها به صورت شمالی- جنوبی قرار دارند.

$$D=\frac{(zb+0.5a)}{c-3}$$ (فرمول۱)

نسبت سطح ساخته شده به کل قطعه $\geq$ ٪۵۰ ← z=۰

نسبت سطح ساخته شده به کل قطعه $<$ ٪۵۰ ← z=۰/۲۵

معابر شمالی- جنوبی: بلوک ها شرقی- غربی هستند

$$D=\frac{0.5(a+b)}{c-3}$$ (فرمول۲)

در روابط فوق، a و b به ترتیب ارتفاع جداره شمالی و جنوبی و c عرض معبر هستند. مشاهدات مختلف نشان می دهد، در اکثر موارد بحرانی، حدوداً نیمی از ساختمان در جای خود فرو خواهد ریخت. بنابراین، ضریب ۰/۵ برای ارتفاع جداره ها در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه پس از وقوع زمین لرزه باید امکان تردد وسایل نقلیه امدادی از داخل معابر امکان پذیر باشد، عدد سه متر از عرض واقعی معبر در مخرج رابطه فوق کسر شده است (تحلیل فوق بدون در نظر گرفتن کیفیت جداره ها

مورد نظر خواهد بود و عدد ۳ متر با اندازه گیری عرض استاندارد ماشین های امداد رسانی آتش نشانی به دست آمده است).

جدول ۴- روش امتیازدهی آسیب پذیری براساس محصوریت معبر.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s2}
$0=D$	۰
$0 < D \leq 1.2$	۲
$D > 1.2$	٤

کیفیت ابنیه جداره معبر: مطالعه متون و پژوهش های انجام شده در زمینهٔ آسیب پذیری ابنیه نشان از تعدد معیارهای موثر در تعیین میزان آسیب پذیری ابنیه دارد. با توجه به اطلاعات موجود در محدودهٔ مطالعاتی، پنج معیار کیفیت ابنیه، مصالح نما، تعداد طبقات، مساحت قطعات تفکیکی، و تعداد همسایگی ها انتخاب گردید. پس از تدقیق روش محاسبه، اهمیت نسبی معیارها با استفاده از روش AHP تعیین گردید. سپس، نقشه آسیب پذیری ابنیهٔ جداره هر معبر تحت اثر هر معیار محاسبه و با روی هم‌گذاری لایه های مذکور و وارد نمودن عدد اهمیت نسبی معیارها، نقشه آسیب پذیری نهایی ابنیه جداره معابر تولید گردید.

جدول ۵- وزن معیارهای آسیب پذیری ابنیه بر اساس روش AHP.

معیارها	وزن نهایی معیارها(W)
کیفیت بنا V_q	W_q ۰/٤
مصالح نما V_{fm}	W_{fm} ۰/۰٦۱
تعداد طبقات V_f	W_F ۰/۲٦۳
مساحت قطعات تفکیکی V_s	W_S ۰/۱۷۸
تعدا همسایگی ها V_{non}	W_{non} ۰/۰۹۷

(نرخ ناسازگاری محاسبه شده: ۰/۰۳)

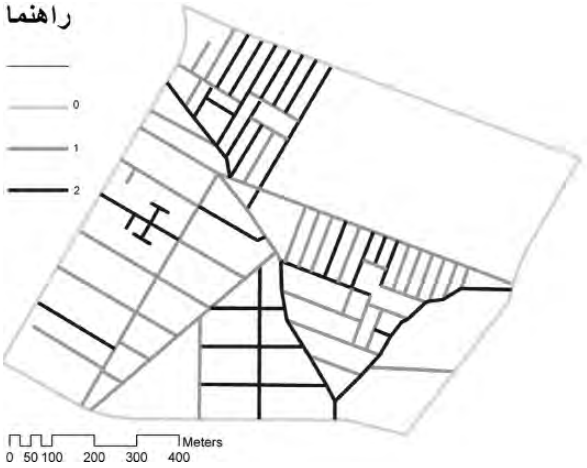
(فرمول۳)

$$V_{PARCEL} = V_q w_q + V_{fm} w_{fm} + V_f w_f + V_s w_s + V_{non} w_{non}$$

پس از محاسبه میانگین آسیب پذیری هر جداره با استفاده از فرمول فوق، عدد آسیب پذیری متوسط جداره معبر از محاسبه میانگین دو جداره محاسبه گردیده و عدد آسیب پذیری نهایی معبر محاسبه می گردد.

