بررسی آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی شهرها در مقابل زلزله با استفاده از روش GIS , IHWP

مطالعه موردی منطقه شش شهرداری تهران

اسماعیل شیعه*
کیومرث حبیبی**
کمال ترابی***

چکیده

زلزله گاه می‌تواند خسارات عظیمی در زندگی بشر به بار آورد از جمله، مختل کردن شبکه‌های ارتباطی که امکان نجات زلزله‌زدگان به ویژه در۷۲ ساعت اولیه را با مشکل جدی روبه‌رو می‌سازد. امروزه به وجود آمدن این وضعیت خطرناک به دنبال کم‌عرض بودن راه‌ها، دور بودن از مراکز خدماتی و درمانی و قرارگیری در منطقه‌ای با زلزله‌خیزی بالا، نتیجهٔ گسترش کالبدی و افزایش تراکم شهرهای بزرگ است که منجر به از بین رفتن کارایی شبکه‌های ارتباطی، حجم بالای تلفات انسانی و خسارت‌های مالی می‌شود.

منطقه شش شهر تهران با حدود ۲۲۰ هزار نفر جمعیت درسال۱۳۸۵ و ۲۰ کیلومتر مربع مساحت، یکی از مهم‌ترین مناطق شهر تهران به‌شمار می‌آید. تمرکز نهادهایی نظیر وزارتخانه‌ها، سفارتخانه‌ها، مؤسسات آموزش عالی، مراکز درمانی و بیمارستان‌های عمومی، شرکت‌های بزرگ اقتصادی و غیره بیانگر اهمیت بالای این منطقه از دیدگاه شهری و کشوری است. این موضوع به نوبه خود توجه به مسایل مدیریت بحران و حوادث در این محدوده را ضروری می‌سازد در این پژوهش با استفاده از مواردی چون دسترسی به مراکز درمانی، رابطه بین عرض خیابان و ارتفاع ساختمان‌ها، تراکم ساختمانی و جمعیتی، کاربری زمین، PGA منطقه و کیفیت ابنیه از طریق مدل‌های مختلف تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها که براساس مدل تحلیل سلسله مراتبی معکوس ترکیب شده، میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه شش در مقابل زلزله مشخص شده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که بدنه خیابان‌هایی با تراکم ساختمانی و جمعیتی بالا، کیفیت ابنیه پایین، فاصله زیاد تا مراکز امدادی نسبت به سایر قطعه‌ها و درجه محصوریت بیشتر، از میزان آسیب‌پذیری بالایی برخوردار بوده تا حدی‌که به عنوان بخش‌های آسیب‌پذیر شناخته می‌شود که با حرکت از سمت شمال منطقه به طرف جنوب به این میزان افزوده می‌شود. در مقابل بزرگراه‌ها و خیابان‌های با عرض بیشتر و تراکم ساختمانی و جمعیتی کمتر از آسیب‌پذیری کمتری برخوردار است.

واژگان کلیدی

آسیب‌پذیری، زلزله، شبکه‌های ارتباطی، تحلیل سلسله مراتبی معکوس، GIS.

Investigating of Urban Streets Network Vulnerability Against Earthquake, Using of IHWP & GIS; the Case STUDY : the 6TH Zone of Tehran

Esmaeil Shieh* Ph.D
Kiumars Habibi** Ph.D
Kamal Torabi***MA

Abstract

Great earthquakes mostly caused huge damages to human life. Vulnerability of street networks is one of this damages which makes the rescue operation dealing with serious problems. Physical expansion and high density in big cities may cause hazardous condition in case of earthquake because of narrow lines, being far from medical care centers and locating in high risk area. In case of earthquake the streets network will be destroyed and large amount of human injures and property damages are on the way. The 6th zone of Tehran, with population of approximately 2200000 in 1385 and area of 20 km2 is one of the most important zones of Tehran. Existence of some land-uses such as ministries, embassies, higher educational institutes, medical centers and regional hospitals, immense enterprise companies, etc, reflects the high importance of this zone. This issue expresses the need for paying more attention to problems such as disaster and incident management.

In this paper by employing indexes such as accessibility to medical centers, relation between width of street and height of building, construction and population density, land-use, PGA, building quality, vulnerability rate of street network of 6th zone against earthquake were calculated and combined using IHWP method and GIS. The findings of this research reveal that facade of streets with high density of construction and population, low building quality, further distance to SOS center and high level of inclusion have high rate of vulnerability compared with other facade of streets. From north to south of the zone the vulnerability of facade of streets increases. Also highways and facade of streets which have more width and less construction and population density have less value of vulnerability. Street with vulnerable bridge, high level of inclusion, construction and population density, are more vulnerable.

Keywords

Vulnerability, Earthquake, Street Networks, IHWP, GIS.

*دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران. تهران es_shieh@iust.ac.ir
**استادیار دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه کردستان. سنندج. نویسنده مسئول ۰۹۱۲۵۲۷۳۹۶۸ habibi_ki@yahoo.co.uk
***دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شهرسازی دانشگاه علم و صنعت ایران. torabi1984@gmail.com

*Associate Professor in Urban Planning, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran
**Assistant Professor in Urban Planning, Kordestan University, Sanandaj, Iran
*** M.A Candidate in Urban & Regional Planning, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

مقدمه

زلزله یکی از پدیده‌های طبیعی عصر حاضر است که در مدتی بسیار کوتاه و با تهدید جان انسان‌ها و سکونتگاه‌های بشری، می‌تواند خسارات‌زیادی بر جای گذارد. پایداری و ایمنی در مقابل این پدیده‌ها همیشه یکی از نگرانی‌های بشر بوده است زلزله همیشه به عنوان پدیده‌ای تکرارپذیر در طول تاریخ وجود داشته و خواهد داشت.

