نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۸، شماره ۵۰، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۷۴-۱۵۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۱/۱۲/۱۲

بررسی میزان کارایی شبکه‌های ارتباطی شهرها در مقابل زلزله (مطالعه موردی مناطق ۱ و ۵ طرح تفصیلی تبریز)

کریم حسین‌زاده دلیر[۱]

محمدحسین خدابخش چاخرلو[۲]

چکیده

همواره زلزله‌های بزرگ باعث خسارات بزرگی در زندگی انسان می‌شوند. یکی از این خسارت‌ها، آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی است که امکان نجات دادن آسیب‌دیدگان زلزله، به‌ویژه در ۷۲ ساعت اولیه را با مشکل جدی مواجه می‌سازد. امروزه با گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ، وضعیت خطرناکی در صورت بروز زلزله به‌وجود می‌آید. زیرا سلسله‌مراتب شبکه‌های ارتباطی معمولاً رعایت نشده، عرض راه‌ها کم بوده و مراکز درمانی دور از دسترس شهروندان قرار می‌گیرد. بروز زلزله‌ای با شدت بالا در این شهرها منجر به از بین رفتن کارایی شبکه‌های ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی عمده خواهد بود. در شهر تبریز محدوده مناطق ۱ و ۵ در مجموع دارای وسعتی معادل ۳۳۲۷ هکتار است. مساحت منطقه یک بالغ بر ۲۸۴۴ هکتار و وسعت منطقه پنج نیز ۴۸۳ هکتار می‌باشد. براساس برآوردهای موجود، جمعیت این دو منطقه مجموعاً بالغ بر ۴۵۸۹۳۹ نفر است. در تحقیق حاضر با استفاده از ۱۲ شاخص «کاربری زمین، عرض راه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، درجه محصوریت، تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، سطح اشغال ساختمان‌ها، کیفیت ابنیه، مصالح ابنیه، قدمت ابنیه، دسترسی به مراکز درمانی، دوری و نزدیکی به گسل‌های اصلی» که از طریق مدل‌های مختلف تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها در محیط GIS که براساس مدل تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس ترکیب شده‌اند، آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی مناطق یک و پنج در مقابل

۱ـ استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تبریز. Email:dr_k_dalir@yahoo.com

۲ـ کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. Email:hk57_ tb@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

زلزله مشخص شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد خیابان‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی، درمانی و درجه محصوریت بیش‌تری بوده‌اند، آسیب‌پذیرتر بوده و در نتیجه دارای امتیاز منفی بیش‌تری هستند. هم‌چنین بزرگراه‌ها و خیابان‌های با عرض بیش‌تر و تراکم ساختمانی و جمعیتی پایین‌تر، دارای آسیب‌پذیری کم‌تری بوده‌اند. با حرکت از سمت شرق به غرب به میزان آسیب‌پذیری خیابان‌ها افزوده می‌شود. این آسیب‌پذیری مسیرها در مرکز مناطق به اوج خود می‌رسد. به این ترتیب شبکه‌های ارتباطی موجود در مرکز، هنگام بروز زلزله از ایفای نقش خود عاجز خواهند بود.

واژگان کلیدی: آسیب‌پذیری، زلزله، شبکه‌های ارتباطی، تبریز، تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس، GIS.

مقدمه

زلزله یکی از ناملایمات اساسی طبیعی عصر حاضر است که همواره در مدت بسیار کوتاهی که اتفاق می‌افتد، فجایع بزرگی را رقم زده است. پایداری و ایمنی در مقابل پدیده‌های طبیعی همیشه فکر بشر را به خود مشغول کرده است. زلزله همیشه به‌عنوان پدیده‌ای تکرارپذیر در طول تاریخ وجود داشته و در آینده نیز وجود خواهد داشت. وقوع چنین حادثه‌ای در بیش‌تر موارد تأثیرات ویران‌کننده‌ای بر سکونتگاه‌های انسانی بر جای گذاشته و تلفات سنگینی بر ساکنان آن‌ها تحمیل کرده است. زلزله به‌خودی‌خود نتایج نامطلوبی را در پی ندارد؛ آنچه از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، عدم برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات آن و آمادگی جهت مقابله با عواقب آن است. با وقوع هر زلزله‌ای میلیاردها ریال خسارت به شهرها وارد شده و جان هزاران نفر در معرض تهدید قرار می‌گیرد. علاوه بر این تخریب بافت، تأخیر در تخلیه جمعیت ساکن، مسدود شدن شبکه‌های ارتباطی و در نتیجه عدم امدادرسانی به‌موقع، افزایش خسارات و زنده به گور شدن هزاران نفر از دیگر مسایل خواهند بود. بسیاری از افراد که در زیر آوار مانده‌اند، اگر امکان دسترسی و کمک‌رسانی به آن‌ها مسیر نباشد، آن‌ها نیز جان خود را از دست خواهند داد.

امروزه با گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ، وضعیت خطرناکی در صورت وقوع زلزله به‌وقوع می‌پیوندد. زیرا سلسله‌مراتب شبکه‌های ارتباطی رعایت نشده،

Archive of SID

www.SID.ir

عرض راه‌ها کم بوده، از مراکز خدماتی و درمانی دور بوده و در منطقه زلزله‌خیزی بالایی قرار گرفته است. بروز زلزله‌ای با شدت بالا در این شهرها منجر به از بین رفتن کارایی شبکه‌های ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی خواهد بود. در هنگام وقوع زلزله شبکه‌های ارتباطی در صورتی که کم‌ترین آسیب را ببینند، باعث تسریع در تخلیه جمیت ساکن و امدادرسانی به موقع می‌شود. اگر برنامه‌ریزی درست شبکه‌های ارتباطی در ساختار فضایی شهر رعایت نشود، این امر باعث تراکم بیش از حد برخی معابر و در نتیجه کندی در تخلیه و امدادرسانی خواهد بود.

اهمیت مسائل فوق و ضرورت سرعت همراه با دقت، برنامه‌ریزی شبکه‌های ارتباطی را ضروری ساخته و وجود مسیرهای دسترسی ویژه‌ای را می‌طلبد که علاوه‌بر قابلیت کارآیی پس از بحران، خود کم‌ترین آسیب ممکنه را از سانحه پذیرا شوند و بتواند قابلیت گسترش عملکرد را نیز داشته باشند.