جدول ۶- سیستم امتیاز دهی آسیب پذیری بر اساس کیفیت ابنیه.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s3}
امتیاز میانگین <۱	۰
۱<امتیاز میانگین <۱/۵	۱
۱/۵<امتیاز میانگین <۲	۲
۲<امتیاز میانگین <۳	۳
امتیاز میانگین >۳	٤



تصویر۳- نقشه آسیب پذیری به دست آمده بر اساس سطح آسیب پذیری ابنیهٔ جداره معبر.

نوع معبر: با توجه به رابطهٔ معنی دار میان نوع معبر (بن باز/ بن بست) با طول معبر، تلاش گردید طول معبر به عنوان یک عامل فرعی در تعیین عدد آسیب پذیری لحاظ گردد. بنابراین، با توجه به عدد پیشنهادی ۱۵۰ متر فاصله تا دسترسی به فضای باز، جدول زیر مبنای محاسبهٔ امتیاز آسیب پذیری قرار گرفت.

جدول ۷- سیستم امتیازدهی آسیب پذیری بر اساس نوع و طول معبر.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s4}
بن باز با طول کمتر از ۳۰۰ متر	۰
بن باز با طول بیشتر از ۳۰۰	۲
بن بست با طول کمتر از ۱۵۰	۳
بن بست با طول بیشتر از ۱۵۰	٤

جنس مصالح و وضعیت کف معبر: بر اساس بازدیدهای میدانی از معابر محدوده، اطلاعات مربوط به کیفیت کف، ازجمله وجود چاله، دست انداز، موانع حرکتی در طول معبر، بیرون زدگی ابنیه و انسداد های احتمالی در طول پیاده روها، بررسی و در صورت وجود چنین موانعی عدد آسیب پذیری ٤ و در غیر اینصورت، عدد ۰ به معبر مذکور اختصاص داده شد.

کاربری های موجود در جدارهٔ معبر: متون نظری مرتبط، ماتریس هایی برای تعیین میزان سازگاریِ کاربری جداره ها در مقیاس منطقه و شهر ارائه نموده اند (رجوع کنید به بحرینی، ۱۹۲،۱۳۷۵)، که با توجه به نوع فعالیت ها و مقیاس مطالعات مذکور جهت کاربرد ماتریس های یاد شده اصلاحاتی انجام پذیرفت. کاربری های اداری موجود در محدوده نسبت به محدوده‌های مسکونی با تراکم کم و متوسط بی تفاوت فرض می گردد و با مناطق مسکونی با تراکم زیاد نسبتاً ناسازگار. وجود صنایع (غیراز صنایع دستی) در بافت های مسکونی، به دلیل احتمال انفجار، آتش سوزی و ... ، با کاربری مسکونی ناسازگار می باشد. بنابراین، براساسِ نوع فعالیت در خصوص کاربری‌های

صنعتی قضاوت می‌گردد. اگر صنایع کوچک موجود، احتمال آتش سوزی و انفجار را افزایش دهند، بدون در نظر گرفتن طبقه بندی ماتریس‌های یاد شده، ناسازگار فرض می گردند (تعمیرگاه های خودرو در این گروه از کاربری ها قرار ندارند). در غیر اینصورت، ماتریس‌های مذکور مبنای قضاوت می باشند. در نهایت، اگر ۸۰% مساحت کاربری های جداره سازگار باشد، جداره سازگار محسوب می‌گردد. وجود کاربری های کاملاً ناسازگار می تواند عملکرد معبر را به کلی مختل نماید (کاربری های خطر ساز، مانند کاربری های آتش زا، در این دسته قرار دارند). بنابراین، در صورت وجود چنین کاربری هایی در جداره، بدون در نظر گرفتن درصد مساحت، کاربری های جداره ناسازگار در نظر گرفته می شود و عدد چهار به آن تعلق می گیرد.