زلزله به خودی خود نتایج نامطلوبی در پی ندارد؛ آنچه از این پدیده یک فاجعه می‌سازد، عدم برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات 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. همچنین تخریب بافت، تأخیر در تخلیه جمعیت ساکن، مسدود شدن شبکه‌های ارتباطی و در نتیجه عدم امدادرسانی به موقع، افزایش خسارات و زنده به گور شدن هزاران نفر از دیگر عواقب آن است. بسیاری از افراد که در زیر آوار مانده‌اند، در صورت عدم امکان دسترسی و کمک‌رسانی جان خود را از دست خواهند داد.

بعد از وقوع زلزله کارایی شبکه‌های ارتباطی به علت فروریختن ساختمان‌ها و احتمال بسته‌شدن مسیرها به شدت کاهش می‌یابد [Yung et el, 2007]. این در حالی است که بعد از وقوع یک فاجعه با وضعیت اضطراری، شبکه‌های ارتباطی نقش حیاتی در نجات جان انسان‌ها و شدت بخشیدن به عملیات بازسازی و بازگشت حالت عادی به شهر بر عهده دارد [Liu et al, 2003]. به عبارت دیگر، شبکه‌های ارتباطی در شرایط اضطراری بعد از زلزله، بهبود و مراحل بازسازی برای بازگرداندن شرایط عادی به شهرها نقش حیاتی بازی می‌کند. قابل ذکر است در زلزله‌های اخیر به دلیل آسیب‌پذیری کالبدی شبکه‌های ارتباطی؛ رفت و آمد خودروها غیر ممکن بوده، فعالیت‌های شهری از بین رفته و توانایی بازسازی اضطراری شهرها غیر ممکن شده است [Nojima & Sugito, 2000].

اگرچه جلوگیری از وقوع زلزله امکان‌پذیر نیست، ولی کاهش آسیب‌های ناشی از آن ممکن است. چیزی‌که بیش از همه اهمیت دارد، نجات دادن جان انسان‌ها در برابر این رخداد طبیعی و نقش شبکه‌های ارتباطی از جمله راه‌ها و مسیرهای بین ساختمان‌های تخریب‌شده در امدادرسانی و کمک به مجروحین است که نمی‌توان آن را انکار کرد.

مهم‌ترین ضرورت این پژوهش، خطرپذیری بالای شهرها در برابر زلزله و عدم توجه کافی به نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش اثرات آن است. با وقوع هر زلزله‌ای هزاران نفر قربانی می‌شوند و باتوجه به عدم آمادگی کافی (در برابر اثرات سو ناشی از زلزله) این مسئله در کشور ما به مراتب بیشتر است. اگرچه جمعیت ایران ۱ درصد جمعیت دنیا را تشکیل می‌دهد، ولی تلفات ناشی از زلزله آن در حدود ۶ درصد تلفات دنیاست [ابلقی،۱۳۸۴ : ۲]. ضرورت کاهش جمعیت آسیب‌دیدگان (تعداد تلفات و مجروحین)، آسیب‌های اقتصادی (هزینه‌های بازسازی، از کار افتادن اقتصاد شهر) و کالبدی (تخریب ساختمان‌ها) ناشی از زلزله بر کسی پوشیده نیست.

اهمیت مسایل فوق و ضرورت سرعت همراه با دقت، برنامه‌ریزی شبکه‌های ارتباطی را ضروری ساخته و وجود مسیرهای دسترسی ویژه‌ای را می‌طلبد که علاوه برکارا بودن پس از بحران، خود کمترین آسیب ممکنه را از سانحه پذیرا شود و قابلیت گسترش عملکرد نیز داشته باشد. زلزله باعث بروز مشکلات متفاوتی چون آسیب و انهدام مناطق مسکونی، ساختمان‌ها، سازه‌ها و تأسیسات زیربنایی، مانند پل‌ها و جاده‌ها، خطوط راه‌آهن مخازن آب و خطوط انتقال برق می‌شود. وقوع چنین حوادثی معمولاً اثرات سویی درکاهش عملکرد شبکه دسترسی مجاور خود خواهد داشت.

کاربری زمین، تراکم جمعیت و ساختمانی، کیفیت ابنیه، عرض راه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، سلسله مراتبی معابر و دوری و نزدیکی به مراکز درمانی در کاهش یا افزایش آسیب‌ها و خسارت‌های ناشی از زلزله تأثیر به‌سزایی دارد. به همین دلیل مطالعه درست آنها و مشخص‌کردن مسیرها و محدوده‌های آسیب‌پذیر یا امن با توجه به معیارهای ذکرشده، امکان برنامه‌ریزی درست را فراهم می‌آورد.

ضرورت مشخص‌کردن چالش‌های جدی محیطی، برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری را بسیار دشوار کرده است. طراحی دالان‌ها، خیابان‌ها و معابر برای فراهم کردن حرکت ایمن و دسترسی مردم، شامل مدیریت آن برای حل مشکلات اقتصادی، اجتماعی و محیطی است [Kennedy et al, 2005]. مهم‌ترین مشکل محیطی به طور حتم برخورد با پدیده‌های طبیعی و در رأس آن زلزله است.

شهر با ساختاری چندلایه شامل توزیع فعالیت‌های انسانی، امکانات و زیرساخت‌هاست که باعث ایجاد تضاد در شهر می‌شود. حل این تضاد به عهدهٔ شبکهٔ ارتباطی است؛ به‌طوری‌که مردم ممکن است از یک بخش فاقد امکانات در شهر به یک بخش دارای تسهیلات و امکانات زندگی حرکت کنند. در مواقع بروز بحران‌های طبیعی به خصوص زلزله، شبکهٔ ارتباطی به چند تکه تقسیم می‌شود. این شبکه باید قادر به ارایه حداقل سرویس برای حفظ ساکنین باشد و طوری طراحی شود که ارتباط بین بخش‌های مختلف شهر حفظ به نظرم باشد بهتر است شود [Huang, 2003: 96].

شبکهٔ ارتباطی شهر، نقش حساسی در آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله دارد و در صورتی که بعد از وقوع زلزله آسیب نبیند و کارآیی خود را حفظ کند، از تلفات زلزله به میزان زیادی کاسته خواهد شد زیرا امکان گریز از موقعیت‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن فراهم بوده و عبور و مرور وسایل نقلیهٔ امدادی به‌راحتی صورت خواهد گرفت [عبدالهی،۱۳۸۰ : ۹۴ – ۹۳].

