

آسیب شناسی لرزه‌های معابر شهری* (مطالعه موردی: محله کارمندان، کرج)

محمد مهدی عزیزی**، میلاد همافر^۲

^۱ استاد دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

^۲ 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 آسیب پذیری هر یک از عناصر کالبدی شهر است. در این راستا، آسیب شناسی لرزه‌های 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 آماری مرتبط و AHP و نیز استفاده از GIS، مدلی بسط پذیر را برای تعیین آسیب پذیری لرزه‌های معابر شهری ارائه کند. برای تدقیق پیشنهادات یاد شده، محله کارمندان واقع در شهر کرج به عنوان مطالعه موردی مورد ارزیابی قرار گرفته است. براساس نتایج تحلیل سلسله مراتبی، از میان ۱۰ معیار آسیب پذیری منتخب پژوهش، معیارهای 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 آسیب پذیری 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 لرزه‌های معابر شهری، معلول یک معیار نبوده و برآیند مجموعه‌ای از عوامل می‌باشد. برای تعیین آسیب پذیری لرزه‌ای، ضروری است از روش‌های تحلیلی مبتنی بر تحلیل توامان معیارها سود جست که این امر نشان دهنده مطلوبیت و کارایی مدل ارزیابی پیشنهادی پژوهش حاضر می‌باشد.

واژه‌های 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 لرزه‌ای 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 بین المللی کیش دانشگاه تهران انجام شده است.

**نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۶۱۳۴، نمابر: ۰۲۱-۶۶۴۶۱۰۴، E-mail: mmazizi@ut.ac.ir

مقدمه

Choice، میزان اهمیت (وزن) هر معیار تعیین شده، و با استفاده از GIS، نقشه 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 محدوده با خطر لرزه خیزی بالا، نزدیکی به گسل های مهم فعال و با سابقه لرزه خیزی بالا، الگوی بافت از پیش طراحی شده این محدوده (تجربه شهرسازی)، و قرارگیری در مجاورت خیابان های مهم و اصلی شبکه ارتباطی شهر کرج بوده است.

تاکنون عمده تلاش های صورت گرفته در راستای کاهش آسیب های ناشی از وقوع زمین لرزه، محدود به برنامه های مقاوم سازی ساختمان ها بوده است. در حالیکه، ایمن سازی جامع شهر، در ارتباط با شناخت کامل و دقیق از عناصر تشکیل دهنده 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 تدقیق زیرمعیارها، با استفاده از روش AHP و به کمک نرم افزار Expert

چارچوب نظری و روش تحقیق

۲۱۷،۱۳۷۱؛ عزیزی و اکبری، ۲۷، ۱۳۷۸؛ پورکرمانی و مهرآرین، ۱۱۷، ۱۳۷۷؛ و Kameda, 2000, 2829).

در این میان، آسیب پذیری شبکه ارتباطی به عنوان یکی از عناصر کلیدی کالبد 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، مطلوبیت 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 متأثر از ظرفیت و ایمنی معابر تغذیه کننده می باشد، قابل ارائه است. از سوی دیگر، شبکه ارتباطی در نحوه 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 می توان 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

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، ۲۹، ۱۳۸۶). از این رو، برنامه ریزی با هدف مدیریت بحران و تخمین ریسک زمین لرزه همواره یکی از دغدغه های اصلی برنامه ریزان و مدیران شهری در مناطق لرزه خیز بوده است. مدیریت بحران، علمی است کاربردی که با مشاهده سیستماتیک بحران ها 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، ۷۱۱، ۱۳۷۴). اقدامات مدیریت بحران را می توان در سه بخش ۱- پیشگیری، ۲- واکنش و ۳- بازسازی خلاصه کرد (دراک، ۱۹۰، ۱۳۸۳). 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 آسیب پذیری سرمایه ها و با هدف کاهش ریسک زمین لرزه مورد توجه قرار می گیرد. در این رهیافت، توجه به آسیب پذیری کالبدی شهر به عنوان مشهودترین شکل آسیب پذیری 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، نحوه همجواری و مکان یابی تاسیسات و زیرساخت های شهری، و شبکه ارتباطی را می توان به عنوان اثرگذارترین عوامل مدنظر قرار داد (ر. ک: امینی، حبیب، مجتهدزاده، ۱۳۸۹، ۱۸۶؛ حمیدی،