شیب معبر:

جدول ۸- روش امتیاز دهی آسیب پذیری بر اساس شیب معبر.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s7}
٪۰<شیب معبر<٪۵	۰
٪۵<شیب معبر<٪۱۰	۲
شیب معبر>٪۱۰	٤

موقعیت و ویژگی های زیر ساخت ها و تاسیسات شهری

با توجه به مشکل کمبود اطلاعات دقیق در خصوص ساختار شبکه های زیرساختی، با استفاده از مشاهدات میدانی و براساس جدول ۹، میزان آسیب پذیری هر معبر تحت اثر معیار مورد نظر، تخمین زده شد. سپس با محاسبه میانگین عدد آسیب پذیری هر معبر تحت اثر آسیب پذیری شبکهٔ آبرسانی، برق و گازرسانی، عدد آسیب پذیری نهایی هر معبر محاسبه می گردد.

زوایای داخلی معبر: رعایت اضافه عرض در قوس‌ها و پیچ‌ها می‌تواند موجب سهولت حرکت در معبر و کاهش مشکلات ناشی از وجود قوس و زوایای شکسته در معبر گردد. براساس مطالعات صورت گرفته، ضابطه فوق در هیچ یک از معابر محدودهٔ مطالعاتی مد نظر قرار نگرفته اند. لذا، جدول زیر مبنای محاسبهٔ عدد آسیب پذیری قرار دارد.

جدول ۱۰- روش امتیازدهی آسیب پذیری بر اساس زوایای داخلی معبر.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s9}
۱۵<زاویه داخلی معبر<۰	۰
٤۵<زاویه داخلی معبر<۱۵	۱
۹۰<زاویه داخلی معبر<۴۵	۲
۱۳۵<زاویه داخلی معبر<۹۰	۳
۱۸۰<زاویه داخلی معبر<۱۳۵	٤

جمعیت استفاده کننده از معبر

از آنجایی که اطلاعات مربوط به جمعیت به تفکیک محله و معبر موجود نیست، با در دست داشتن جمعیت کل منطقه و با توجه به بُعد خانوار ۳/٤ محاسبه شده برای منطقه ۹، با استفاده از یک عنصر واسط (تعداد طبقات)، درصدی از جمعیت به هر قطعه نسبت داده می شود. با جمع درصدهای مربوط به قطعات موجود در جداره هر معبر، تخمینی نسبی از جمعیت ثابت مرتبط با هر معبر محاسبه می گردد. در نهایت، با مقایسه جمعیت مرتبط با معبر با جداول پیشنهادی موجود در متون مرتبط، در صورت تناسبِ جمعیت، عدد صفر و در غیر اینصورت، عدد آسیب پذیری چهار به معبر تخصیص داده می شود (تصویر۵). با روی‌هم‌گذاری لایه‌های آسیب پذیری و در نظر گرفتن میزان اهمیت (وزن) محاسبه شدهٔ هر معیار از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، میزان آسیب پذیری لرزه ای نهایی معبر محاسبه می‌گردد.

(فرمول٤)

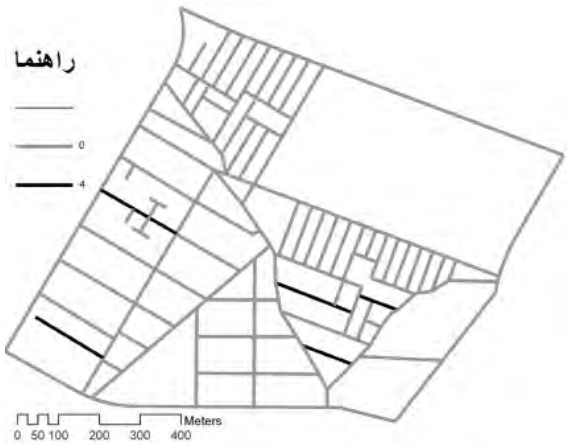
$$V_{TOTAL} = w_{s1} v_{s1} + w_{s2} v_{s2} + \ldots + w_{s10} v_{s10}$$

در رابطه فوق، w_{s1} وزن نسبی (میزان اثر گذاری در آسیب پذیری معبر) هر شاخص می باشد که با استفاده از فرآیند تحلیل