در این پژوهش اعتقاد بر این است که می‌توان با توجه به معیارهای ذکر شده، خسارت‌های ناشی از زلزله را کاهش داد.زلزله‌های اخیر شاخصی از میزان آسیب‌پذیری ایران در مناطق شهری است. زلزله‌های بویین‌زهرا (۱۳۴۱)، رودبار (۱۳۶۹) و بم (۱۳۸۲) هرکدام هزاران کشته بر جای گذاشت تنها زلزله بم بیش از ۳۰۰۰۰ کشته، ۱۰۰۰۰ زخمی، ۱۰۰۰۰۰ نفر بی‌خانمان برجای گذاشت و بیش از ۸۰ درصد از شهر را تخریب کرد و تمام زیرساخت‌های شهری را از بین برد و بدین‌ترتیب بیش از ۸۰۰ میلیون دلار خسارت برجای گذاشت [National report of the Islamic republic if Iran on disaster reduction, 2005:8]. درحالی که ۴ روز بعد از زلزله بم، زلزله‌ای با مقیاس مشابه در شهر سن روبلز ایالت کالیفرنیا درکشور آمریکا اتفاق افتاد که تنها ۲ کشته برجای گذاشت [UN/ISDR, 2005:1].

منطقه شش یکی از مهم‌ترین مناطق شهر تهران به‌شمار می‌آید و در صورت بروز حوادث احتمالی خسارات وارده به این منطقه می‌تواند تبعات بسیار زیادی برای مدیریت شهری و حتی کشوری داشته باشد. مجموعه این عوامل علت انتخاب این منطقه به عنوان محدوده مطالعاتی بوده است.

مرور سابقه شبکه‌های ارتباطی

آسیب‌پذیری شهری در مقابل زلزله تابعی از رفتارهای انسانی است که درجه تسلیم یا قابلیت ایستادگی واحدهای اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی شهری در مقابل زلزله را نشان می‌دهد [Rashed and Weeks, 2003:547]. 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 بر برنامه آمادگی در برابر زلزله ژاپن گذاشت؛ زیرا واکنش نسبتاً آهسته و عدم آمادگی کافی در مواجهه با تأثیرات چنین زلزله بزرگ و ویرانگری، انتقاداتی را در سطح محلی و دولت مرکزی به ژاپن وارد کرد [حبیبی، ۱۳۸۸ : ۵۱]. بعد از این زلزله به نقش شبکه‌های ارتباطی توجه جدی‌تری شده و پژوهش‌های مختلفی در دنیا مانند Chang & Nojima (1998) Lee and Yeh (2003), Chen et al(2002), Odani & Uranaka (1999), Tsukaguchi and Li,(1999) Minami et al (2003), Liu et al.(2003) و Samadzadegan & Zarrinpanjeh (2008) انجام گرفته است که به چند مورد از آنها اشاره می‌شود :

"اکبر باغوند" و همکارانش [۱۳۸۵] در مقاله‌ای ارایه‌شده در دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت ابتدا به بررسی عمده مخاطراتی پرداخته‌اند که عملکرد شبکه‌های دسترسی را پس از وقوع زلزله تهدید می‌نماید؛ و در ادامه راهکارهایی جهت افزایش کارامدی شبکه معابر در مناطق شهری و خصوصا مناطق دارای بافت فرسوده، پس از وقوع یک سانحه ارائه کرده‌اند.

"چنج"[۱] و"نوجیم"[۲] در سال ۱۹۹۸ کارایی بزرگراه‌ها در شرایط بعد از زلزله کشورهای ایالات متحده آمریکا و ژاپن (زلزله ۱۹۸۹ لوپاپاریتا، زلزله ۱۹۹۴ نوث‌ریج و زلزلهٔ ۱۹۹۵ کوبه) را مطالعه کرده‌اند [Nojima &Chang, 1998].

"تسوکاجوکی"[۳] و "لی"[۴] در سال ۱۹۹۹ بعد از زلزله هانشین- آواجی مدلی برای یافتن علت بسته شدن معابر به کار برده و آن را برای بهبود ساختار شبکه‌های ارتباطی و طراحی شبکه پیشنهاد کرده‌اند [Tsukaguchi & Li, 1999].

"لیو"[۵] و همکارانش در سال ۲۰۰۳ در پژوهش خود الگوریتمی را برای محاسبه ظرفیت رفت و آمد شبکه ارتباطی با استفاده از معیارهای کنترل تقاضای گوناگون رفت و آمدها مانند ضابطه‌های رفت و آمد برای شبکه ارتباطی آسیب دیده پیشنهاد کرده‌اند [Liu et al, 2003].

"مینامی"[۶] و دیگران همکارانش در سال 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 شهر یوبه ژاپن را جمع‌آوری کرده در محیط GIS تجزیه و تحلیل کرده‌اند [Minami et al, 2003].

"لی"[۷] و "یه"[۸] (۲۰۰۳) بعد از بررسی ۹۲۱ زلزله بزرگ 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 and Yeh, 2003].

در سال ۲۰۰۸ "صمدزادگان" به همراه "زرین پنجه" با استفاده از نقشه‌برداری دیجیتالی قبل از زلزله و عکس ماهواره‌ای با کیفیت بالا پس از زلزله بر طراحی و توسعه روشی برای ارزیابی میزان آسیب شبکه ارتباطی متمرکز شده‌اند [Samadzadegan & Zarrinpanjeh, 2008].