با توجه به نقش حیاتی شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله، می‌توان با توجه به شاخص‌های کاهش آسیب‌پذیری، در شهرها خسارت‌های ناشی از زلزله را به حداقل رساند. در این پژوهش مساله محدوده‌های آسیب‌پذیر در برابر زلزله در شهرها با توجه به شاخص‌هایی مانند کاربری زمین، عرض راه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیت و... مشخص شده و راهکارهایی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری در آن محدوده‌ها ارائه خواهد شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی می‌باشد، چرا که تلاش دارد با استفاده از زمینه‌ها و مبانی نظری موجود به مطالعه یکی از بحران‌های شهری و ارایه پیشنهادهایی در این زمینه بپردازد. از آنجایی که در این پژوهش با ارایه اطلاعات به توصیفی از موضوع و وضعیت شبکه‌های ارتباطی و عوامل موثر آن پرداخته شده و پس از آن با استفاده از روش‌های مختلف به تجزیه و تحلیل اطلاعات گردآوری شده اقدام شده از نظر ماهیت و روش، این تحقیق جزء دسته توصیفی–تحلیلی است.

Archive of SID

www.SID.ir

تخمین قابلیت آسیب‌پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیت‌ها احاطه شده است؛ زیرا محاسبه میزان آسیب‌پذیری در گذشته با استفاده از مدل بولین به معیارهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت به‌صورت یک طیف پیوسته را نمی‌دهد. به هـمین از مدل وزن‌دهی سلسله‌مراتبی معکوس[3] که به اختصار IHWP نامیده می‌شود (حبیبی، ۱۳۸۵)، استفاده شده است.

مدل IHWP که ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[4] است، اولین بار توسط دکتر حبیبی در دانشگاه تهران و برای انجام پایان‌نامه برای اخذ درجه دکتری در سال ۱۳۸۵ ارایه شده و کمال ترابی نیز در پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشگاه علم و صنعت ایران خود توابع ریاضی این مدل را نوشته است.

مرور سابقه

آسیب‌پذیری شهری در مقابل زلزله تابعی از رفتارهای انسانی است که نشانگر درجه تأثیرپذیری یا قابلیت ایستادگی واحدهای اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی شهری در مقابل زلزله می‌باشد (Rashed & Weeks, 2003: 547). در ارتباط با آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی، زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۵ کوبه ژاپن نقطه عطفی در توجه به نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش خطرات ناشی از زلزله بود (Minami et al, 2003). این زلزله اثرات قابل ملاحظه‌ای در برنامه آمادگی در برابر زلزله ژاپن گذاشت؛ زیرا واکنش نسبتاً آهسته و عدم آمادگی کافی در مواجهه با تأثیرات چنین زلزله بزرگ ویرانگری، انتقاداتی را در سطح محلی و دولت مرکزی در ژاپن ایجاد کرد (حبیبی، ۱۳۸۸: ۵۱). بعد از این زلزله به نقش شبکه‌های ارتباطی توجه جدی‌تری شده و پژوهش‌های مختلفی در دنیا مانند Nojima & (1998) Chen et (2002), Odani & Uranaka (1999) Tsukaguchi & Li,(1999), Chang و Minami et al (2003) Liu et al ,(2003), Lee and Yeh (2003), al Samadzadegan & Zarrinpanjeh (2008) انجام گرفته است که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود:

اکبر باغوند و همکاران (۱۳۸۵) در مقاله خود به بررسی عمده مخاطراتی پرداخته‌اند که

3- Inversion Hierarchical Weight Process
4- Analytic Hierarchy Process

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد شبکه‌های دسترسی را پس از وقوع زلزله تهدید می‌نمایند؛ بدین منظور در ادامه راهکارهایی جهت افزایش کارآمدی شبکه معابر در مناطق شهری و خصوصاً مناطق با بافت‌های فرسوده، پس از وقوع یک سانحه ارائه کرده‌اند (باغوند و همکاران، ۱۳۸۵).

چنج[5] و نوجیما[6] (۱۹۹۸) کارایی بزرگراه‌ها در شرایط بعد از زلزله در کشورهای ایالات متحده آمریکا و ژاپن (زلزله ۱۹۸۹ لوماپریتا، زلزله ۱۹۹۴ نورثریج و زلزله ۱۹۹۵ کوبه) را مطالعه کرده‌اند (Chang & 1998, Nojima). تسوکاجوکی (Tsukaguchi) و لی (Li) در سال ۱۹۹۹ بعد از زلزله هاشین–آواجی مدلی برای پیدا کردن علت بسته شدن معابر به کار برده و مدل شبیه‌سازی شده خود را برای بهبود ساختار شبکه‌های ارتباطی و طراحی شبکه پیشنهاد کرده‌اند (Tsukaguchi & Li, 1999).

لیو[7] و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهش خود الگوریتمی را برای محاسبه ظرفیت رفت‌وآمد شبکه ارتباطی با استفاده از معیارهای کنترل تقاضای گوناگون رفت‌وآمدها مانند ضابطه‌های رفت‌وآمد برای شبکه ارتباطی آسیب‌دیده پیشنهاد کرده‌اند (Liu et al, 2003).

مینامی[8] و همکاران (۲۰۰۳) داده‌هایی مانند نام و شماره ساختمان و جنس و تعداد طبقات آن، حیاط ساختمان و جنس و ارتفاع آن و فاصله ساختمان‌ها تا خیابان و همچنین اطلاعات معابر مانند نام، طول و عرض خیابان و نیز عرض پیاده‌رو در شـهر یوبه ژاپن را جمع‌آوری کرده در محیط GIS تجزیه و تحلیل کرده‌اند (Minami et al, 2003).

لی[9] و یه[10] (۲۰۰۳) بعد از بررسی ۹۲۱ زلزله بزرگ اتفاق افتاده در دنیا به این نتیجه رسیده‌اند که مهم‌ترین دلیل بسته شدن معابر در مواقع بروز زلزله، وجود عرض کم‌تر از ۴ متر معابر بوده است (Lee & Yeh, 2003).

صمدزادگان و زرین پنجه‌کار (۲۰۰۸) بر طراحی و توسعه روشی برای ارزیابی میزان آسیب

5- Chang
6- Nojima
7- Liu
8- Minami
9- Lee
10- Yeh

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه ارتباطی با استفاده از نقشه‌برداری دیجیتالی قبل از زلزله و عکس ماهواره‌ای با کیفیت بالا پس از زلزله متمرکز شده‌اند (Samadzadegan & Zarrinpanjeh, 2008).

در پژوهش‌های انجام شده، علی‌رغم اهمیت شاخص‌هایی مانند درجه محصوریت، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیتی و ساختمانی، کاربری زمین بدنه معابر و دسترسی به مراکز درمانی و خدماتی، به آن‌ها توجه نشده و این خلا در این تحقیقات به چشم می‌خورد. شاخص‌های ذکر شده نقش انکار نشدنی در کاهش‌های خسارت‌های ناشی از زلزله دارند و بررسی میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر با توجه به آن‌ها، کمک بزرگی در شناسایی و کاهش خسارت‌های زلزله خواهد داشت.