شاخص‌های موثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شبکه ارتباطی و معابر شهری است. تا کنون، پژوهش‌های مختلف، رویکردهای مختلفی را در مواجهه با آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی اتخاذ نموده‌اند. بطور کلی، دو رویکرد عمده در مواجهه با مسئله آسیب‌پذیری شبکه معابر در پژوهش‌های مذکور قابل تشخیص می‌باشد ۱- معبر، به عنوان یکی از ویژگی‌های کالبدی تعیین‌کننده آسیب‌پذیری 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

زیرگذرها و خارج از ساختمان‌ها، صدمه دیده و یا کشته می‌شوند و بدین ترتیب، آسیب‌پذیری معابر، در بالابردن میزان آسیب‌پذیری نقش موثری بر عهده دارد. در مرحله بازگرداندن شهر به حالت عادی، شبکه ارتباطی نقش کلیدی در سفرهای بین محل کار و سکونت و حمل‌ونقل کالا و تسریع عملیات عادی سازی بردوش 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 تدوین معیارها و

جدول ۱- معیارهای آسیب‌پذیری معابر، منتخب پژوهش حاضر.

معیار	نحوه اثر گذاری و نقش معیار در آسیب‌پذیری معبر	ماخذ
سلسله مراتب دسترسی	رعایت سلسله مراتب دسترسی از بالاترین مقیاس (شهر) تا دسترسی به واحدهای ساختمانی و وجود دسترسی‌های متعدد در تعیین میزان آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی بسیار اثر گذار می‌باشد.	بحرینی، ۲۰۱۰، ۱۳۷۵؛ عزیزی، ۲۰۱۳، ۱۳۸۳؛ کاظمی و زارعی، ۱۳۷۴، ۱۳۳۶
نسبت ارتفاع جداره معبر به عرض معبر	هر چه این نسبت کمتر باشد، میزان آسیب‌پذیری معبر کمتر است.	عزیزی و اکبری، ۲۷، ۱۳۸۷؛ حبیبی، ۱۶۱۲، ۱۳۷۱، کاظمی و زارعی، ۲۰۲، ۱۳۷۵، ۱۳۷۴، ۱۳۳۶، بحرینی،
کیفیت ساختمان‌ها و ابنیه جداره معبر	هر چه ابنیه جداره معبر پایدار تر باشد، 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 آسیب‌پذیری معبر کاهش می‌یابد.	عبداللهی، ۷۷، ۱۳۸۰، روستا، ۲۰۲، ۱۳۷۵، ۱۳۸۹، ۱۴۱، بحرینی،
نوع معبر (بن بست یا بن باز بودن معبر)	معیار بن بست، به دلیل دسترسی یکسویه، از احتمال انسداد بیشتری برخوردار می‌باشد.	بحرینی، ۲۰۱۰، ۱۳۷۵؛ کاظمی و زارعی، ۱۴۲، ۱۳۸۹، ۱۳۷۴، ۱۳۳۶، روستا،
جنس مصالح و وضعیت کف معبر	این عامل در روانی و سرعت حرکت در زمان بحرانی اثر گذار است از سوی دیگر، وضعیت بستر می‌تواند منشا حوادث و خطرات متعدد برای استفاده کنندگان در زمان فرار باشد.	جدلی، ۱۶۰۳، ۱۳۷۵؛ ۱۶، ۱۳۸۰، کریمی، ۴۵، ۱۳۸۰، Anands, 2005,9
کاربری‌های موجود در جداره معبر	کاربری‌ها از نظر جمعیت‌پذیری و سازگاری با هم متفاوت می‌باشند. مطلوبیت سطح سرویس معبر تا حد زیادی وابسته به جمعیت‌پذیری کاربری‌ها در زمان بحرانی می‌باشد. از سوی دیگر، عدم سازگاری کاربری‌ها می‌تواند منشا حوادث ثانویه در جداره و در نهایت موجب انسداد معبر گردد.	عبداللهی، ۸۲، ۱۳۸۰، روستا، ۲۴۸، ۱۳۷۵، ۱۳۸۹، ۱۴۳، بحرینی، جدلی، ۱۶۰۳، ۱۳۷۵
شیب معابر	هر چه شیب معبر کمتر باشد، امکان ترده در آن بیشتر و آسیب‌پذیری کمتر است.	بحرینی، ۲۳۹، ۱۳۷۵؛ عزیزی، ۱۴۹، ۱۳۸۹، ۲۱، ۱۳۸۳، روستا،
موقعیت و ویژگی‌های تاسیسات شهری	محل قرار گیری، چیدمان و میزان تداخل سیستم‌های زیر بنایی در سطح عملکرد و ایمنی استفاده از معبر اثرگذار است. نقص عملکرد در هر یک از شبکه‌های زیر بنایی، می‌تواند عاملی در وقوع حوادث ثانویه در معبر باشد.	بحرینی، ۱۲۰۵، 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 مشکل‌تر است. از سوی دیگر، امکان عبور وسایل نقلیه امدادی و آتش‌نشانی مشکل‌تر می‌گردد.	بحرینی، ۲۰۱۰، 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 می‌باشد. بنابراین، افزایش جمعیت استفاده‌کننده از معبر موجب افزایش درجه آسیب‌پذیری معبر می‌گردد.	بحرینی، ۲۳۸، ۱۳۷۵؛ روستا، ۱۶۰۳، ۱۳۷۵، جدلی، ۱۴۷، ۱۳۸۹