آسیب‌پذیری[۹] شبکه ارتباطی

آسیب‌پذیری شبکه به ساختار فضایی شبکه پرداخته و در زمینه تخلیه عمومی به کار می‌رود تا قسمتهای آسیب‌پذیر ساختار شهری مشخص شود. این آسیب‌پذیری به ساختار شبکه، طبیعت و ترافیک [Husdal, 2006] و نیز عوامل مرتبط با آن مانند توپولوژی و شکل هندسی و جریان رفت و آمد در شبکه به ویژه در ساعت اوج مربوط است. البته این عوامل دقیق، ولی کارای تخلیه در این سه عبارت را به سختی می‌توان تخمین زد. طیف وسیعی از عوامل مختلف در تخلیه مؤثر هستند. شناختن ضعف، بحران و آسیب‌پذیری شبکه اهمیت زیادی دارد. به ویژه در بعضی 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 که بسیاری از آنها به تخریب شبکه و یا نواحی مستعد آسیب‌پذیری 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, 2007]. شناسایی موقعیت‌های حیاتی، رویکردی برای ارزیابی احتمالات مختلف تنزل شبکه در یک رویداد است [Taylor et al, 2006]. موقعیت‌های حیاتی یک ناحیه در شبکه به جایی گفته می‌شود که تنزل یا از کار افتادن شبکه، بیشترین تأثیر را بر جریان دسترسی در آن داشته باشد [Miriam & Shulman, 2008:18].

دو مفهوم که در آسیب‌پذیری شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد، "افزونگی"[۱۰] و "انعطاف‌پذیری"[۱۱] است. افزونگی در حالت کلی جایی است که در آن مسیرهای مختلفی بین مبدأ و مقصد وجود دارد [Sohn, 2006]. اگرچه بیشتر مسیرها هزینه زیادی دربردارد، ولی از دیدگاه ایمنی، شبکه‌های افزونه راه مفر بیشتری فراهم می‌آورد. بنابراین وقتی راهی غیر قابل استفاده باشد، گزینه‌های مختلفی برای فرار وجود خواهد داشت.

راهکار دیگر برای کاهش آسیب‌پذیری، محدود کردن مسیرهای دوراهی و ترکیبی در تخلیه است،که منجر به پیوستگی جریان ترافیک برای مردم خارج از محدوده می‌شود[Cova et al, 2003]. این روش در شهرهای گسترده کارایی ندارد. چراکه در داخل یک واحد همسایگی مردم اطلاعات زیادی از چیزهای موجود دارند، به همین خاطر کنترل آنها آسان است. درحالیکه در یک شهر گسترده استفاده از این روش ممکن نیست [Miriam & Shulman, 2008:20].

تصویر ۱ . تخریب مسیر به علت تأثیر زلزله
مأخذ : باغوند و دیگران، ۱۳۸۵.

محاسبه میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی

ابتدا در این پژوهش با توجه به مبانی نظری و ادبیات جهانی در خصوص زلزله، به تدوین معیارها و شاخص‌های لازم برای شناسایی معابر آسیب‌پذیر و نقش معابر در برابر زلزله پرداخته شده و با توجه به معیارهای فوق و اطلاعات جمع‌آوری شده با نرم افزارArc GIS درزمینه روی هم‌گذاری لایه‌ها و تحلیل‌های دسترسی، نقش شبکه‌های ارتباطی در کاهش آسیب‌های زلزله تحلیل شده و در ادامه روش محاسبه و فرایند آن ارایه شده است.

مرحله اول : ارایه شاخص‌های انتخاب شده برای مشخص کردن در تشخیص پهنه‌های آسیب‌پذیر در برابر زلزله

به منظور بررسی میزان آسیب‌پذیری محدوده مورد مطالعه در برابر زلزله، هفت شاخص انتخاب شده که عبارت است از :

۱. نسبت عرض راه و ارتفاع جداره (درجه محصوریت) : شاخص بسیار مهمی است. چون با بالارفتن درجه محصوریت (ارتفاع ساختمان نسبت به عرض معبر احتمال بسته‌شدن معابر افزایش می‌یابد که در نهایت با آوار شدن ساختمان‌ها بر خیابان‌ها عملیات امداد و نجات و پناه‌گیری دچار مشکل می‌شود.

۲. تراکم جمعیتی : شاخصی که بار جمعیتی بر معابر در مواقع زلزله را نشان می‌دهد و بر اساس آن با افزایش تراکم جمعیتی، سرعت پناه‌گیری و امداد کاهش می‌یابد و بالعکس.

۳. تراکم ساختمانی : شاخص مهمی که با افزایش آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد.

۴. 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، با خطر متوسط و کم‌خطر" در برابر زلزله تقسیم شده است.

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

۶. PGA[۱۲] (بیشینه شتاب زمین) : از معیارهای مهم در طراحی و علت اصلی آسیب‌ها است که بر اساس ضریبی از g شتاب جاذبه زمین سنجیده می‌شود [قدرتی، ۱۳۸۶ : ۱۹]. واحد PGA مورد استفاده در اینجا، سانتیمتر بر مجذور ثانیه (cm/s^2) است.

۷. دسترسی به مراکز درمانی و خدماتی : امکان دسترسی به مراکز درمانی از طریق شبکه‌های ارتباطی موجب سرعت بخشیدن به عملیات امداد و نجات می‌شود. به این ترتیب با دورشدن از مراکز درمانی و خدماتی، احتمال آسیب‌پذیری بیشتر می‌شود.

مرحله دوم : ارائه راهبرد تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)[۱۳]

تخمین قابلیت آسیب‌پذیری تحت تأثیر ابهامات و عدم قطعیت‌ها قرار دارد چراکه محاسبه میزان آسیب‌پذیری در گذشته با استفاده از مدل بولین به معیارهای آسیب‌پذیری اجازه ظهور به‌صورت یک طیف پیوسته نمی‌دهد؛ به همین دلیل از مدل IHWP استفاده شده است [حبیبی، ۱۳۸۵].

مدل IHWP ترکیبی از روش منطق فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[۱۴] است که برای اولین بار در پایان‌نامه دکتری کیومرث حبیبی در دانشگاه تهران استفاده شده است. در ادامه مراحل استفاده از این مدل توضیح داده شده است.