آسیب‌پذیری[11] شبکه ارتباطی

شبکه معابر شهری جزو مهم‌ترین عوامل آسیب‌پذیری مناطق شهری است که دارای ارتباط تنگاتنگی با تأمین فضای فرار و مکان امن در هنگام وقوع زمین لرزه و افزایش کارایی عملیات امداد و نجات پس از وقوع بحران می‌باشد. بنابراین می‌توان از مجموعه مباحث فوق چنین نتیجه‌گیری کرد که میزان دسترسی بافت هم از نظر پناه‌جویی در هنگام وقوع زلزله و هم در زمان امداد پس از زلزله نقش بسیار مهمی در افزایش یا کاهش تلفات ناشی از وقوع زمین لرزه دارد. جهت ارزیابی میزان دسترسی بافت می‌توان از تلفیق شاخص‌های مختلفی نظیر نسبت فضای باز، عرض معابر موجود در بافت، ارتفاع بناهای مشرف به معابر و... استفاده کرد. بدین ترتیب، هر چه میزان دسترسی به بافت بیش‌تر باشد، آسیب‌ها و تلفات ناشی از زمین‌لرزه کم‌تر خواهد بود؛ یعنی میزان دسترسی بافت و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای بافت، با یکدیگر رابطه معکوس دارند (مهندسان مشاور تهران پادیر، ۱۳۸۲: ۳۲-۳۳).

آسیب‌پذیری شبکه به ساختار فضایی شبکه پرداخته و در زمینه تخلیه عمومی کاربرد دارد تا قسمت‌هایی از ساختار شهری که آسیب‌پذیرند، مشخص شود. این آسیب‌پذیری مربوط به ساختار شبکه، طبیعت و ترافیک، مربوط است (Husdal, 2006). آسیب‌پذیری ساختار به‌خود شبکه ارتباطی و عوامل مرتبط با آن مانند توپولوژی و شکل هندسی آن

11- vulnerability

Archive of SID

www.SID.ir

مربوط است. طبیعت محیط زیست و تأثیر آن به شبکه ارتباطی مربوط می‌شود و جریان رفت و آمد در شبکه به‌ویژه در ساعت اوج را شامل می‌شود. البته این عوامل دقیق، ولی کارایی تخلیه در این سه عبارت را به سختی می‌توان تخمین زد. طیف وسیعی از عوامل مختلف در تخلیه موثر هستند. شناختن ضعف، بحران و آسیب‌پذیری نواحی آسیب‌پذیر شبکه اهمیت زیادی دارد. به‌ویژه در نواحی که آسیب‌پذیری کل شبکه را از کار می‌اندازد. با مطالعه شبکه می‌توان قسمت‌های آسیب‌پذیر در زمان تخلیه را مشخص کرد. در این میان سهولت دسترسی نقش حیاتی دارد (Miriam & Shulman, 2008: 18).

با این وجود در مورد آسیب‌پذیری شبکه دیدگاه‌های مختلفی بیان شده است. بسیاری از این دیدگاه‌ها به تخریب شبکه و یا نواحی که مستعد آسیب‌پذیری هستند، متمرکز شده است (Taylor et al., 2006). به شبکه‌های (ارتباطی) از طریق روش‌های بهینه مقایسه سناریوهای شکست برای پیدا کردن بهترین حالت ممکن شبکه پرداخته شده است (Shen et al., 2006). شناسایی موقعیت‌های حیاتی، رویکردی برای ارزیابی احتمالات مختلف تنزل شبکه در یک رویداد است (Taylor et al., 2006). موقعیت‌های حیاتی یک ناحیه در یک شبکه به‌جایی گفته می‌شود که تنزل یا از کار افتادن شبکه، بیش‌ترین تأثیر را بر جریان دسترسی در شبکه داشته باشد (Miriam & Shulman, 2008: 18). دو مفهوم که در آسیب‌پذیری شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد، افزونگی[۱۲] و انعطاف‌پذیری[۱۳] است. افزونگی در حالت کلی جایی است که در آن مسیرهای مختلفی بین مبدأ و مقصد وجود دارد (Sohn, 2006). بیش‌تر راه‌ها ممکن است هزینه زیادی در بر داشته باشد. ولی از دیدگاه ایمنی شبکه‌های افزونه راه مفر بیش‌تری را امکان‌پذیر می‌سازد. بنابراین وقتی راهی غیرقابل استفاده باشد، گزینه‌های مختلفی برای فرار وجود خواهد داشت. رویکرد دیگر برای برای کاهش آسیب‌پذیری، محدود کردن مسیرهای دوراهی و ترکیبی در تخلیه است. تا اینکه جریان ترافیک پیوسته باشد و کمک و تسهیل حرکت موثر مردم خارج از محدوده می‌باشد (Cova et al., 2003). این روش در شهرهایی با مساحت زیاد و گسترده کارایی ندارد. در داخل یک واحد همسایگی مردم اطلاعات زیادی از چیزهایی که هست، دارند. به‌همین

12- redundancy
13- flexibility

Archive of SID

www.SID.ir

خاطر کنترل کردن آن‌ها آسان است. ولی در یک شهر گسترده استفاده از این روش ممکن نیست (Miriam & Shulman, 2008: 20).

ارائه راهبرد مدل IHWP

مرحله اول: تعیین ماتریس داده‌ها

به منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر اثرات ناشی از زلزله، شاخص‌های زیر انتخاب شده است:

کاربری زمین: بسته به نوع کاربری کنار خیابان، احتمال آسیب‌پذیری بیش‌تر و یا کم‌تر می‌شود. به همین خاطر کاربری‌های محدوده مورد مطالعه به سه دسته «کاربری‌های پرخطر، کاربری‌های متوسط خطر و کاربری‌های کم‌خطر» در برابر زلزله تقسیم شده‌اند.

عرض راه‌ها: اهمیت این شاخص در هنگام گریز، پناهگیری، تخلیه و امدادرسانی مطرح می‌شود. زیرا حجم بیش‌تری از بازماندگان و مجروحان توسط گروه‌های امدادگری می‌توانند منتقل شوند. هرچه عرض معابر بیش‌تر باشد، امکان ایجاد ترافیک عبوری نیز کم‌تر خواهد شد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷).

ارتفاع ساختمان‌ها (تعداد طبقات): در ارتباط با این شاخص می‌توان گفت اگر افزایش ارتفاع ساختمان‌ها با اصول ایمنی همراه نباشد، آسیب‌پذیری را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب صورت گیرد، به هنگام تخلیه، جستجو و نجات با سختی همراه است و لذا افزایش تعداد طبقات یک عامل منفی محسوب شده و آسیب‌پذیری را بالا می‌برد (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷).