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 آسیب پذیری 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 صرف نظر 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 تدقیق نحوه برآورد میزان آسیب پذیری ناشی از هر معیار و زیر معیار، میزان آسیب پذیری معابر محدوده مورد مطالعه محاسبه شده و در راستای سنجش آسیب پذیری لرزه ای معابر شهری ارائه می گردد. ساختار و فرآیند کلی مدل پیشنهادی این پژوهش، در راستای ارزیابی آسیب پذیری لرزه ای معابر در قالب نمودار ۲ آمده است.

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

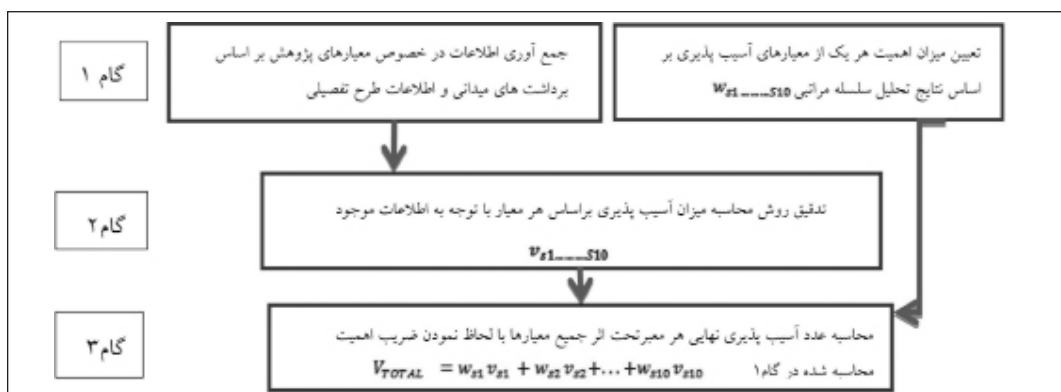
پژوهش حاضر تلاش دارد آسیب پذیری معابر شهری را به عنوان یک عنصر مستقل کالبدی شهر مورد ارزیابی قرار داده و در این راستا، سایر مشخصه های کالبدی شهر، از کوچکترین جزء (پلاک ساختمانی) تا ویژگی های غیر کالبدی (مانند جمعیت استفاده کننده از معبر) در رابطه با نحوه اثرگذاری بر عملکرد معبر مورد نظر قرار می گیرد. از آنجایی که آسیب پذیری کالبدی شبکه ارتباطی، می تواند برآیند آسیب پذیری عناصر تشکیل دهنده شبکه از جمله معابر شهری باشد، تعیین معیارها و شاخص هایی برای تعیین سطح آسیب پذیری معبر، یکی از اهداف اصلی پژوهش حاضر است. با توجه به رویکرد و مقیاس پژوهش و ویژگی های محدوده مورد مطالعه، از میان معیارهای متعدد ارائه شده در پژوهش های مشابه، ۱۰ معیار مندرج در جدول ۱ و به دلیل اتفاق نظر غالب پژوهش ها در نقش کلیدی

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

معیار	وزن نهایی
دسترسی	۰/۰۲۴
محصولیت 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 نامازگاری محاسبه شده ۰/۰۸	



نمودار ۱- ساختار سلسله مراتبی تحقیق حاضر.