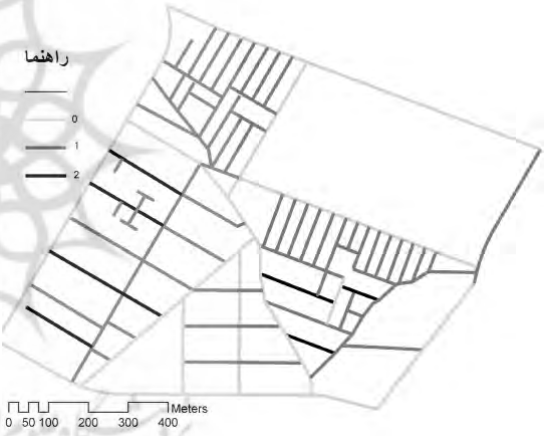
جدول ۹- معیارها و نحوهٔ محاسبهٔ آسیب پذیری شریان های حیاتی.

نوع شبکه	معیارهای تعیین آسیب پذیری و امتیاز های متناسب با سطح آسیب پذیری					
برق	نوع تیرهای برق منطقه v_{11}		ارتفاع سیم های توزیع برق خدمتگی v_{12}		نوع همجواری شبکه با درختان v_{13}	
	چوبی =٤	بتنی =۰	مناسب=۰	نامناسب =٤	متداخل=٤	عدم تداخل =۰
آب	وجود یا عدم وجود شبکه شیرهای قطع جریان آب در معبر و درجه های کنترل v_w					
	وجود شیر قطع جریان=۰		عدم وجود شیر قطع و وصل جریان=٤			
گاز	میزان پایداری و استحکام تاسیسات انشعاب خانگی و مکان قرار گیری و کیفیت رگلاتورهای شبکه گاز v_g					
	مطلوب=۰		نا مطلوب=٤			

سلسله مراتبی، محاسبه می گردد. v_{s1} آسیب پذیری معبر ناشی از بررسی وضعیت هر معیار پژوهش در معبر مذکور می باشد و V_{TOTAL} آسیب پذیری نهایی هر معبر است. براساس نتایج فوق، نقشه آسیب پذیری نهایی معابر محله کارمندان مطابق تصویره تهیه‌گردید.



تصویر۴- نقشه آسیب پذیری بر اساس جمعیت مرتبط با معبر.



تصویر۵- نقشه آسیب پذیری نهایی معابر محدوده‌ء مطالعاتی.

تحلیل و تفسیر داده های آسیب‌پذیریِ معابر محدودهَ مطالعاتی

بررسی همبستگی میان معیارها: بررسی رابطهٔ همبستگی میان معیارها به معنی کشف رابطه علی میان معیارها نمی باشد. یکی از اهداف بررسی ارتباط میان معیارها را می توان بررسی همسویی تغییرات مربوط به معیارها دانست. ازآنجایی که هدف این پژوهش، دستیابی به نتایجی با قابلیت تعمیم برای سایر مناطق لرزه خیز است، قضاوت مذکور بسیار حساس و با اهمیت می‌گردد. بنابراین، قبل از انجام تحلیل های آماری، معنادار بودن همبستگی میان معیارها با ارجاع به متون نظری بررسی شد و سپس، وجود رابطهٔ همبستگی برای معیارهایی که همبستگی متقابل آنها از نظر متون نظری معنادار است، بررسی گردید. با توجه به حجم جامعه آماری (۸۰ نمونه) برای محاسبهٔ همبستگی، می‌توان توزیع داده ها را نرمال فرض کرد. با فرض فوق، از روش همبستگی پیرسون استفاده شد (حافظ نیا،۱۳۷۹،۲۷۹). برای محاسبه میزان همبستگی، امتیاز نهایی آسیب پذیری معبر تحت اثر هر معیار مدنظر قرار دارد و بررسی همبستگی میان دو معیار از بررسی همبستگی میان امتیاز آسیب پذیری معابر تحت اثر معیارهای مذکور محاسبه می‌گردد. برای انجام محاسبات مورد نیاز، داده‌های امتیاز آسیب‌پذیری از طریق فایل GIS به برنامهٔ Excel وارد و میزان همبستگی محاسبه گردید (ر.ک همافر، ۱۳۹۰، ۱۵۸-۱۵٤). نتایج محاسبات برای معیارهای دارای همبستگی در جدول زیر منعکس گردیده است. همبستگی مستقیم به معنی افزایش همزمان میزان آسیب پذیری، و همبستگی معکوس به معنی کاهش عدد آسیب پذیری تحت اثر یک معیار با افزایش عدد آسیب پذیری تحت اثر معیار دیگر است.