عرض راه و ارتفاع جداره (درجه محصوریت): شاخص بسیار مهمی است. چون با بالا رفتن درجه محصوریت (ارتفاع بیش‌تر ساختمان نسبت به عرض کم‌معبر) احتمال بسته شدن معابر افزایش می‌یابد که باعث می‌شود با ریخته آوار ساختمان‌ها بر خیابان‌ها و بسته شدن آنها، عملیات امداد و نجات و پناه‌گیری به مشکل خورد.

تراکم جمعیتی: شاخصی که مشخص‌کننده بار جمعیتی بر معابر در مواقع زلزله می‌باشد و

Archive of SID

www.SID.ir

در نتیجه با بیش‌تر شـدن تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و خدمات‌رسانی و امداد پایین می‌آید و بالعکس. همچنین تعداد جمعیت در قطعات مختلف که با افزایش آن احتمال جان باختن افراد بیش‌تری وجود دارد.

تراکم ساختمانی: شاخص مهمی که با بیش‌تر شدن آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌شود.

سطح اشغال ساختمان‌ها: عامل مهمی در کاهش خسارت‌های طبیعی و انسانی می‌باشد. با افزایش سطح اشغال، احتمال آسیب‌پذیری نیز بیش‌تر می‌شود. زیرا در صورت تخریب ساختمان در بناهای باسطح اشغال بالا، احتمال بسته شده معابر مجاور در اثر ریزش آوارها بیش‌تر شده و علاوه بر این، احتمال ریزش آوار در تمام سطح قطعه ساختمانی وجود دارد که احتمال زنده ماندن را کاهش می‌دهد.

کیفیت ابنیه: این شاخص تأثیر مهمی بر میزان آسیب‌پذیری ساختمان دارد. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمان‌های مخروبه و تخریبی بیش‌تر است.

مصالح ابنیه: این شاخص تأثیر مهمی در چگونگی پایداری ساختمان‌ها بر عهده دارد. اسکلت‌های فلزی و بتن مسلح نسبت به بناهای خشتی و گلی مقاومت بیش‌تری داشته و حتی در صورت تخریب، آتش‌سوزی ایجاد در آن‌ها کمتر است.

قدمت ابنیه: نقش مهمی در میزان آسیب‌پذیری بناها دارد. عملاً حتی اگر در یک ساختمان تمامی موازین مقاوم‌سازی رعایت شده باشد، بناهایی که قدمت بیش‌تری دارند، از خطر تخریب بیش‌تری برخوردارند (حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷).

دسترسی به مراکز درمانی: دسترسی به مراکز درمانی که از طریق شبکه‌های ارتباطی انجام می‌شود، موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود. به این ترتیب با دور شدن از مراکز درمانی احتمال آسیب‌پذیری بیش‌تر می‌شود.

دوری و نزدیکی به گسل‌های اصلی: شاخص مهمی است. هرچند با پیشرفت تکنولوژی، می‌توان در نزدیکی گـسل‌های اصلی با رعایت اصول ساخت و ساز، ساخـتمان‌های مقاومی

Archive of SID

www.SID.ir

احداث کرد؛ ولی باید قبول کرد این امر به درستی در کشور ما جا نیفتاده است.

مرحله دوم: به‌کارگیری روش پیمایشی دلفی جهت استنتاج فروض وزن‌دهی

عنوان دلفی برگرفته از نام معبدی معروف در شهر دلف یونان باستان است که در آن معبد، کاهنان یونانی مردم شهر را از وقایع وحوادث آینده مطلع می‌ساختند، امری که هم اکنون متخصصان مطالعه آینده‌پژوهی انجام می‌دهند. این روش توسط اولاف هلمر، نیکلاس ریسچر و نورمن دالکی در موسسه رند ابداع شد. در طول ۱۰ سال اخیر، روش دلفی بیش‌تر به آینده‌نگاری ملی علم و تکنولوژی استفاده شده است. برخی اصطلاحات و بهبودهای متدولوژیکی نیز در خصوص این روش انجام شده است، با این وجود باید از قوت‌ها و ضعف‌های این روش آگاه بود به‌طوری که این روش نمی‌تواند در هر موردی به کار گرفته شود. این روش برای ارزیابی ظهور موضوعات جدید و مواردی که می‌توانند به صورت کاملاً خلاصه بیان شوند، قابل اجراست. روش اجرای دلفی شامل یک پیمایش دو یا چند دوری است که در دور اول نظات کارشناسان خبره و اهل فن در زمینه مورد تحقیق دریافت می‌شود. این کارشناسان با توجه به ماهیت، عملکرد و اهمیت متغیرها آن‌ها را به‌صورت زوجی مقایسه نموده و ارزش‌دهی می‌نمایند؛ به‌گونه‌ای که اهمیت دو یا چند برابری متغیر (x) نسبت به متغیرهای (z-y) و اهمیت متغیر (y) نسبت به (z) مشخص می‌شود (حبیبی، ۱۳۸۹).

مرحله سوم: وزن‌دهی به داده‌ها بر اساس مدل IHWP

وزن‌دهی داده‌ها با توجه نوع داده به چند طریق زیر صورت گرفته است:

داده‌های اسمی مانند کیفیت بناها و مصالح و داده‌های ترتیبی مانند درجه اهمیت ساختمان‌ها قدمت بناها براساس نوع آن‌ها به داده‌های فاصله‌ای تبدیل شده است.

داده‌های نسبی یا نسبتی گسسته مانند درجه محصوریت، عرض راه و ارتفاع ساختمان‌ها در محیط GIS و با استفاده از Natural Breaks در دسته‌بندی[۱۴] داده‌ها، نظرات کارشناسان (در مورد تعداد طبقات و ارتفاع ساختمان‌ها) در کلاس‌های مختلف دسته‌بندی شده‌اند.

14- Classify

Archive of SID

www.SID.ir

داده‌های نسبی یا نسبتی پیوسته مانند دسترسی به مراکز درمانی، ابتدا در محیط GIS تبدیل به نقطه[۱۵] شدند تا در محیط Network Analyst مورد استفاده باشند. سپس Network Dataset آکس معابر ساخته شده است. در مرحله بعد دستور مربوط به نقاط مربوط به مراکز درمانی، به‌صورت جداگانه به Service Area در Network Analyst بارگذاری[۱۶] شده و در ادامه در Analysis Setting برش‌های[۱۷] مختلف وارد شده است.

محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب شده با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس به شکل روابط ریاضی زیر است (ترابی، ۱۳۸۸: ۹۵):

$$X = \frac{D}{N} \quad (۱)$$

X = دامنه طبقات متغیرها

N = تعداد طبقه

$$j=D-(N-i)X \quad (۲)$$

D = امتیاز به دست آمده از مدل دلفی

j = وزن طبقات در مدل تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس

i =رقم اختصاص داده شده برای دسته‌های مختلف هرشاخص

به‌عنوان مثال بر اساس روش دلفی درجه محصوریت رتبه اول را در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله به خود اختصاص داده است که با توجه به شاخص‌های ۱۲گانه، معکوس رتبه ۱۲ را اخذ می‌کند (البته با توجه به اینکه شاخص‌های با اهمیت مساوی نیز در پژوهش پیش‌رو وجود دارد، رتبه معکوس این شاخص ۶ می‌باشد). نقشه و بانک اطلاعات درجه محصوریت در ۷ کلاس و در طیفی از کمتر از فاقد بنا (کلاس ۱) تا بیش‌تر از ۲ (کلاس ۷) طبقه‌بندی شده که کلاس ۱ حاکی از کمترین انسداد و کلاس ۷ حداکثر انسداد را نشان می‌دهد. با تقسیم وزن داده در مدل دلفی بر تعداد کلاس‌ها ($X = \frac{D}{N}$)، به هر کلاس معادل ۰٫۸۶ اختصاص می‌یابد. تمامی ۷ کلاس موبوط به این شاخص با رابطه ریاضی j=D-(N-i)X محاسبه می‌شوند (در اینجا برای کلاس اول j=6-(7-1)0.86=0.86 به‌دست می‌آید.) بدیهی است که بیش‌ترین وزن یعنی ۶ به بناهای دارای بیشترین احتمال انسداد و کم‌ترین وزن یعنی ۰٫۸۶ به واحد دارای کم‌ترین احتمال انسداد اختصاص می‌یابد. در ادامه ۱۲

15- Point
16- Load Location
17- Breaks

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص انتخاب شده برای مشخص کردن آسیب‌پذیری مناطق یک و پنج طرح تفصیلی تبریز مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

جدول (۱) طبقه‌بندی شاخص‌ها و متغیرهای بخشی جهت تعیین حوزه‌های آسیب‌پذیر در برابر زلزله با استفاده از مدل IHWP همراه با جزئیات وزن‌دهی

شاخص	میانگین و رتبه بر اساس روش دلفی		معکوس رتبه	تعداد طبقه	دامنه طبقات متغیرها	وزن طبقات در مدل تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس										
	میانگین	رتبه														
کاربری زمین	۷،۹	۳	۴	۳	۱،۴	۱،۳۳	۲،۶۷	۴								
عرض راه	۸،۲	۴	۳	۱۲	۰،۳۳	۰،۳۳	۰،۶۷	۱	۱،۳۳	۱،۶۷	۲	۲،۳۳	۲،۶۷	۳	۳،۳۳	۳،۶۷	۴
ارتفاع ساختمان (تعدادطبقات)	۷،۵	۳	۴	۵	۰،۸	۰،۸	۱،۶	۲،۴	۳،۲	۴							
نسبت عرض راه و ارتفاع جداره (درجه محصوریت)	۹،۱	۱	۶	۷	۰،۸۶	۰،۸۶	۱،۷۱	۲،۵۷	۳،۴۳	۴،۲۹	۵،۱۴	۶					
تراکم جمعیتی	۶،۹	۴	۳	۷	۰،۴۳	۰،۴۳	۰،۸۶	۱،۲۹	۱،۷۱	۲،۱۴	۲،۵۷	۳					
سطح اشغال	۷،۸	۳	۴	۵	۰،۸	۰،۸	۱،۶	۲،۴	۳،۲	۴							
تراکم ساختمانی	۷،۷	۳	۴	۷	۰،۵۷	۰،۵۷	۱،۱۴	۱،۷۱	۲،۲۹	۲،۸۶	۳،۴۳	۴					
کیفیت ابنیه (نوساز، قابل نگهداری، مرمتی و...)	۸،۶	۲	۵	۴	۱،۲۵	۱،۲۵	۲،۵	۳،۷۵	۵								
مصالح ابنیه (فلزی،بتنی، آجر و آهن)	۸	۳	۴	۶	۰،۶۷	۰،۶۷	۱،۳۳	۲	۲،۶۷	۳،۳۳	۴						
قدمت ابنیه	۵،۳	۶	۱	۵	۰،۲	۰،۲	۰،۴	۰،۶	۰،۸	۱							
دسترسی به مراکزدرمانی	۵،۵	۶	۱	۸	۰،۱۳	۰،۶۳	۰،۲۵	۰،۳۸	۰،۵	۰،۶۳	۰،۷۵	۰،۸۸	۱				
دوری و نزدیکی به گسل‌ها	۶	۵	۲	۵	۰،۴	۰،۴	۰،۸	۱،۲	۱،۶	۲							

Archive of SID

www.SID.ir

مرحله چهارم (تلفیق نقشه‌ها)

در این مرحله با استفاده از ابزار Raster Calculator در حالت نقشه‌های رستری و با استفاده از ابزار Field Calculator در حالت وکتوری (همپوشانی ستون‌های امتیازات مربوط به هر یک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده) با یکدیگر جمع شده‌اند. به این ترتیب مجموع ستون‌های مربوط به لایه‌های اطلاعاتی شاخص‌ها در مورد هریک از قطعات، امتیاز هر قطعه را از نظر آسیب‌پذیری نسبت به سایر قطعات مشخص می‌کند.

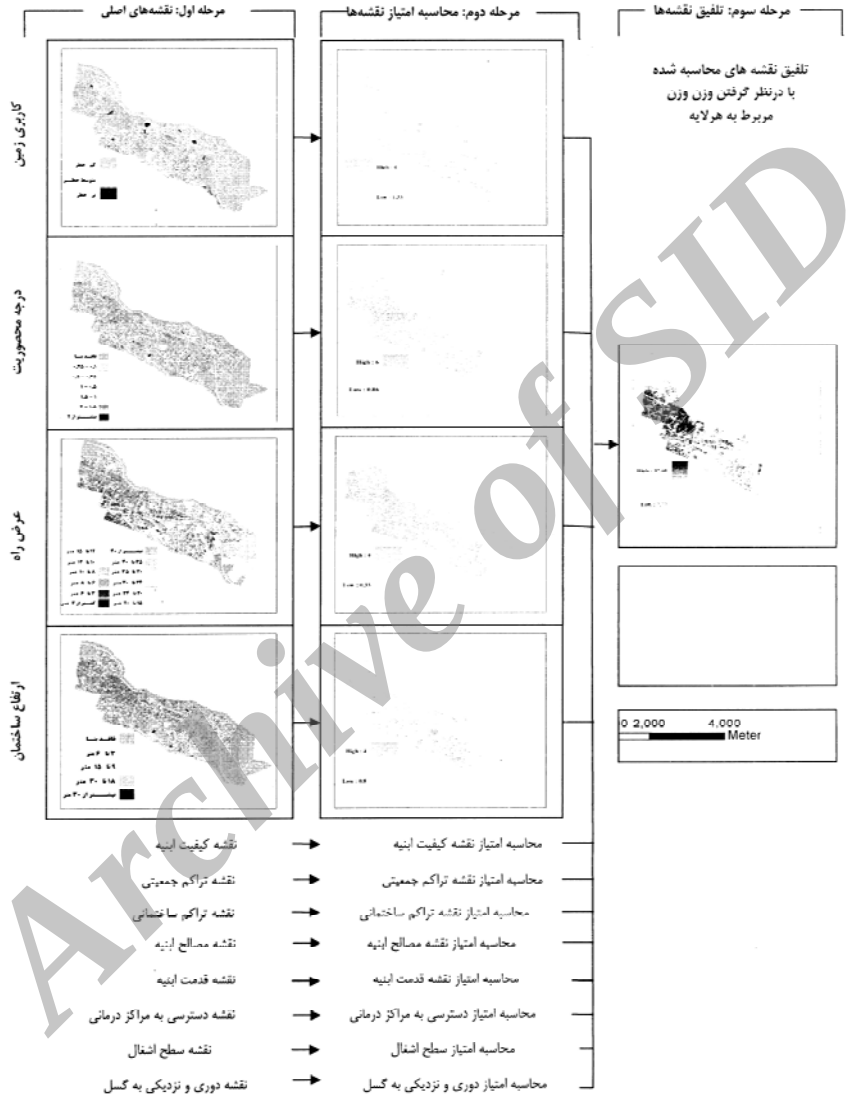
مرحله پنجم (تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی مناطق)