تعیین اهمیت و رتبه داده‌ها

پس از شناسایی لایه‌های مورد بررسی براساس میزان اهمیت هرعامل در آسیب‌پذیری یک مکان بر اثر زلزله، ابتدا شاخص‌های انتخابی براساس شاخص آنتروپی (نظرات کارشناسی) رتبه‌بندی می‌شود. سپس معکوس رتبه هرلایه به عنوان وزن آن در مدل IHWP درنظر گرفته می‌شود. در مدل دلفی با توجه به نظرات کارشناسی افراد متخصص، ۷ شاخص ذکر شده در کلاس‌های مختلف با درجات مختلف اهمیت آن رتبه‌بندی می‌شود. بر این اساس با اهمیت‌ترین شاخص از نظر اهمیت آسیب‌پذیری در مقابل زلزله عدد ۷ و کم‌اهمیت‌ترین عدد ۰ را به خود اختصاص می‌دهد [حبیبی، ۱۳۸۵].

تعیین مبانی نظری و فرضیات وزن‌دهی

در این مرحله برای ۷ شاخص تحقیق فرضیه‌هایی مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، فرض اصلی در شاخص درجه محصوریت، براین اساس استوار است که از یکسو امکان مانور در ساختمان‌های کم‌ارتفاع با عرض معبر بیشتر به عبارتی نواحی با درجه محصوریت کمتر نسبت به ساختمان‌های با درجه محصوریت بالا، بیشتر بوده و از سوی دیگر چون حجم نخاله در معابر کمتر است در نتیجه از آسیب‌پذیری کمتری هم نسبت به آنها برخوردار است و برعکس. نقشه درجه محصوریت به ۷ کلاس تقسیم‌بندی می‌شود، با توجه به کسب امتیاز این شاخص در میان سایر شاخص‌ها، ساختمان‌هایی با کمترین و بیشترین درجه محصوریت به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز آسیب‌پذیری را نیز به خود اختصاص می‌دهد امکان دسترسی به مراکز درمانی، نقش مهمی در کاهش پیامدهای منفی حوادث طبیعی و مصنوعی دارند و از عمده‌ترین عملکردهای آن در هنگام بروز زلزله، کاهش تعداد قربانیان به خاطر دسترسی به مراکز امدادی است. از این رو میزان دسترسی به مراکز درمانی در هنگام بحران‌های شهری درجه آسیب‌پذیری آن را کم یا زیاد می‌نماید [حبیبی، ۱۳۸۵ : ۱۹].

همچنین این اصل مسلم در هر جامعه برقرار است : هرچه تراکم ساختمانی، ارتفاع ساختمان به عرض معبر، عدم رعایت استانداردهای احداث بنا، PGA، عمر و یا قدمت ساختمان، ناسازگاری کاربری‌ها، عدم امکان تخلیه کاربری، طول شبکه‌های زیرساختی چون خطوط گاز و نفت، ... بیشتر باشد، امکان آسیب‌رسانی بیشتر می‌شود [حبیبی، ۱۳۸۵].

شاخص	رتبه	معکوس رتبه	فرضیات وزن‌دهی
درجه محصوریت	۴	۴	هرچه درجه محصوریت کمتر = آسیب‌پذیری کمتر
تراکم جمعیتی	۳	۵	هرچه تراکم جمعیت کمتر = آسیب‌پذیری کمتر
تراکم ساختمانی	۲	۶	هرچه تراکم ساختمانی کمتر = آسیب‌پذیری کمتر
کاربری زمین	۵	۳	هرچه میزان خطرزا بودن کاربری کمتر = آسیب‌پذیری کمتر
کیفیت ابنیه	۱	۷	هرچه کیفیت ابنیه بهتر = آسیب‌پذیری کمتر
PGA	۶	۲	هرچه PGA کمتر = آسیب‌پذیری کمتر
دسترسی به مراکز درمانی	۷	۱	هرچه دسترسی به مراکز درمانی بیشتر= آسیب‌پذیری کمتر

جدول ۱. رابطه بین شاخص‌ها و میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی در برابر زلزله
مأخذ : نگارندگان.

محاسبه امتیاز لایه‌های انتخاب‌شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی معکوس (IHWP)

$$X = \frac{D}{N}$$

X = امتیاز اولیه هر شاخص

D =امتیاز بدست‌آمده از مدل دلفی

N =تعداد کلاس‌های هر شاخص

$j = D - (N-i)\ X$

j=امتیاز بدست‌آمده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص

I=رقم اختصاص داده شده برای طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص

درشکل زیر، جداول شاخص‌های انتخاب‌شده همراه با طبقه‌بندی هر شاخص و امتیاز آنها آورده شده است. اعداد داخل پرانتز شاخص‌ها، امتیاز بدست‌آمده از مدل دلفی (D) و اعداد داخل پرانتز طبقه‌بندی هر شاخص" رقم اختصاص داده شده به طبقه‌بندی‌های مختلف هر شاخص" (i) است. درنهایت امتیاز مربوط به هر طبقه از شاخص‌ها محاسبه شده است.

مرحله سوم : تلفیق نقشه‌ها

در این مرحله متناسب با معکوس رتبه کسب‌شده، وزن‌دهی به کلاس‌های هر لایه صورت گرفت و با استفاده از ابزار Calculator Raster ستون‌های امتیازات مربوط به هریک از لایه‌های اطلاعاتی ایجاد شده با یکدیگر جمع شد. به این ترتیب مجموع ۷ ستون مربوط به ۷ لایه اطلاعاتی در مورد هریک از قطعات، امتیاز باشد بهتر است واحد ساختمانی را از نظر آسیب‌پذیری و یا پایداری نسبت به سایر واحدها مشخص می‌کند. لازم به ذکر است که عملیات جبری داده‌ها در یک مرحله صورت می‌گیرد.

تهیه نقشه آسیب‌پذیری نهایی منطقه

در این مرحله نقشه نهایی با کلاس‌بندی داده‌ها در ۵ طبقه متمایز شامل (خیلی‌کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی‌زیاد) از نظر آسیب‌پذیری در مقابل زلزله فراهم می‌شود. به عبارت دیگر امتیازهای مربوط به هر قطعه ساختمانی از مجموع ۷ شاخص و کلاس‌های طبقه‌بندی آنها و نقشه آسیب‌پذیری منطقه در مقابل زلزله تولید شده است.