جدول۱۱- نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای تشخیص نوع همبستگی بین معیارهای آسیب پذیری برای محلهٔ کارمندان.

نوع همبستگی	$r_{x,y}$	معیار	معیار
مستقیم	۰/۷	محصوریت	دسترسی
معکوس	۰/۸٦	محصوریت	کیفیت ابنیه
مستقیم	۰/۲۷۷	محصوریت	جمعیت
معکوس	۰/۳	زوایای داخلی	نوع معبر
مستقیم	۰/۲۱	وضعیت زیرساخت ها	کیفیت ابنیه
مستقیم	۰/۲٦٥	وضعیت زیرساخت ها	جمعیت مرتبط
مستقیم	۰/۳۳	وضعیت زیرساخت ها	نوع معبر

با توجه به داده های منعکس شده در جدول ۱۱، با افزایش محصوریت در جداره معابر، عموماً کیفیت ابنیه بهبود یافته است. علت اصلی این امر را می توان در بهبود کیفیت ساخت سازه های مرتفع تر که عموماً جدید الاحداث هستند، جستجو کرد. درخصوص وضعیت زیرساخت های شهری، به نظر می‌رسد کیفیت ساخت، طرح انشعابات، چیدمان و همجواری زیر ساخت ها، عموماً در خیابان‌های اصلی و محلی که جمعیت استفاده کننده بیشتری را پوشش می دهند، مطلوب تر است. عدم توجه به استانداردهای طراحی و اجرای انشعابات غیراستاندارد، عموماً متعلق به معابر فرعی می باشد. این امر لزوم قرار گیری این نوع از معابر را در اولویت اقدام برای بهسازی زیر ساخت ها نشان می دهد.

آنچه تشریح کننده رابطه همبستگی میان محصوریت و جمعیت می باشد، وجود عنصر واسطِ ارتفاع ابنیه است. عموماً افزایش ارتفاع، افزایش تعداد طبقات و افزایش تعداد واحدهای مسکونی، و در اغلب موارد افزایش تعداد ساکنین را به دنبال دارد. بنابراین، به نظر می رسد، بطور ضمنی بین دو معیار محصوریت و جمعیت استفاده کننده از معبر، رابطه معنی داری در بافت مذکور وجود دارد. با توجه به همبستگیِ درونیِ موجود بین معیارهای آسیب‌پذیری (هر چند در برخی موارد نتایج نشان از همبستگی ضعیف میان معیارها دارد) و همپوشانی داده های مربوط به

معیارها، تعیین حدآستانه برای معیارهای آسیب پذیری مقدور نیست. به عنوان مثال، با توجه به تاثیر کیفیت ابنیه جداره بر احتمال انسداد معبر، تعیین نسبت ارتفاع به عرض معبر (میزان محصوریت) وابسته به کیفیت ابنیه جداره معبر است. وضعیت مشابه برای معیارِ نوع معبر با تراکم جمعیتی و احتمال انسداد معبر وجود دارد. به دلیل عدم امکان تدقیق و یکپارچه سازی اعداد مذکور، تعیین استانداردهایی با قابلیت تَسَری به سایر مناطق زلزله‌خیز، امکان پذیر نیست. بررسی نقشه‌های آسیب‌پذیری، نشان می‌دهد کمبود برنامه های مدون در راستای بهبود کالبدی فضاهای عمومی شهری (از جمله معابر شهری) و عدم تناسب میان قوانین حداکثر ارتفاع و تراکم مجاز با ضوابط و معیارهای آسیب پذیری لرزه ای مشهود است.