در این مرحله نقشه نهایی با دسته‌بندی داده‌ها در ۵ طبقه متمایز شامل (کمترین آسیب‌پذیری، نسبتاً آسیب‌پذیر، آسیب‌پذیر، کاملاً آسـیب‌پذیر و کاملاً مساله‌دار) از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله فراهم می‌شود. با این امر امکان تغییرکاربری‌ها، تعیین پهنه‌های بحرانی، مکان‌یابی سایت‌های جدید امداد و نجات و... فراهم شده است.

بدیهی است که قطعه‌هایی که دارای تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه مرمتی، تخریبی، فاصله زیاد تا مراکز درمانی، کاربری پرخطر، قدمت بیش‌تر، عرض راه کم‌تر، ارتفاع ساختمان بیشتر، درجه محصوریت و... بیشتری بوده‌اند، امتیاز آسیب‌پذیری بالای آورده و در نتیجه آسیب‌پذیر نشان داده شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱) مراحل مدل‌سازی آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی مناطق ۱ و ۵ تبریز در برابر زلزله

Archive of SID

www.SID.ir

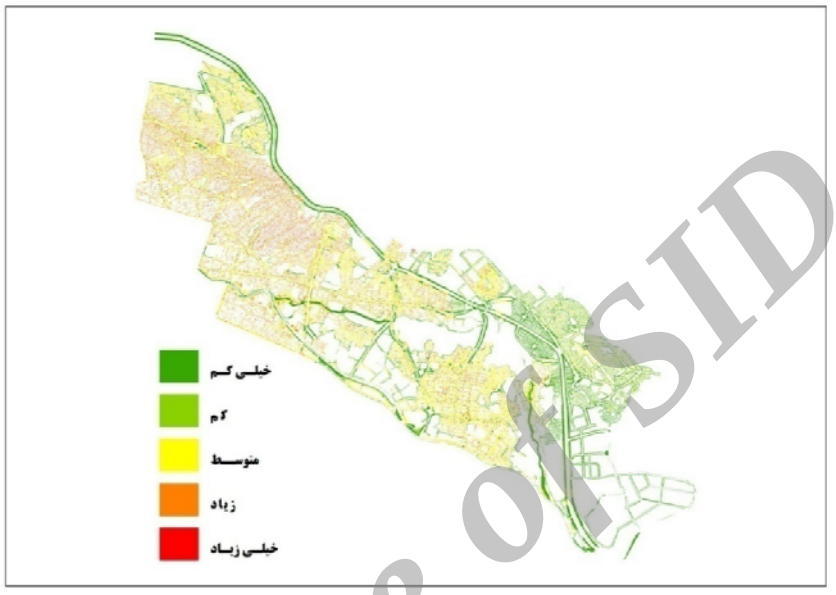
با توجه به نقشه آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی منطقه، خیابان‌های دارای عرض کافی که دسترسی بهتری به مراکز امدادی دارند، از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بهتری قرار دارند. به‌عبارت دیگر این خیابان‌ها با توجه به تقسیم‌بندی نقشه آسیب‌پذیری به ۵ قسمت، یا رتبه «کمترین آسیب‌پذیری» و یا «نسبتاً آسیب‌پذیر» گرفته‌اند. البته بدنه این خیابان‌ها دارای تراکم‌های جمعیتی و ساختمانی کم بوده و از نظر کیفیت ابنیه نیز در وضعیت بهتری قرار داشته‌اند. این مسیرها، بزرگراه‌های موجود در مرز منطقه مانند بزرگراه پاسداران و خیابان‌های عریض موجود در داخل محدوده منطقه می‌باشد.

به‌طور کلی معابر موجود در شرق منطقه نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه دارای نسبتاً آسیب‌پذیرتری هستند. با حرکت از سمت شرق به غرب و مرکز منطقه، بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود. علت این امر این است که شرق منطقه نسبت به مرکز و غرب آن دارای معابر با عرض کافی، ساختمان‌های مقاوم و با قدمت کم می‌باشد. تراکم کاربری‌های مسکونی بدون مجوز در محدوده‌های مرکزی، شمال و غرب منطقه باعث شده که این مناطق در وضعیت آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله قرار داشته باشد. هم‌چنین این مناطق به‌علت داشتن عرض کم و در انتها به بن‌بست رسیدن آن، تعدد تقاطع‌های هم سطح و نبود تقاطع‌های غیر هم‌سطح، در وضعیت خوبی نبودند. آسیب‌پذیری خیابان‌های محدوده منبع و ۴۲ متری در هر دو سمت آن مشهود است.