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
درجه محصوریت (امتیاز لایه۴)	کمتر از ۳.(۱)	۰.۵۷
	۶. - ۳.(۲)	۱.۱۴
	۹. - ۶.(۳)	۱.۷۱
	۱.۲ - ۹.(۴)	۲.۲۹
	۱.۵ - ۱.۲(۵)	۲.۸۶
	۲ - ۱.۵(۶)	۳.۴۳
	بالای ۲(۷)	۴

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
کیفیت ابنیه (امتیاز لایه۷)	(۱)۰	۱.۴
	نوساز(۲)	۲.۸
	قابل نگهداری(۳)	۴.۲
	مرمتی(۴)	۵.۶
	تخریبی(۵)	۷

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
کاربری زمین (امتیاز لایه۳)	کم خطر(۱)	۱
	متوسط خطر(۲)	۲
	پرخطر(۳)	۳

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
دسترسی به مراکز درمانی (امتیاز لایه۱)	(۱)۰-۵۰	۰.۱
	(۲)۵۰-۱۰۰	۰.۲
	(۳)۱۰۰-۲۰۰	۰.۳
	(۴)۲۰۰-۳۰۰	۰.۴
	(۵)۳۰۰-۴۰۰	۰.۵
	(۶)۴۰۰-۵۰۰	۰.۶
	(۷)۵۰۰-۷۵۰	۰.۷
	(۸)۷۵۰-۱۰۰۰	۰.۸
	(۹)۱۰۰۰-۱۲۵۰	۰.۹
	بالای ۱۲۵۰(۱۰)	۱

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
تراکم جمعیتی (امتیاز لایه۵)	کمتر از ۱۰۰(۱)	۰.۸۳
	۲۰۰-۱۰۰(۲)	۱.۶۷
	۳۰۰-۲۰۰(۳)	۲.۵۰
	۴۰۰-۳۰۰(۴)	۳.۳۳
	۵۰۰-۴۰۰(۵)	۴.۱۷
	بالای ۵۰۰(۶)	۵

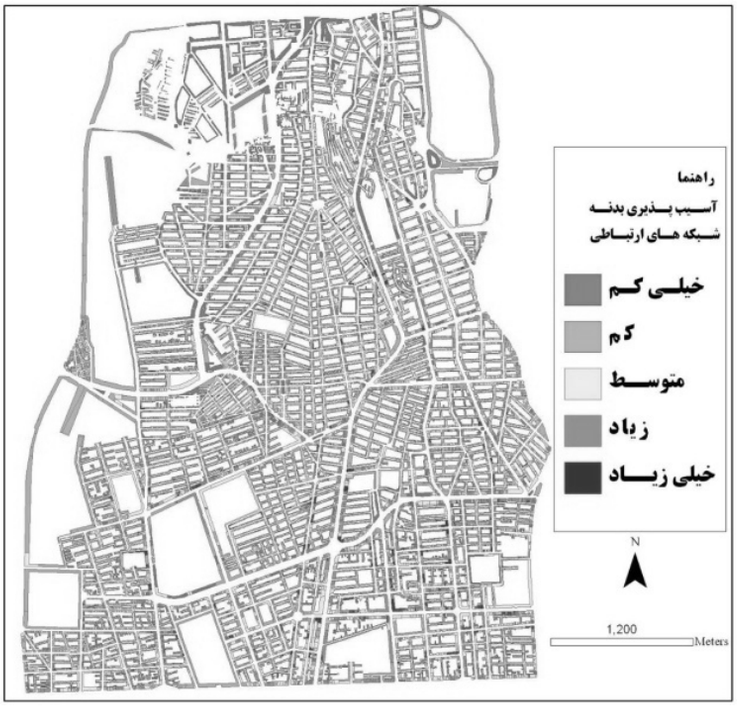
شاخص	طبقه بندی	امتیاز
تراکم ساختمانی (امتیاز لایه۶)	(۱)۰-۵۰	۰.۵۵
	(۲)۵۰-۱۰۰	۱.۰۹
	(۳)۱۰۰-۱۵۰	۱.۶۴
	(۴)۱۵۰-۲۰۰	۲.۱۸
	(۵)۲۰۰-۲۵۰	۲.۷۳
	(۶)۲۵۰-۳۰۰	۳.۲۷
	(۷)۳۰۰-۳۵۰	۳.۸۲
	(۸)۳۵۰-۴۰۰	۴.۳۶
	(۹)۴۰۰-۴۵۰	۴.۹۱
	(۱۰)۴۵۰-۵۰۰	۵.۴۵
	بالای ۵۰۰(۱۱)	۶

شاخص	طبقه بندی	امتیاز
PGA (امتیاز لایه۲)	(۱)۲۴۴.۰۵-۲۵۵.۳۷	۰.۵
	(۲)۲۵۵.۳۷-۲۶۰.۶۹	۱
	(۳)۲۶۰.۶۹-۲۷۷.۰۷	۱.۵
	بالای۲۷۷.۰۷(۴)	۲

شکل ۱. شاخص‌های هفتگانه، طبقه‌بندی آنها و محاسبه امتیاز مربوط به هر طبقه با استفاده از روش IHWP

مأخذ : نگارندگان.

شکل ۲. مراحل مدلسازی میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه۶ شهرداری تهران در برابر زلزله
مأخذ : نگارندگان.



تصویر ۳ . تعیین میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه ۶ شهرداری تهران در برابر زلزله
مأخذ : نگارندگان.