نتیجه

در این پژوهش، معیارهای آسیب پذیری لرزه ای معابر از زاویه و نگاه شهرسازی به مسئله زمین لرزه از متون مرتبط استخراج و در ۱۰ معیار کلی خلاصه و تدقیق گردید. تعیین اهمیت نسبی (وزن) معیارها به کمک فرآیند سلسله مراتبی AHP نشان داد که جمعیت مرتبط با معبر، موقعیت و ویژگی‌های زیرساخت های شهری و شیب معبر به ترتیب با وزن نسبیِ ۰/۲۴۶، ۰/۱۷۲ و ۰/۱۱۷ بیشترین اهمیت را دارند. معیارهایِ دسترسی و کیفیت کف معبر به ترتیب با وزن نسبیِ ۰/۰۲۴ و ۰/۰۴۷ از کمترین اهمیت در تعیین سطح آسیب‌پذیریِ معبر برخوردار هستند. نقشه‌های آسیب‌پذیری محدوده نشان داد که دلایل عمده آسیب پذیری معابر، کیفیت نامطلوب کف سازی، آسیب پذیری بالای ابنیه جداره و محصوریت بالای معبر است. این امر بر لزوم بازنگری قوانین و ضوابط تعیین تراکم و حداکثر ارتفاع ساختمانی (با در نظر گرفتن عرض معابر مجاور)، تاکید بیش از پیش بر کیفیت ساخت و سازهای شهری، و بازبینی قوانین تفکیک (کیفیت ابنیه و اندازه قطعات دو عامل مهم در بالا رفتن آسیب پذیری نهایی ابنیه) دلالت دارد.

همبستگی قوی میانِ اعداد آسیب‌پذیری نهاییِ معیارهایی نظیر محصوریت معبر و دسترسی (میزان همبستگی برابر ۰/۷)، محصوریت معبر و کیفیت ابنیه (میزان همبستگی برابر ۰/۸۶) نشان از همپوشانی داده‌های مربوط به معیارها و تاثیر توامان معیارهای مذکور بر میزان آسیب پذیری نهایی معبر دارد. این امر، تعیین حد آستانه آسیب پذیری را برای معیارها بطور منفرد مقدور نمی سازد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آسیب پذیری لرزه‌ای معابر شهری، معلول یک معیارِ آسیب پذیری خاص نیست. بلکه، برآیند مجموعه‌ای از عوامل و معیارها است که در کنار هم، تحلیل آسیب پذیری لرزه‌ای معابر را فراهم می‌سازند. مدل ارزیابی پیشنهادی این پژوهش، با توجه به تحلیل توامان معیارها در ارزیابی آسیب پذیری معبر، تنوع معیارهای انتخابی و تشابهات کالبدیِ معابر شهری در اکثر نقاط کشور، می تواند از کارآیی و مطلوبیت لازم برخوردار و قابل کاربرد برای سایر مناطق شهری باشد. از کاربردهای مدل مذکور، می توان به ارزیابی آسیب پذیریِ معابرِ بافت های موجود شهری با هدف تعیین اولویت‌های اقدام در راستای اقدامات پیشگیری از وقوع بحران، و نیز در ارزیابی های قبل از اجرایِ طرح های توسعه مناطق جدید شهری با هدف تعیین ضوابط تراکم جمعیتی و ساختمانی، قوانین کنترل حداکثر ارتفاع ابنیه و الگوی کاربری زمین اشاره کرد.

فهرست منابع

امینی، الهام؛ فرح حبیب و غلام حسین مجتهدزاده (۱۳۸۹)، برنامه ریزی کاربری زمین و مدیریت بحران زمین لرزه، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۳، صصص ۱۷۴-۱۶۱.

بحرینی، سیدحسین (۱۳۷۵)، برنامه ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله خیز نمونه شهرهای منجیل، لوشان، رودبار، انتشارات بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران.

پورکرمانی، محسن و مهرآرین (۱۳۷۷)، لرزه خیزی ایران، انتشارات دانشگاه‌شهیدبهشتی،تهران.

جدلی، هلن (۱۳۷۵)، پایداری مراکز زیستی در برابر خطرات زلزله، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، جلد دوم، تهران، صص ۱۶۰۴-۱۵۹۷.

حافظ نیا، محمدرضا (۱۳۷۹)، مقدمه ای برروش تحقیق در علوم انسانی، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.

حائری، سیدمحسن و گتمیری، بهروز (۱۳۷۵)، گزارش نقشه های هم شتاب گسترده تهران و پیرامون آن، بنیاد مسکن و انقلاب اسلامی، تهران.