وجود کاربری‌های با مساحت زیاد، تراکم جمعیتی و ساختمانی کم و درجه محصوریت کم‌تر در بدنه شرق محدوده باعث امتیاز پایین از نظر آسیب‌پذیری و نتیجه وضعیت بهتر آن‌ها شده است. خیابان‌های عریض نقش حیاتی را به‌عنوان شریان حیاتی در مواقع بعد از زلزله بازی خواهند کرد و نسبتاً آسیب‌پذیرتر آن‌ها در این امر کمک زیادی در امر امدادرسانی بازی خواهند کرد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۲) آسیب‌پذیری بدنه شبکه‌های ارتباطی مناطق ۱ و ۵ طرح تفصیلی تبریز دربرابر زلزله

یافته‌ها و بحث

اهمیت فراوانی که در دسترسی و تبلور کالبدی آن یعنی «شبکه‌های ارتباطی و معابر شهری» در شهر دارد، به شرایط عادی جامعه باز می‌گردد. در شرایط غیرعادی و بحرانی ناشی از وقوع زلزله، اهمیت ذکر شده برای دسترسی دو چندان می‌شود. زیرا اگر برقراری دسترسی بهینه در شرایط عادی جامعه باعث افزایش مطلوبیت و کیفیت سطح زندگی می‌شود، در شرایط بحرانی پس از وقوع زلزله حفظ و دسترسی و جریان آمد و شد در معابر باعث نجات و تداوم حیات انسانی می‌گردد. شبکه ارتباطی شهر به‌مثابه شریان‌های حیاتی شهر می‌باشد؛ به‌گونه‌ای که نقش حساسی در آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله دارد. در صورتی که شبکه ارتباطی شهر پس از وقوع زلزله کارآیی خود را حفظ کند، از آسیب‌های ناشی از زلزله کاسته می‌شود. ایمنی شبکه ارتباطی شهر سبب کاهش آسیب‌پذیری در هنگام وقوع زلزله، گریز و پناه و هم‌چنین سبب سهولت خدمات‌رسانی در زمان بحران می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

شبکه‌های ارتباطی محلی است که عملیات امدادرسانی و امداد و پناهگیری به‌وسیله آن صورت می‌گیرد. اگر شبکه‌های ارتباطی بتواند نقش خود را به خوبی انجام دهد، آمار تلفات و خسارت‌های جانی و اقتصادی نیز در شهرها کاهش خواهد یافت. در واقع مسیری می‌تواند در امر امدادرسانی و پناه موثر باشد که خود کم‌ترین آسیب را ببیند. داشتن درجه محصوریت کم‌تر، نزدیکی به مراکز امدادی و خدماتی، داشتن سلسله‌مراتب و جزیره‌ای نبودن، نداشتن مشکل ترافیک و ایمن بودن، دارا بودن بدنه مقاوم و تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی کم‌تر، واقع نشدن بر روی خط گسل و آسیب ندیدن کاربری‌های حساس بدنه از ویژگی‌های شبکه ارتباطی کارا در کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله است.

برای مشخص کردن کارایی شبکه‌های ارتباطی، در مرحله اول ۱۲ شاخص درجه محصوریت، ارتفاع ساختمان‌ها، عرض معابر، کاربری زمین، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت، قدمت و مصالح ابنیه، دسترسی به مراکز امدادی و دوری و نزدیکی به گسل‌های اصلی انتخاب شده و قطعه‌های ساختمانی و زمینی آسیب‌پذیر درمقابل زلزله مشخص شده است. نتیجه این کار، نقشه آسیب‌پذیری مناطق یک و پنج در مقابل زلزله است. با توجه به همین شاخص‌ها، نقشه بدنه خیابان‌های موجود در مناطق یک و پنج تولید شده که آسیب‌پذیری خیابان‌ها در مرکز منطقه نسبت به سایر نقاط آن بیش‌تر بوده است.

بدنه شبکه‌های ارتباطی شمال مناطق یک و پنج به‌دلیل داشتن تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی پایین و نوساز و یا بایر بودن از نظر آسیب‌پذیری در وضعیت بهتری هستند. همچنین این خیابان‌ها دارای درجه محصوریت پایین بوده و به‌دلیل ایمنی شبکه و رعایت سلسله‌مراتب، دارای دسترسی بهتری به مراکز امدادی هستند. آسیب‌پذیری بدنه مسیرها از از شرق به غرب افزایش یافته و در مرکز منطقه به اوج خود می‌رسد. به این ترتیب شبکه‌های ارتباطی موجود در مرکز در مواقع بروز زلزله از ایفای نقش خود عاجز خواهد بود. بزرگراه‌های موجود در داخل و یا مرز منطقه به‌علت داشتن ایمنی، سرعت، تعداد تقاطع‌های کم‌تر، کیفیت خوب بدنه، درجه محصوریت پایین و تراکم جمعیتی کم‌تر در وضعیت آسیب‌پذیری کم‌تری قرار گرفته‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

درجه محصوریت عامل مهمی در افزایش و کاهش آسیب‌پذیری مسیرها می‌باشد. وقتی درجه محصوریت از ۱ بیش‌تر می‌شود، احتمال بسته شدن خیابان مرتبط به‌دلیل ریزش آوار افزایش می‌یابد. این امر باعث بیش‌تر شدن زمان امداد و نجات و افزایش تعداد قربانیان زلزله می‌شود. درجه محصوریت در بافت مرکزی منطقه به دلیل عدم رعایت مقررات شهرسازی و خودرو بودن گسترش آن‌ها، بیش‌تر بوده و فقط بزرگراه‌ها و خیابان‌های انقلاب و فارابی از این منظر وضعیت مناسبی دارد. همچنین معابر سمت شرق منطقه دارای محصوریت کم‌تری هستند. می‌توان گفت در صورت بروز زلزله در مرکز منطقه با یک فاجعه انسانی رخ خواهد داد. از مهم‌ترین نتایج حاصل شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

برای مشخص کردن آسیب‌پذیری یک خیابان تنها عرض معبر و کیفیت فیزیکی آن کافی نبوده و تراکم‌های ساختمانی و جمعیتی و کیفیت ابنیه و... نیز تأثیر انکار نشدنی در این امر دارند.

با افزایش عرض خیابان‌ها، درجه آسیب‌پذیری آن‌ها هرچند نوسان داشته، ولی تقریباً کم‌تر شده است.

بسته شدن انتهای بعضی خیابان‌ها و عدم دسترسی و خارج شدن ناگهانی از سلسله‌مراتب، باعث افزایش زمان عملیات و نجات می‌شود.

قرار نگرفتن اکثر بیمارستان‌ها و مراکز امدادی در کنار معابر اصلی، دسترسی به این مراکز را در مواقع پس از زلزله سخت کرده است.

وجود معابر کم عرض در منطقه، باعث مسدود شدن دسترسی می‌شود.

رشد خودرو و بدون برنامه محدوده مرکزی و غرب منطقه، باعث بروز فاجعه انسانی به خصوص در مرکز محدوده مورد مطالعه خواهد شد.

وجود معابر با طول بیش‌تر و تعدد تقاطع‌های چهارراهی و بعضاً کم عرض معابر مانند خیابان‌های مرکزی محدوده به علت احتمال مسدود شدن در نتیجه حجم رفت و آمد باعث افزایش زمان سفر و کندی عملیات امداد و نجات می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

از مرکز به سمت شرق محدوده از شدت آسیب‌پذیری منطقه کاسته می‌شود.

وجود پارک بزرگ ارم راه مفر و اسکان موقت و پناه‌گیری خوبی را بعد از زلزله برای محدوده‌های اطراف خود فراهم کرده است.