با توجه به نقشه آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی منطقه شش، خیابان‌هایی با عرض کافی که دسترسی بهتری به مراکز امدادی دارد، از میزان آسیب‌پذیری کمتری برخوردار است به عبارت دیگر این خیابان‌ها با توجه به تقسیم‌بندی نقشه آسیب‌پذیری به ۵ قسمت، رتبه"خیلی کم" یا "کم" گرفته است البته کناره‌این خیابان‌ها از تراکم‌جمعیتی و ساختمانی کم برخوردار بوده و از نظر کیفیت ابنیه نیز در وضعیت بهتری قرار دارد این مسیرها، بزرگراه‌های موجود در مرز منطقه شش مانند بزرگراه مدرس و بزرگراه چمران و بزرگراه‌های موجود در داخل محدوده منطقه مانند بزرگراه کردستان است. مشکل موجود در بزرگراه‌های منطقه، شدت رفت و آمد در آنهاست که این مسیرها را در ساعات خاصی صبح‌ها از شرق به غرب و جنوب به شمال و عصر به بعد از غرب به شرق و شمال به جنوب پر رفت و آمد کرده است.

به طور کلی معابر موجود در شمال منطقه نسبت به بقیه محدوده مورد مطالعه، دارای آسیب‌پذیری کمتری است. با حرکت از شمال به جنوب منطقه، بر میزان آسیب‌پذیری افزوده می‌شود؛ زیرا شمال منطقه نسبت به جنوب آن دارای معابر با عرض کافی، ساختمان‌های مقاوم‌تر و با قدمت کمتر است. تراکم کاربری‌های فرامنطقه‌ای در جنوب منطقه مانند دانشگاه‌های تهران، امیرکبیر، وزارتخانه‌ها و کاربری‌های جاذب ترافیک تجاری به‌خصوص در خیابان‌های انقلاب و ولیعصر که هر دو نقش شهری دارند، باعث شده که جنوب منطقه آسیب‌پذیری بالایی در برابر زلزله داشته باشد. و خیابان کارگر به علت داشتن عرض کم و بن بست انتهایی آن، تعدد تقاطع‌های چراغ‌دار و نبود تقاطع‌های غیر هم‌سطح، وضعیت خوبی نداشته باشد. آسیب‌پذیری خیابان کارگر بعد از بزرگراه جلال آل احمد در سمت شرقی آن مشهود است. علت این امر استقرار کاربری‌های کم‌تراکم در سمت غربی و عکس آن در سمت شرقی است.

وجود کاربری‌های با مساحت زیاد، تراکم جمعیتی و ساختمانی کم و درجه محصوریت کمتر در بزرگراه‌ها باعث آسیب‌پذیری کمتر آنها شده است. این بزرگراه‌ها پس از وقوع زلزله به علت آسیب‌پذیری کم، نقش حیاتی را در امدادرسانی بازی خواهد کرد.

تونل رسالت در شمال منطقه هرچند مشکل ترافیکی محدوده خود را تا حدودی حل کرده ولی نبودن یک خیابان افقی در این محدوده دسترسی به مراکز امدادی و فضاهای خالی را با مشکل مواجهه کرده است.

نتیجه‌گیری

چنانچه شبکه‌های ارتباطی محلی که عملیات امدادرسانی نمی‌دانم اگر اینها هرکدام اصطلاحات جداگانه‌ای هستند بهتر است حذف نشوند به وسیله آن صورت می‌گیرد نقش خود را به خوبی ایفا کند، آمار تلفات و خسارت‌های جانی و اقتصادی در شهرها کاهش خواهد یافت. درواقع مسیری می‌تواند در امر امدادرسانی و پناه مؤثر باشد که خود کمترین آسیب را ببیند. داشتن درجه محصوریت کمتر، نزدیکی به مراکز امدادی و خدماتی، دارا بودن بدنه مقاوم و تراکم ساختمانی و جمعیتی کمتر، واقع نشدن بر روی خط گسل و آسیب‌ندیدن کاربری‌های حساس بدنه از ویژگی‌های شبکهٔ ارتباطی کارا در کاهش خسارت‌های ناشی از زلزله است. به همین خاطر برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری شبکه‌های ارتباطی، هفت شاخص درجه محصوریت، کاربری زمین، تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، کیفیت ابنیه، دسترسی به مراکز امدادی و PGA (بیشینه شتاب زمین) انتخاب‌شده و قطعات ساختمانی آسیب‌پذیر در مقابل زلزله مشخص شده است. نتیجه این کار، تولید نقشه آسیب‌پذیری منطقه شش و خیابان‌های آن در مقابل زلزله است که با توجه به آن آسیب‌پذیری خیابان‌ها در جنوب منطقه نسبت به سایر نقاط آن بیشتر بوده است. به طور کلی از مطالعه حاضر نتایج زیر حاصل شده است :

برای مشخص کردن آسیب‌پذیری یک خیابان تنها توجه به عرض معبر و کیفیت فیزیکی آن کافی نبوده از همین‌رو توجه به تأثیر تراکم ساختمانی و جمعیتی و کیفیت ابنیه و بیشینه شتاب زمین نیز انکارناپذیر است.

شدت رفت و آمد در خیابان‌های منطقه زیاد بوده و این امر عملیات امدادرسانی را در مواقع زلزله سخت‌تر می‌کند.

بسته شدن انتهای بعضی خیابان‌ها و عدم دسترسی و خارج شدن ناگهانی از سلسله مراتب، 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.

وجود معابر با طول بیشتر و تعدد تقاطع‌های چهارراهی و گاه عرض کم معابر مانند خیابان‌های کارگر و ولیعصر به علت احتمال مسدود شدن در نتیجه شدت رفت و آمد، باعث افزایش زمان سفر و کندی عملیات امداد و نجات می‌شود.

از بزرگراه رسالت و حکیم به بالا از شدت آسیب‌پذیری منطقه کاسته می‌شود.

وجود دو پارک بزرگ لاله و ساعی راه مفر و پناهگیری خوبی را برای محدوده‌های اطراف خود فراهم کرده است.

وجود کاربری‌های فرامنطقه‌ای به ویژه در سمت جنوبی منطقه باعث افزایش شدت رفت و آمد و درنتیجه کندی رفت و آمد در روز می‌شود.

وجود ساختمان‌هایی با درجه محصوریت بالا و کیفیت ابنیه پایین و تراکم ساختمانی بالا در خیابان‌هایی که نقش فرامنطقه‌ای دارد، آسیب‌پذیری آنها را نسبت به سایر مناطق بیشتر کرده است.