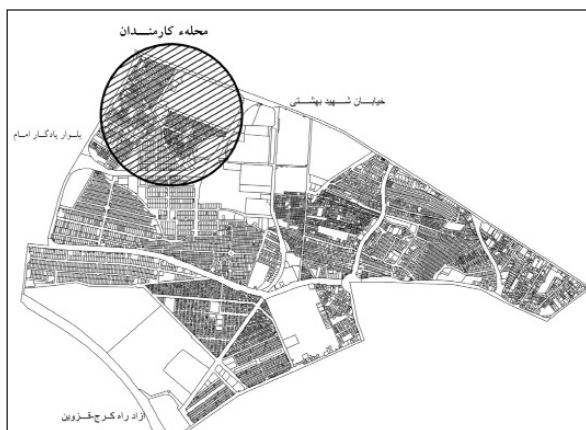


نمودار ۲- ساختار کلی مدل ارزیابی آسیب پذیری نهایی معبر.

و تدوین دستورالعمل‌هایی با هدف کاهش سطح آسیب پذیری معابر محلی دلالت دارد. بررسی کارآیی و سطح آسیب‌پذیری شبکه معابر محله کارمندان حائز اهمیت است. از دلایل این امر می‌توان همجواری 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 سوی دیگر، به دلیل بافت از پیش اندیشیده‌شده آن (امکان تخمین آسیب‌پذیری شبکه معابر سایر محلات با بافت مشابه و بکارگیری نتایج پژوهش به ویژه در زمینه تأثیر سایر تصمیمات کالبدی بر سطح آسیب‌پذیری شبکه معابر در طراحی شبکه معابر محلات جدید) اشاره کرد.

خصوصیات کالبدی محله کارمندان از دیدگاه آسیب‌پذیری 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 قدمت کم محله، کیفیت عموم ابنیه مطلوب به نظر می‌رسد. حداکثر تعداد طبقات در اغلب مناطق، چهار طبقه و سطح اشغال ۶۰ درصد است. شکل شبکه ارتباطی در مقیاس محله کارمندان با پیروی از ساختار کلی شبکه ارتباطی در منطقه ۹، نزدیک به ساختار شطرنجی بوده و از نکات حائز اهمیت این الگو در رابطه با آسیب‌پذیری لرزه‌ای، 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 می‌گردد، اما با توجه به طول زیاد معابر شبکه، امکان دسترسی به موقع به فضاهای باز برای پناه‌گیری اولیه، قابل تردید است.



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

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

محله کارمندان شهر کرج، به عنوان محدوده مورد مطالعه

محله 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 محدوده با خطر لرزه ای نسبی خیلی زیاد قرار دارد (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۷، ۷۹). عامل اصلی این پتانسیل بالای لرزه خیزی، مجاورت با گسل های با پتانسیل لرزه زایی 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 ایک (عامل اصلی رخداد زمین لرزه بوئین زهرا)، گسل جاجرود و چندین گسل فعال کوچک دیگر می باشد (پورکرمانی، محسن و مهرآرین، ۱۳۷۷، ۴۴-۱۰۸). 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 دوره 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 فوق الذکر، 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 می‌رسد.

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 کاربری‌های امدادی در دل خود پس از وقوع زمین لرزه، با تقاضای سفر بالایی روبرو خواهد شد. این منطقه توسط خیابان‌های اصلی و پُرترددی 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 ۳/۴ تخمین زده شده است (سرشماری سال ۱۳۸۵). وسعت محدوده در حدود ۶۰۰ هکتار و مساحت معابر آن ۲۰۰۰۰۰ متر مربع است (www.karaj.ir).

به دلایل مختلف، کارآیی و مطلوبیت عملکرد شبکه معابر در سطح محله در راستای کاهش تلفات و خسارات جانی از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله این دلایل، می‌توان به کمبود فضاهای باز در سطح تقسیمات خرد کالبدی (در سطح محله و واحد همسایگی)، قرارگیری کاربری‌های درمانی در بافت‌های ارگانیک آسیب پذیر، تغذیه کاربری‌های یادشده توسط معابر تنگ و آسیب پذیر، و عدم پیش‌بینی مراکز آتش‌نشانی 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

معابر و ... از طریق مطالعه اسناد طرح تفصیلی، جمع آوری، سپس با بازبینی میدانی تکمیل و به هنگام گردید. پیش از آماده‌سازی اطلاعات برای ورود به GIS، تدقیق نحوه محاسبه میزان آسیب پذیری بر اساس هر معیار در راستای تبدیل و جمع‌آوری اطلاعات در قالب اطلاعات کاربردی و با هدف فراهم آوری امکان تخصیص عدد آسیب پذیری به هر معیار، امری ضروری است. نحوه 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 بر اساس 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 محدوده 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 می‌گیرد.

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

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s1}
متناسب است	۰
متناسب نیست	۴

نسبت ارتفاع به عرض معبر: بر اساس موقعیت قرار گیری معبر، دو شیوه جداگانه برای محاسبه میزان آسیب پذیری ناشی از محصوریت معبر در نظر گرفته شد. معابر شرقی- غربی: بلوک‌ها به صورت شمالی- جنوبی قرار دارند.

$$D = \frac{(zb + 0.5a)}{c - 3} \quad (\text{فرمول ۱})$$

نسبت سطح ساخته شده به کل قطعه $0 \leq z < 0.5$

نسبت سطح ساخته شده به کل قطعه $0.5 < z < 0.75$

معابر شمالی- جنوبی: بلوک‌ها شرقی- غربی هستند

$$D = \frac{0.5(a+b)}{c-3} \quad (\text{فرمول ۲})$$

در روابط فوق، a و b به ترتیب ارتفاع جداره شمالی و جنوبی و c عرض معبر هستند. مشاهدات مختلف نشان می‌دهد، در اکثر موارد بحرانی، حدوداً نیمی از ساختمان در جای خود فرو خواهد ریخت. بنابراین، ضریب ۰/۵ برای ارتفاع جداره‌ها در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه پس از وقوع زمین لرزه باید امکان تردد و 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 جداره‌ها

نامطلوب و خطر آفرین جداول روباز عمیق حاشیه پیاده روها، می‌تواند 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 می‌رسد در جانمایی برخی از کاربری‌های عمومی، از جمله کاربری‌های مذهبی، ضابطه مذکور مد نظر قرار نگرفته است. این امر در زمان فرار و امداد رسانی می‌تواند 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 نحوه استفاده از زمین در سطح محله کارمندان باشد. به نظر می‌رسد، ساختار شطرنجی و استاندارد شده شبکه ارتباطی در سطح منطقه و محله، پاسخگوی شرایط بحرانی می‌باشد. 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 تراکم‌های مجاز ساختمانی و ضوابط جلو آمدگی ابنیه)، عدم توجه به ارتباط دوسویه میان عملکرد شبکه ارتباطی و کاربری 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 می‌تواند منجر به کاهش آسیب پذیری لرزه‌ای منطقه ۹ در برابر زمین لرزه گردد.

ارزیابی آسیب پذیری معابر محله کارمندان

برآیند مطالعات و بررسی‌های قبل، لزوم تهیه نقشه آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابر را در مقیاس طرح تفصیلی و بر اساس هر یک از معیارهای بیان شده مطرح می‌کند. 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 جداره



تصویر ۳- نقشه آسیب پذیری به دست آمده بر اساس سطح آسیب پذیری ابنیه جداره معبر.

نوع معبر: با توجه به رابطه 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 محاسبه امتیاز آسیب پذیری قرار گرفت.

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

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

جنس مصالح و وضعیت کف معبر: بر اساس

بازدیدهای میدانی از معابر محدوده، اطلاعات مربوط به کیفیت کف، از جمله 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 ۴ و در غیر اینصورت، عدد ۰ به معبر مذکور اختصاص داده شد.

کاربری های موجود در جداره معبر: متون نظری

مرتبط، ماتریس هایی برای تعیین میزان سازگاری 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 محدوده های مسکونی با تراکم کم و متوسط بی تفاوت فرض می گردد و با مناطق مسکونی با تراکم زیاد نسبتاً ناسازگار. وجود صنایع (غیر از صنایع دستی) در بافت های مسکونی، به دلیل احتمال انفجار، آتش سوزی و ...، با کاربری مسکونی ناسازگار می باشد. بنابراین، بر اساس نوع فعالیت در خصوص کاربری های

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 بر اساس محصوریت معبر.

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری v_{s2}
0=D	۰
$0 < D \leq 1.2$	۰
$D > 1.2$	۴

کیفیت ابنیه جداره معبر: مطالعه متون و پژوهش های

انجام شده در زمینه آسیب پذیری ابنیه نشان از تعدد معیارهای موثر در تعیین میزان آسیب پذیری ابنیه دارد. با توجه به اطلاعات موجود در محدوده 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 ابنیه جداره هر معبر تحت اثر هر معیار محاسبه و باروی هم گذاری 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)
V_q کیفیت بنا	$W_q 0/4$
V_{fm} مصالح نما	$W_{fm} 0/61$
V_f تعداد طبقات	$W_f 0/263$
V_s مساحت قطعات تفکیکی	$W_s 0/178$
V_{non} تعداد همسایگی ها	$W_{non} 0/097$

(نرخ ناسازگاری محاسبه شده: ۰/۰۳)

(فرمول ۳)

$$V_{PARCEL} = V_q W_q + V_{fm} W_{fm} + V_f W_f + V_s W_s + V_{non} W_{non}$$

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 امتیازدهی 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	۴

ناشی از وجود قوس و زوایای شکسته در معبر گردد. براساس مطالعات صورت گرفته، ضابطه فوق در هیچ یک از معابر محدوده مطالعاتی مد نظر قرار نگرفته اند. لذا، جدول زیر مبنای محاسبه عدد آسیب پذیری قرار دارد.

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

معیار سنجش S	امتیاز آسیب پذیری V_{S7}
۱۵ < زاویه داخلی معبر < ۰	۰
۴۵ < زاویه داخلی معبر < ۱۵	۱
۹۰ < زاویه داخلی معبر < ۴۵	۲
۱۳۵ < زاویه داخلی معبر < ۹۰	۳
۱۸۰ < زاویه داخلی معبر < ۱۳۵	۴

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 ۳/۴ 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 تناسب جمعیت، عدد صفر و در غیر اینصورت، عدد آسیب پذیری چهار به معبر تخصیص داده می شود (تصویر ۵). با روی هم گذاری لایه های آسیب پذیری و در نظر گرفتن میزان اهمیت (وزن) محاسبه شده هر معیار از طریق فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، میزان آسیب پذیری لرزه ای نهایی معبر محاسبه می گردد.

(فرمول ۴)

$$V_{TOTAL} = W_{S1} V_{S1} + W_{S2} V_{S2} + \dots + W_{S10} V_{S10}$$

در رابطه فوق، W_{S1} وزن نسبی (میزان اثر گذاری در آسیب پذیری معبر) هر شاخص می باشد که با استفاده از فرآیند تحلیل

صنعتی قضاوت می گردد. اگر صنایع کوچک موجود، احتمال آتش سوزی و انفجار را افزایش دهند، بدون در نظر گرفتن طبقه بندی ماتریس های یاد شده، ناسازگار فرض می گردند (تعمیرگاه های خودرو در این گروه از کاربری ها قرار ندارند). در غیر اینصورت، ماتریس های مذکور مبنای قضاوت می باشند. در نهایت، اگر ۸۰٪ مساحت کاربری های جداره سازگار باشد، جداره سازگار محسوب می گردد. وجود کاربری های کاملاً ناسازگار می تواند عملکرد معبر را به کلی مختل نماید (کاربری های خطر ساز، مانند کاربری های آتش ز، 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 امتیازدهی 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٪	۴

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 شبکه آبرسانی، برق و گازرسانی، عدد آسیب پذیری نهایی هر معبر محاسبه می گردد.

زوایای داخلی معبر: رعایت اضافه عرض در قوس ها و پیچ ها می تواند موجب سهولت حرکت در معبر و کاهش مشکلات

جدول ۹- معیارها و نحوه محاسبه آسیب پذیری شریان های حیاتی.

معیارهای تعیین آسیب پذیری و امتیازهای متناسب با سطح آسیب پذیری				نوع شبکه
نوع تیرهای برق		ارتفاع سیم های توزیع برق		برق
منطقه V_{11}		خانگی V_{12}		
چوبی =	بتنی =	مناسب =	نامناسب =	آب
وجود یا عدم وجود شبکه شیرهای قطع جریان آب در معبر و درجه های کنترل V_{13}				
وجود شیر قطع جریان =		عدم وجود شیر قطع و وصل جریان =		گاز
میزان پایداری و استحکام تاسیسات انشعاب خانگی و مکان قرار گیری و کیفیت رگلاتورهای شبکه گاز V_{14}				
مطلوب =		نا مطلوب =		

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 برنامه Excel وارد و میزان همبستگی محاسبه گردید (رک همافر، ۱۳۹۰، ۱۵۸-۱۵۴). 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 آسیب‌پذیری تحت اثر یک معیار با افزایش عدد آسیب‌پذیری تحت اثر معیار دیگر است.

جدول ۱۱- نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای تشخیص نوع همبستگی بین معیارهای آسیب‌پذیری برای محله کارمندان.

نوع همبستگی	$r_{x,y}$	معیار	معیار
مستقیم	+۰/۷	محصولیت	دسترسی
معکوس	+۰/۸۶	محصولیت	کیفیت ابنیه
مستقیم	+۰/۲۷۷	محصولیت	جمعیت
معکوس	+۰/۳	زوایای داخلی	نوع معبر
مستقیم	+۰/۲۱	وضعیت زیرساخت‌ها	کیفیت ابنیه
مستقیم	+۰/۲۶۵	وضعیت زیرساخت‌ها	جمعیت مرتبط
مستقیم	+۰/۳۳	وضعیت زیرساخت‌ها	نوع معبر

با توجه به داده‌های منعکس شده در جدول ۱۱، با افزایش محصولیت در جداره معابر، عموماً کیفیت ابنیه بهبود یافته است. علت اصلی این امر را می‌توان در بهبود کیفیت ساخت سازه‌های مرتفع‌تر که عموماً جدید الاحداث هستند، جستجو کرد. درخصوص وضعیت زیرساخت‌های شهری، به نظر می‌رسد کیفیت ساخت، طرح انشعابات، چیدمان و همجواری زیرساخت‌ها، عموماً در خیابان‌های اصلی و محلی که جمعیت استفاده‌کننده بیشتری را پوشش می‌دهند، مطلوب‌تر است. عدم توجه به استانداردهای طراحی و اجرای انشعابات غیراستاندارد، عموماً متعلق به معابر فرعی می‌باشد. این امر لزوم قرارگیری این نوع از معابر را در اولویت اقدام برای بهسازی زیرساخت‌ها نشان می‌دهد.

آنچه تشریح‌کننده رابطه همبستگی میان محصولیت و جمعیت می‌باشد، وجود عنصر واسط ارتقاع ابنیه است. عموماً افزایش ارتقاع، افزایش تعداد طبقات و افزایش تعداد واحدهای مسکونی، و در اغلب موارد افزایش تعداد ساکنین را به دنبال دارد. بنابراین، به نظر می‌رسد، بطور ضمنی بین دو معیار محصولیت و جمعیت استفاده‌کننده از معبر، رابطه معنی‌داری در بافت مذکور وجود دارد. با توجه به همبستگی درونی موجود بین معیارهای آسیب‌پذیری (هر چند در برخی موارد نتایج نشان از همبستگی ضعیف میان معیارها دارد) و همپوشانی داده‌های مربوط به

سلسله‌مراتبی، محاسبه می‌گردد. V_{S1} آسیب‌پذیری معبر ناشی از بررسی وضعیت هر معیار پژوهش در معبر مذکور می‌باشد و V_{TOTAL} آسیب‌پذیری نهایی هر معبر است. براساس نتایج فوق، نقشه آسیب‌پذیری نهایی معابر محله کارمندان مطابق تصویر تهیه گردید.



تصویر ۴- نقشه آسیب‌پذیری بر اساس جمعیت مرتبط با معبر.



تصویر ۵- نقشه آسیب‌پذیری نهایی معابر محدوده مطالعاتی.

تحلیل و تفسیر داده‌های آسیب‌پذیری معابر محدوده مطالعاتی

بررسی همبستگی میان معیارها: بررسی رابطه همبستگی میان معیارها به معنی کشف رابطه علی میان معیارها نمی‌باشد. یکی از اهداف بررسی ارتباط میان معیارها را می‌توان بررسی همسویی تغییرات مربوط به معیارها دانست. از آنجایی 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 تحلیل‌های آماری، معنادار بودن همبستگی میان معیارها با ارجاع به متون نظری بررسی شد و سپس، وجود رابطه همبستگی برای معیارهایی که همبستگی متقابل آنها از نظر متون نظری معنادار است، بررسی گردید. با توجه به حجم جامعه آماری (۸۰ نمونه) برای محاسبه همبستگی، می‌توان توزیع داده‌ها را نرمال فرض کرد. با فرض فوق، از روش

مذکور، تعیین استانداردهایی با قابلیت تسری به سایر مناطق زلزله‌خیز، امکان پذیر نیست. بررسی نقشه‌های آسیب‌پذیری، نشان می‌دهد کمبود برنامه‌های 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 آسیب‌پذیری لرزه‌ای مشهود است.

معیارها، تعیین حدآستانه برای معیارهای آسیب‌پذیری 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 معیار نوع معبر با تراکم جمعیتی و احتمال انسداد معبر وجود دارد. به دلیل عدم امکان تدقیق و یکپارچه سازی اعداد

نتیجه

محصوریت معبر و کیفیت ابنیه (میزان همبستگی برابر ۰/۸۶) نشان از همپوشانی داده‌های مربوط به معیارها و تاثیر توامان معیارهای مذکور بر میزان آسیب‌پذیری نهایی معبر دارد. این امر، تعیین حد آستانه آسیب‌پذیری را برای معیارها بطور منفرد مقدور نمی‌سازد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابر شهری، معلول یک معیار آسیب‌پذیری خاص نیست. بلکه، برآیند مجموعه‌ای از عوامل و معیارها است که در کنار هم، تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای معابر را فراهم می‌سازند. مدل ارزیابی پیشنهادی این پژوهش، با توجه به تحلیل توامان معیارها در ارزیابی آسیب‌پذیری معبر، تنوع معیارهای انتخابی و تشابهات کالبدی معابر شهری در اکثر نقاط کشور، می‌تواند از کارایی و مطلوبیت لازم برخوردار و قابل کاربرد برای سایر مناطق شهری باشد. از کاربردهای مدل مذکور، می‌توان به ارزیابی آسیب‌پذیری معابر بافت‌های موجود شهری با هدف تعیین اولویت‌های اقدام در راستای اقدامات پیشگیری از وقوع بحران، و نیز در ارزیابی‌های قبل از اجرای طرح‌های توسعه مناطق جدید شهری با هدف تعیین ضوابط تراکم جمعیتی و ساختمانی، قوانین کنترل حداکثر ارتفاع ابنیه و الگوی کاربری زمین اشاره کرد.

در این پژوهش، معیارهای آسیب‌پذیری لرزه‌ای 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 زیرساخت‌های شهری و شیب معبر به ترتیب با وزن نسبی ۰/۲۴۶، ۰/۱۷۲ و ۰/۱۱۷ بیشترین اهمیت را دارند. معیارهای دسترسی و کیفیت کف معبر به ترتیب با وزن نسبی ۰/۰۲۴ و ۰/۰۴۷ از کمترین اهمیت در تعیین سطح آسیب‌پذیری معبر برخوردار هستند. نقشه‌های آسیب‌پذیری محدوده نشان داد که دلایل عمده آسیب‌پذیری معابر، کیفیت نامطلوب کف سازی، آسیب‌پذیری 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 آسیب‌پذیری نهایی ابنیه) دلالت دارد.

همبستگی قوی میان اعداد آسیب‌پذیری نهایی، معیارهایی نظیر محصوریت معبر و دسترسی (میزان همبستگی برابر ۰/۷)،

فهرست منابع

- 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 بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری، بخش اول زلزله، تهران، صص ۱۶۱۷-۱۶۰۷.
- حمیدی، ملیحه (۱۳۷۱)، ارزیابی الگوهای قطعه بندی اراضی و بافت شهری در آسیب‌پذیری مسکن از سوانح طبیعی، مجموعه مقالات سمینارهای توسعه مسکن در ایران، تهران، صص ۲۲۴-۲۱۰.
- دراک، توماس (۱۳۸۳)، مدیریت بحران اصول و راهنمای عملی برای دولت‌های 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، صص ۲۱-۱۳.

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، صص ۱۷۴-۱۶۱.

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

پورکرمانی، محسن و مهرآرین (۱۳۷۷)، لرزه‌خیزی ایران، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

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

حافظ نیا، محمدرضا (۱۳۷۹)، مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، چاپ دوم، انتشارات سمت، تهران.

حائری، سیدمحسن و گتیمیری، بهروز (۱۳۷۵)، گزارش نقشه‌های هم

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

زبردست، اسفندیار؛ محمدی، عسل (۱۳۸۴)، مکان یابی مراکز امداد رسانی با استفاده از GIS و روش ارزیابی چندمعیاره AHP، مجله علمی پژوهشی هنرهای زیبا، شماره ۲۱، صص ۱۶-۵.

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.

عبداللهی، 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 ۳۴، صص ۳۶-۲۵.

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 (۱۳۷۴)، 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 ۱۶۴۱-۱۶۲۷.

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 ساختمان هادر برابر زلزله ۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان مسکن، تهران.

مرکز مقابله 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 (۱۳۷۴)، شناخت بحران و مدیریت آن، مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، موسسه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله، تهران، صص ۷۴۳-۷۰۹.

هادیزاده بزان، مریم (۱۳۸۶)، 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.