رعایت سلسله‌مراتبی در شهرک‌های برنامه‌ریزی شده (ارم، الهیه، ولی عصر و...) از نکات مثبت قابل ذکر در مناطق یک و پنج می‌باشد.

علاوه‌بر شاخص‌های انتخاب شده، بیش‌تر بودن فضاهای باز در سمت‌های شرقی و شمال غربی (شهرک ارم) و کم‌تر بودن آن در محدوده مرکزی و غربی و در نتیجه کاهش آسیب‌پذیری در محدوده شرق و شمال غرب و افزایش آسیب‌پذیری در محدوده مرکزی و غربی را سبب می‌شود.

خیابان‌های عریض از جمله پاسداران و چایکنار مسیرهای مهم و تقریباً کم‌آسیب‌پذیر منطقه هستند.

فشردگی بافت، کمبود فضاهای باز و بالا بودن تراکم ساختمانی در محدوده مرکزی منطقه (موسوم به منبع) آسیب‌پذیری آن را تشدید می‌کند.

درجه محصوریت در اکثر خیابان‌های شرق و غرب پایین بوده است.

مرمتی و تخریبی بودن بعضی از ساختمان‌های بدنه معابر، آسیب‌پذیری آن را بیش‌تر کرده است.

کاربری‌های مجاور تأسیسات برق، تأسیسات گاز و پمپ بنزین نیز به دلیل آتش‌سوزی بعد از وقوع زلزله آسیب‌پذیر هستند.

پیشنهادهای ارایه شده

در این بخش با توجه به تحلیل و نتایج انجام شده پیشنهادهایی در ارتباط با آن‌ها ارایه می‌شود:

ـ از افزایش تراکم‌های جمعیتی و ساختمانی در بدنه معابر کم عرض جلوگیری شود.

Archive of SID

www.SID.ir

ـ انتقال کاربری‌های درمانی در کنار معابر اصلی

ـ جلوگیری از افزایش محصوریت خیابان‌ها

ـ بهتر کردن کیفیت ساختمان‌های مرمتی و نوسازی ساختمان‌های مخروبه

ـ افزایش مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها

ـ مرتبط کردن عرض خیابان‌های با عرض‌های مختلف از طریق سلسله‌مراتبی

ـ کم کردن تعدادتقاطع‌های چهارراهی معابر با یک‌طرفه کردن آن‌ها

ـ ایجاد فضاهای باز در مراکز محلات و بافت‌های متراکم

ـ طرح تجمیع قطعات و بیش‌تر کردن مساحت ساختمان‌های ساخته شده برای کاهش تراکم ساختمانی

ـ کشیدن خیابان افقی در قسمت مرکزی منطقه برای حل مشکل دسترسی

ـ احداث پارکینگ در بدنه خیابان‌های اصلی

ـ تخریب ساختمان‌های مجاور در کنار تأسیسات گاز و برق و پمپ بنزین و احداث فضای باز در اطرف این کاربری‌های برای جلوگیری از آتش‌سوزی.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

ـ باغوند، اکبر و همکاران (۱۳۸۵)، «بررسی علل تنزل عملکرد شبکه حمل و نقل شهری پس از وقوع زلزله و راهکارهای مقابله با آن»، دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.

ـ ترابی، کمال (۱۳۸۸)، «بررسی نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات ناشی از زلزله- مورد مطالعه: منطقه ۶ شهرداری تهران با تأکید بر ناحیه ۱»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد در رشته شهرسازی- برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دانشگاه علم و صنعت ایران.

ـ حبیبی، کیومرث (۱۳۸۹)، «پروژه کاربرد GIS در بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری، وزارت راه و شهرسازی»، سازمان عمران و بهسازی شهری، تهران.

ـ حبیبی، کیومرث و همکاران (۱۳۸۷)، «تعیین عوامل ساختمانی موثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC» ***هنرهای زیبا***، شماره ۳۳، ص ۲۷-۳۶.

ـ حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۸۸)، ***«امنیت شهری و GIS»***، دانشگاه امام حسین، تهران.

ـ حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵)، «ارزیابی سیاست‌های توسعه کالبدی، بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری با استفاده از GIS، پایان‌نامه برای دریافت درجه دکتری در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران.

ـ مهندسان مشاور تهران پادیر (۱۳۸۸)، «مطالعات ریز پهنه‌بندی ژئوتکنیک لرزه‌ای شهر تبریز»، اداره کل راه و شهرسازی استان آذربایجاشرقی، تبریز، جلد سوم.

- Chang, E. Stephanie& Nojima, Nobuoto (1998), "Measuring Lifeline System Performance: Highway Transportation Systems in Recent Earthquakes", Proc. of the 6th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Seattle, USA, Paper No. 70, 12p.

- Cova, T. & Johnson, J. (2003), "A Network Flow Model for Lane-Based Evacuation Routing", ***Transportation Research***, Part A, 37: 579-604.

- Husdal, J. (2006), "Transport Network Vulnerability: Which Terminology and Metrics Should We Use?" Paper Presented at the NECTAR Cluster 1 Seminar, Norway: 1-9.

Archive of SID

www.SID.ir

- Minami, Masaaki et al (2003), "Street Network Planning for Disaster Prevention against Street Blockade," Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, 2003, Page 1750-1756.

- Miriam, Holly & Shulman, Lea (2008), "Estimating Evaluation Vulnerability of Urban Transportation Systems Using GIS", A Thesis Submitted to the Department of Geography In Conformity with the Requirements for the Degree of Master of Arts, Queen's University Kingston, Ontario, Canada.

- Samadzadegan, F. & Zarrinpanjeh, N. (2008), "Earthquake Destruction Assessment of Urban Roads Network Using Satellite Imagery And Fuzzy Inference Systems", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII. Part B8, Beijing, Page 409-414.

- Sohn, J. (2006), "Evaluating the Significance of Highway Network Links under the Flood Damage: An Accessibility Approach", ***Transportation Research***, Part A, 40: 491-506.

- Taylor, M.; Sekhar, S. & D'Este, G. (2006), "Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks", ***Network Spatial Economy***, 6: 267-291.

- Tsukaguchi H. & Li Y., (1999), "District and Local Distributor Network to Ensure Disaster-resilient Urban Planning", Shanghai International Symposium on Urban Transportation Proceedings.

- Lee Y.L., Yeh K.Y., (2003), "Street Network Reliability Evaluation Following the Chi-chi Earthquake, The Network Reliability of Transport", Proceedings of the 1st International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR), Edited by Michael G.H. Bell and Yasunori Iida, pp.273-288

- Liu, Bin et al (2003), "The Restoration Planning Of Road Network In Earthquake Disasters", Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, October, Page 526-539.

Archive of SID

www.SID.ir