رعایت سلسله مراتبی در شبکه از نکات مثبت قابل ذکر در منطقه شش است.

علاوه بر شاخص‌های انتخاب‌شده، بیشتر بودن فضاهای باز در قسمت شمالی منطقه و کمتربودن آن در محدوده مرکزی، کاهش آسیب‌پذیری آن در شمال و افزایش آسیب‌پذیری در محدوده مرکزی را سبب می‌شود.

علاوه بر بزرگراه‌های موجود در مرزهای منطقه، بزرگراه‌های کردستان، شهید حکیم، شهید گمنام و بلوارکشاورز از مسیرهای مهم و تقریباً کم‌آسیب‌پذیر منطقه به شمار می‌رود.

راهکارهای افزایش کارآیی شبکه‌های ارتباطی

- کاهش تراکم جمعیتی و ساختمانی در کناره معابر کم عرض.
- انتقال کاربری درمانی به کناره‌معابر اصلی.
- جلوگیری از افزایش محصوریت خیابان‌ها.
- ارتقای کیفیت ساختمان‌های مرمتی و نوسازی ساختمان‌های مخروبه.

- افزایش مقاومت سازه‌ای ساختمان‌ها.
- مرتبط کردن عرض‌های مختلف خیابان‌ها از طریق سلسله مراتبی.
- اجرا یا عملیاتی کردن طرح تجمیع قطعات و افزایش مساحت ساختمان‌ها به منظور کاهش تراکم ساختمانی.
- باز کردن انتهای خیابان کارگر.
- ایجاد تقاطع غیر همسطح در چهارراه جلال آل احمد ـ کارگر.
- خیابان‌کشی افقی در قسمت شمالی منطقه برای حل مشکل دسترسی.

پی‌نوشت‌ها

۱. Chang

۲. Nojima

۳.sukaguchi

۴. Li

۵ .Liu

۶. Minami

۷. Lee

۸.Yeh

۹ .vulnerability

۱۰. redundancy

۱۱. flexibility

۱۲.Peak Ground Acceleration

۱۳. Inversion Hierarchical Weight Process

۱۴.Analytic Hierarchy Process

فهرست منابع

- ابلقی، علیرضا .۱۳۸۳. **یادداشت سردبیر**، مجله هفت شهر، سازمان عمران و بهسازی شهری. شماره ۱۸. تهران.
- ابلقی، علیرضا .۱۳۸۴. **یادداشت سردبیر**، مجله هفت شهر، سازمان عمران و بهسازی شهری. شماره ۱۹. تهران.
- 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 برنامه ریزی شهری. دانشگاه تهران. (در فرمت مجله)
- حبیبی، کیومرث و دیگران .۱۳۸۸. **امنیت شهری و GIS**. انتشارات دانشگاه امام حسین. تهران.
- عبدالهی، مجید .۱۳۸۰. **مدیریت بحران در نواحی شهری**. انتشارات انوار. تهران.
- قدرتی امیری، غلامرضا .۱۳۸۶. **تحلیل خطر پذیری سازه ها دربرابر زلزله**، پلی کپی دانشگاه علم و صنعت. تهران.
- باغوند، اکبر و دیگران .۱۳۸۵. **بررسی علل تنزل عملکرد شبکه حمل و نقل شهری پس از وقوع زلزله وراهکارهای مقابله با آن.**
- دومین سمینار ساخت و ساز در پایتخت پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران.
- مرکز آمار ایران. سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵.تهران.

- 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, 1998, Paper No.70, 12p.
- Chen A., Yung H., Lo H. K., Tan W. 2002. **Capacity reliability of road network: an assessment methodology and numerical results**, Transportation Research, 36B, 225-252.
- Cova, T. and Johnson, J.2003.**A Network Flow Model for Lane-Based Evacuation Routing**, Transportation Research Part A, 37: 579-604.
- Huang, Zhengdong.2003.**Data Integration For Urban Transport Planning,** International Institute for Geo -Information Science and Earth Observation (ITC), The Netherlands.
- Husdal, J.2006. **Transport Network Vulnerability: Which Terminology and Metrics Should We Use?** Paper presented at the NECTAR Cluster 1 Seminar, Norway : 1-9.
- Kennedy,Christopher, et al .2005. The Four Pillars of Sustainable Urban Transportation, Transport Reviews
- 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.
- 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, 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.
- National report of the islamic republic of iran on disaster reduction .2005. **World Conference on Disaster Reduction**, Kobe, Hyogo, Japan.
- Nojima, N, Sugito, M.2000. **Simulation And Evaluation Of Post-Earthquake Functional Performance Of Transportation Network** , 12 WCEE ,1927/7/A.

- Odani M. and Uranaka K.1999. **Road block in area affected by the great Hanshin-Awaji earthquake and influence of blockage on traffic flow**, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.3, No.6, Sep.
- Rashed, K and Weeks, J .2003. **Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas**, International Journal of Geographic Information Science Vol, 17, no. 6: 547-576.
- Shen, W.; Nie, Y and Zhang, H.2007. **A Dynamic Network Simplex Method for Designing Emergency Evacuation Plans, Transportation Research Board**, TRB 2007 Annual Meeting, Paper: 07-2419: 1-25.
- 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. and D'Este, G.2006. **Application of Accessibility Based Methods for Vulnerability Analysis of Strategic Road Networks**, Network Spatial Economy, 6: 267-291.
- Tsukaguchi H. and Li Y.1999. **District and local distributor network to ensure disaster-resilient urban planning**, Shanghai International Symposium on Urban Transportation Proceedings.
- .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 2008, page 409-414.
- UN/ISDR.2005.**Word Conference on Disaster Reduction**, 18- 22 January, Kobe, Hyogo, Japan.
- Yung-Lung Lee, Ming-Chin Ho, Tsung-Cheng Huang, Cheng-An Tai.2007.**Urban Disaster Prevention Shelter Vulnerability Evaluation Considering Road Network Characteristics**, 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction November 27~29, 2007.