حبیب، فرح (۱۳۷۱)، نقش فرم شهر در کاهش خطرات ناشی از زلزله، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش اول زلزله، تهران، صص ۱۶۱۷-۱۶۰۷.

حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱)، ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب پذیری مسکن از سوانح طبیعی، مجموعه مقالات سمینارهای توسعه مسکن در ایران، تهران، صص ۲۲۴-۲۱۰.

درابک، توماس (۱۳۸۳)، مدیریت بحران اصول و راهنمای عملی برای دولت های محلی، ترجمه توسط مرکز مطالعات و برنامه ریزی شهر تهران، شرکت پردازش و برنامه ریزی، تهران.

روستا، مجید (۱۳۸۹)، شهر و زمین لرزه، گردآوری اعظم خاتم، انتشارات آگاه، تهران.

زبردست، اسفندیار (۱۳۸۰)، کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه ریزی شهری، مجله علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۱۰، صص۲۱-۱۳.

زبردست، اسفندیار؛ محمدی، عسل (۱۳۸٤)، مکان یابی مراکز امداد رسانی با استفاده ازGIS و روش ارزیابی چندمعیاره AHP، مجله علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۲۱، صص ۱٦-٥.

سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۷۱)، پژوهش و بررسی نوزمین ساخت لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه در قزوین بزرگ، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، تهران.

عبدالهی، مجید (۱۳۸۰)، مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری ها و دهیاری های کشور، تهران.

عزیزی، محمدمهدی؛ اکبری،علیرضا (۱۳۸۷)، ملاحظات شهرسازی درسنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله، مجله علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۳٤، صص۳٦-۲٥.

عزیزی، محمدمهدی (۱۳۸۳)، نقش شهرسازی در کاهش آسیب های زلزله تجربه بم، گزارش نهایی طرح پژوهشی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، تهران.

کاظمی، مصطفی؛زارعی، بهروز (۱۳۷٤)، ارزیابی شبکه ارتباطی شهر رشت با هدف کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، صص ۱٦٤۱-۱٦۲۷.

کرمی، امیر (۱۳۸۰)، بهسازی و برنامه ریزی کالبدی معابر شهری به منظور کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله، پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشکده هنر دانشگاه تربیت مدرس.

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن (۱۳۸۷)، آیین نامه طراحی ساختمان‌هادر برابر زلزله ۲۸۰۰،ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان مسکن، تهران.

مرکزمقابله با سوانح طبیعی ایران (۱۳۷۲)، طراحی شهری در مناطق زلزله خیز، طرح بسیج فنی کشور برای مقابله با آثار زلزله، بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، تهران.

مهندسین مشاور باوند(۱۳۸۸)، بازنگری طرح تفصیلی شهر کرج بخش ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری، سازمان مسکن و شهرسازی استان تهران، تهران.

ناطق الهی، فریبرز (۱۳۷٤)، شناخت بحران و مدیریت آن، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله،موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، صص ۷٤۳-۷۰۹.

هادیزاده بزاز، مریم (۱۳۸٦)، مدیریت بحران و کاهش آسیب پذیری در برابر بلایای طبیعی، انتشارات آذربرزین، تهران.

همافر، میلاد (۱۳۹۰)، تحلیل آسیب پذیری لرزه ای معابر شهری و تبیین نقش آن در مدیریت بحران، پایان نامه کارشناسی ارشد برنامه ریزی شهری و منطقه ای، پردیس بین المللی کیش دانشگاه تهران.

Anands,.Arya and Ankash agarwal (2005), "Guidelines on provision of hazard safety aspects in projects eligible for jnnurm assistance", *UNDP DISASTER RISK MANAGEMENT PROGRAMME*, NEW DEHLI, 1-19.

Central u.s earthquake consortium (2000), *Earthquake vulnerability of transportation system in the central united states*, compiled by the Central u.s earthquake consortium.

Japan International Cooperation Agency (JICA) (2000),*the study on seismic micro zoning of the greater Tehran area in the Islamic Republic of Iran*, main report.

Kameda, Hiroyuki (2000), "Engineering management of lifeline system under earthquake risk" .in: *proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering,* new Zealand society for earthquake Engineering Tupper hutt, 2827-2844.

www.karaj.ir

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی