Archive of SID

علمی-پژوهشی

ارزیابی میزان خطرپذیری ایستگاه های مترو شهر تهران هنگام وقوع زمین‌لرزه با رویکرد کاهش آسیب پذیری کالبدی از طریق مدیریت هوشمند شهری

(مطالعه موردی ایستگاه های تجریش،دروازه شمیران و نواب)

Risk Assessment of Tehran Subway Stations During Earthquakes with an Approach to Reduce Physical Vulnerability Through Intelligent Urban Management

(Case study: Tajrish, Darvazeh Shemiran, and Navab Subway Stations)

اسماعیل شیعه[۱]، کیومرث حبیبی[۲]، مهران احسانی[۳] (نویسنده مسئول)

تاریخ ارسال:	تاریخ بازنگری:	تاریخ پذیرش:	تاریخ انتشار آنلاین:
۱۳۹۷/۱۲/۲۰	۱۳۹۸/۰۶/۱۰	۱۳۹۸/۱۰/۱۵	۱۳۹۹/۰۴/۳۱

چکیده

با ارزیابی و پایش کمی و کیفی برنامه‌های مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران در گسترش حمل و نقل ریلی کلان شهر تهران و به تبع آن با بررسی میزان مخاطرات و آسیب‌پذیری شبکه ریلی کشور، خلأ ناشی از مدیریت هوشمند شهری در ابعاد برنامه‌ریزی کالبدی و فضایی کاملاً مشهود است. نکته بارز در مواجهه با بحران‌هایی همچون زمین‌لرزه و سیل در خطوط حمل و نقل زیرزمینی (مترو) عمدتاً وابسته به فرضیات آزمون و خطا ، پیروی از روش‌های مدیریت سنتی و ضعف در آینده‌نگری و آینده‌پژوهی است. در گسترش خطوط ریلی زیرزمینی، بررسی مطالعات زمین‌ساختی (تکتونیکی[۱])، پهنه‌های لرزه‌خیز، تفاوت جنس زمین و مسیر گسل‌های شمال و جنوب تهران (پیش از بحران) و توجه به آسیب پذیری ایستگاه مترو و احتمال تشدید بحران با تخریب بافت فرسوده شهری، هنگام وقوع زلزله و سیل بسیار حائز اهمیت است. این مقاله، با تمرکز بر موضوع ارزیابی خطرپذیری و آسیب‌پذیری گسترش شبکه حمل و نقل ریلی و با رویکرد پایش مخاطرات کالبدی و فضایی ایستگاه‌های مترو انجام شده است. روش انجام کار ارزیابی خطرپذیری از طریق تنظیم فهرست سنجشی پژوهشگر ارائه شده است. بدین منظور سه ایستگاه نواب، تجریش و دروازه شمیران به عنوان ایستگاه‌های منتخب شبکه متروی تهران مورد مطالعه قرار گرفت. در انجام پژوهش، از روشی ترکیبی و مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی سوابق و مدارک، تکنیک دلفی[۲]، روش تحلیل سلسله مراتبی و روی‌هم‌گذاری لایه‌ها استفاده شده است. نتایج ارزیابی آسیب‌پذیری نشانگر آن بوده است که تمامی ایستگاه‌ها در محدوده آستانه خطر قرار دارند و نیازمند اتخاذ تدابیری هوشمند در تمامی مراحل قبل، حین و بعد از بحران زمین‌لرزه و به کارگرفتن راهکارهای مدیریتی و اجرایی به منظور کاهش آسیب‌های احتمالی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی:

حمل و نقل زیرزمینی، ایستگاه مترو، مدیریت خطرپذیری هوشمند، زمین‌لرزه، ارزیابی کاهش آسیب‌پذیری.

۱. استاد، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. es_shieh@iust.ac.ir
۲. دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران. habibi_ki@yahoo.co.uk
۳. دکتری معماری و شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران. temenoos@yahoo.com
www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

ضعف برنامه‌ریزی کالبدی و مدیریت خطرپذیری هوشمند تا به امروز خسارات مادی و معنوی جبران ناپذیری بر جای گذاشته است به گونه‌ای که آمار و مقدار تلفات انسانی زمین‌لرزه که تنها یکی از حوادثی است که در طی صد سال گذشته یک در صد از جمعیت جهان را تشکیل داده در ایران برابر با ۶ درصد تلفات انسانی طی این دوره بوده است.گسترش شبکه‌های حمل و نقل ریلی درون شهری (مترو) و برون شهری به دلیل شرایط خاصی که دارد همواره تحت تأثیر و در معرض بحران‌های طبیعی و انسانی قرار داشته و همواره یکی از مهمترین دغدغه‌ها در این خصوص، کاهش پیامد بحران‌های طبیعی است. بطور کلی در این بخش دو نگاه اساسی مطرح است: یکی پیش از بحران و دیگری پس از بحران. از طرفی جایگاه مدیریت خطرپذیری هوشمند در روند توسعه پایدار سکونتگاه‌ها و کاهش آسیب‌پذیری زیرساخت‌های شهری نقش بسزایی ایفا می‌کند. با توجه به ماهیت بروز بحران‌های طبیعی مانند: زمین‌لرزه و سیل، لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و پایش نقاط آسیب‌پذیر در بافت شهری و شبکه‌های ارتباطی و زیرساختی ضروری است، که این موضوع در توسعه کمی و کیفی سامانه‌های ارتباطی زیرزمینی (مترو) ابعاد ویژه‌ای می‌یابد.

در این مقاله سعی بر آن است تا با بررسی نقش مدیریت خطرپذیری هوشمند در برنامه ریزی کالبدی ایستگاه های مترو، روش‌های مناسب و ابزار جدید برای شناخت، کاهش و مقابله با بحران‌های طبیعی (زمین‌لرزه) معرفی گردد. در اصل، بررسی ارتباط برنامه‌ریزی کالبدی و زیرساختی حمل و نقل زیرزمینی (ایستگاه های تبادل سفر) با میزان آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه به عنوان یکی از سیاست‌های مدیریت هوشمند در کاهش آسیب‌پذیری، مدنظر است به طوری که با تحلیل ارتباط مدیریت هوشمند و شاخص های کالبدی مؤثر در میزان آسیب‌پذیری ایستگاه های منتخب ، می‌توان الگوی کارآمدی برای پیشگیری و آمادگی در برابر زمین‌لرزه در ایستگاه های مترو ارائه کرد.

۱-۱- مبانی نظری

کاهش آسیب‌پذیری جوامع شهری در برابر زمین‌لرزه زمانی به وقوع خواهد پیوست که ایمنی در برابر زمین‌لرزه در تمام سطوح برنامه‌ریزی مدنظر قرار گیرد که در میان تمامی سطوح، سطح میانی برنامه‌ریزی کالبدی یعنی شهرسازی یکی از کارآمدترین سطوح برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زمین‌لرزه می‌باشد (Habibi et al, 2008: 54).

در شبکه حمل و نقل زیرزمینی، ایستگاه‌های مترو به دلایل مختلفی چون جمعیت پذیری بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. بروز فاجعه‌هایی با تبعات چندجانبه – مانند بحران‌های طبیعی – منجر به وقوع بحران‌های ثانویه در سامانه مترو می‌گردد. زمین‌لرزه، انفجار لوله‌های گاز و ورود گازها و پسماندهای خطرناک فاضلاب به داخل تونل‌های مترو، نشت قنات‌ها و جاری شدن سیلاب‌های حجیم و تغییر شکل حالت طبیعی مسیر ریلی و خروج قطارها از خط، نمونه‌هایی از این موارد هستند.

علاوه بر آسیب‌های سازه‌ای ناشی از زمین‌لرزه بر پل‌ها، تونل‌ها و ابنیه مسیر می‌توان خسارات زیر را نیز بیان نمود:

- کمانش جانبی روسازی و خروج از محوریت خط.
- ظاهر شدن عیوب هندسی در سوزن‌ها.
- ظاهر شدن عیوب هندسی خط در طول مسیر.
- آسیب دیدن شبکه بالا سری.
- آسیب دیدن درناژهای[۳] مسیر.
- ناپایداری بستر، رانش خاکریزها .
- احتمال خروج از خط قطار به جهت ارتعاشات روسازی (Al-Sheikh and Kazemi, 2007).

امروزه اداره شهر نیازمند عقل، ابزار و سامانه اطلاعاتی قوی است که هر قدر اطلاعات به روز و صحیح باشد، به همان اندازه شهر بهتر اداره می‌شود. از طرفی عدم اطمینان و عدم قطعیت در فعالیت‌های مرتبط با امور یک شهر، مدیریت رویارویی و پاسخ را با چالشی جدی مواجه می‌سازد. در این میان شناسایی و پایش بحران‌های طبیعی همراه با اقدامات هوشمندانه میزان مخاطرات را تا حد قابل توجهی کاهش می‌دهد. بنابراین برای ارتقای شاخص‌های ایمنی، در گسترش شبکه حمل و نقل زیرزمینی در برابر زمین‌لرزه، اعمال مدیریت خطرپذیری هوشمند امری ضروری است، موضوعی که تاکنون چندان مورد توجه قرار نگرفته است.

افزایش جمعیت شهرنشین و در پی آن توسعه زیرساخت‌ها برای رفاه زندگی مردم، همزمان باعث ایجاد خطر برای آنها هم شده است. در حالی که بحران‌های طبیعی به طور متوسط باعث خسارت ۶۰ تا ۱۰۰ میلیارد دلاری می‌شود، اگر یک فاجعه بزرگ در مرکز یکی از زیرساخت‌های کلان شهری رخ دهد، آثار مخرب آن از ارقام ذکر شده بسیار بیشتر است (JICA, 2004: 66).

با توجه به آمار زمین‌لرزه‌های تهران، هر ۱۹۰ سال یک بار به طور میانگین زمین‌لرزه‌ای بزرگ در این شهر رخ داده است. آخرین زمین لرزه تهران در سال ۱۸۳۰ میلادی مربوط به گسل مشا (مهمترین گسل تهران) می‌باشد که با گذشت

www.SID.ir

Archive of SID

۱۸۵ سال از وقوع آخرین زمین‌لرزه تهران هر چه بر این سال‌ها افزوده شود و اتفاقی نیافتد امکان تشدید زمین‌لرزه تقویت می‌شود (Ehsani, 2005: 440).

کووا[۴] در سال ۱۹۹۱ برای تهیه یک نقشه آسیب‌پذیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کرده و در الگوی خود از اطلاعاتی مانند توپوگرافی و محل گسل های منطقه، محل تاسیسات زیربنایی حساس و پراکنش جمعیت برای الگوسازی آسیب‌پذیری بهره برده است. همچنین؛ آنتونیونی و همکاران تاثیرات زلزله بر تاسیسات صنعتی را با استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و الگوریتمی را ارایه کرده‌اند (شیعه و دیگران، ۱۳۴:۲۰۱۳). راشد در سال ۲۰۰۳ برای مشخص کردن میزان آسیب‌پذیری ناشی از زلزله شاخص‌هایی مانند حداقل عملکرد پل‌ها، خدمات فوریت پزشکی، بیمارستان ها، بزرگراه ها، شبکه مترو ، حداکثر هزینه بازسازی ساختمان‌ها و ... را انتخاب و با استفاده روش از تحلیل سلسله مراتبی و نرم‌افزار اطلاعات جغرافیایی الگوسازی کرده است (Rashed et al., 2003; 569).

شهر هوشمند، نوعی از توسعه شهری است که هدف نهایی آن بکارگیری رویکردی تلفیقی از عوامل مختلف و بهره‌گیری از فناوری ارتباطات و اطلاعات[۵](ICT) برای حل مسایل و مشکلات شهری است (Komninos, 2013; 61).

از میان مفاهیم مختلف شهر هوشمند، چهار مورد با مبحث مدیریت بحران زمین‌لرزه در شبکه حمل و نقل زیرزمینی (با بهره‌گیری از نظام مدیریت اطلاعات شهری) مرتبط می‌باشند که عبارتند از:

- مراقبت‌های بهداشتی و سلامت هوشمند
- ساختمان‌سازی هوشمند
- زیرساخت هوشمند
- فناوری هوشمند (Hollands, 2008; 313).

همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، به منظور دستیابی به اهداف مورد اشاره، ابزار اصلی و زیربنایی برای مدیریت هوشمند شهری، فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات (ICTs) می‌باشد. در اصل، ICTs کلید راهبری یک شهر هوشمند است(همان). تلفیق فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی با پروژه‌های توسعه، توانایی ایجاد تغییر در چهره یک شهر و نیز ایجاد ظرفیت‌های جدید را دارا می‌باشد (Vasseure, 2007; 368). فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی از سطح قابلیت بسیار بالایی برای ارتقا به نظام مدیریت شهری برخوردارند (Odenddal, 2003; 602).

به منظور ایجاد توانایی در برقراری ارتباطات و جمع‌آوری و تولید داده‌ها، از طریق فناوری، پیش فرض‌های زیر مطرح می‌شوند:

- محاسبه جامع و همه‌جانبه
- اتصال و فعالیت در شبکه اینترنت
- داده‌های فراوان
- سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS[۶])
- طراحی خدمات دوره‌ای
- دولت الکترونیک

ادغام شبکه‌ها

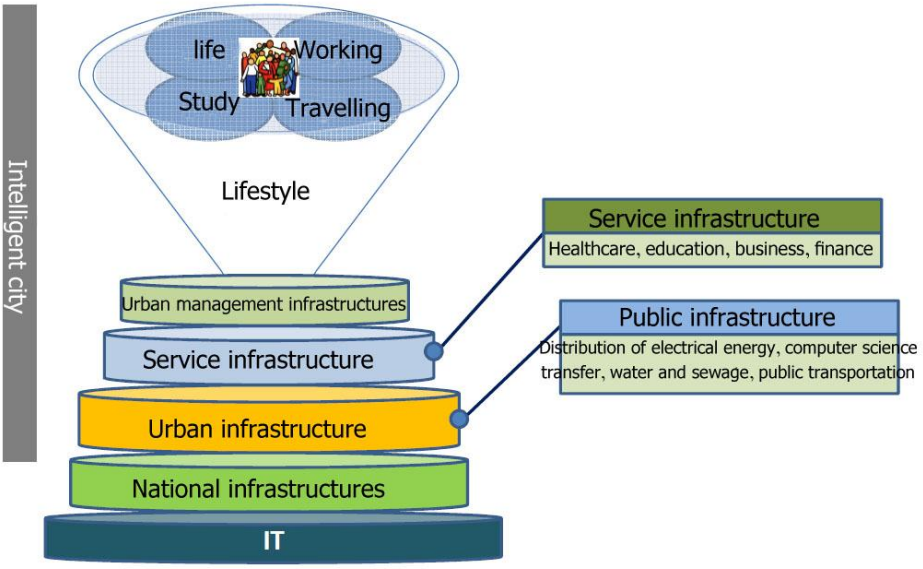

Fig. 1 Subordinates of urban management and smart City in regard to citizens lifestyle (European Commission, 2015)

www.SID.ir

Archive of SID

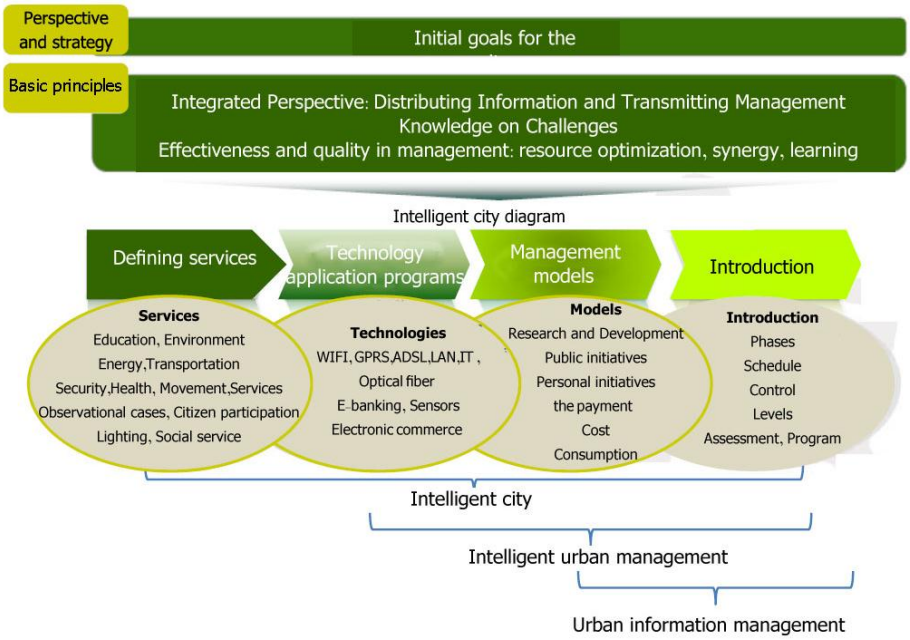

Fig. 2 Relationship between smart city ,urban intelligent management and urban information management (European commission 2015)

همانطور که از شکل (۲) بر می‌آید، نظام مدیریت اطلاعات شهری حلقه‌ی پایانی مدیریت شهری هوشمند و شهر هوشمند را تشکیل می‌دهد. مدیریت اطلاعات شهری، حاوی آمار و داده‌های واقعی و دقیق از یک شهر می‌باشد که متناسب با اهداف از پیش تعیین شده، قابلیت به‌روزرسانی و رویهم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی و ترکیب آنها را دارا باشد. در واقع، مدیریت اطلاعات شهری، به عنوان یکی از ابزار مهم برای مدیریت هوشمند شهری، مطرح است.

۲-۱- مدیریت هوشمند بحران طبیعی از دیدگاه برنامه توسعه سازمان ملل متحد (UNDP[۴])

خلاصه مهمترین نکاتی که در گزارش برنامه توسعه سازمان ملل (UNDP) در ارتباط با مدیریت هوشمند بحران‌های طبیعی ارائه گشته، به شرح زیر است:

- حکومت‌داری مناسب و مدیریت هوشمند شهری، اصلی بنیادین، در کاهش موفقیت‌آمیز خطرها به شمار می‌رود. در این صورت می‌توان امیدوار بود که کاهش مخاطرات طبیعی در برنامه‌ریزی توسعه گنجانده شود.
- برای بهبود اوضاع بعد از وقوع بحران‌های طبیعی و در هنگام بازسازی، باید کلیه ارکان مدیریت خطرپذیری و مدیریت بحران در هم ادغام شوند و به صورت مدیریتی یکپارچه، هماهنگ و هوشمند عمل کنند.
- مدیریت خطر پذیری ماهیتی چندگونه دارد. خطرها و حوادث طبیعی عموماً آسیب‌پذیرترین قشر جوامع را نشانه می‌روند،به همین دلیل راهکارهای کاهش خطر بلایا، باید در پی ایجاد ظرفیت‌های "عام و خاص" به طور توأم باشد.
- مدیریت جبرانی و هوشمند بحران‌های طبیعی می‌تواند علاوه بر اصلاح و بازنگری روابط توسعه و حوادث و بلایا، آمادگی مواجهه با آنها را افزایش داده و برنامه را از انعطاف بیشتری برخوردار سازد (Ehsani, 2019).

مباحثی که تاکنون بیان شد، اصول اولیه «مدیریت هوشمند در برنامه‌ریزی کالبدی شهر برای مواجهه با زمین‌لرزه» را مشخص می‌کند. همانطور که از شکل (۳) استنباط می‌شود، برای رویارویی با زمین‌لرزه، پیش از هر چیز مراحل پیشگیری و آمادگی از اهمیت بالایی برخوردار است. انجام مراحل پیشگیری و آمادگی یک امر مستمر است که باید در برنامه جامع شهر دیده شود. با توجه به آن که اکنون تحقق شهر هوشمند، به یک ضرورت تبدیل شده است و حرکت جامعه جهانی به این سمت است، می‌توان از امکانات شهر هوشمند به منظور مقابله با زمین‌لرزه بهره برد و مراحل آمادگی و پیشگیری را در مدیریت هوشمند شهری تجربه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

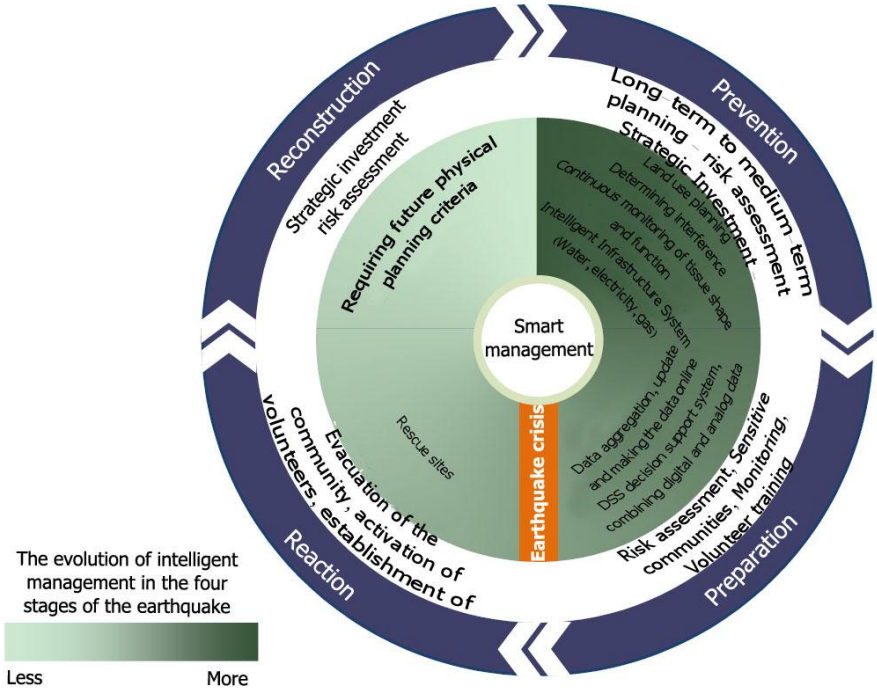

Fig. 3 Intelligent management model for urban physical planning against earthquakes(TUSROC, 2014)

تحقق شـهر هوشـمند نیازمند داشـتن ابر برنامه هوشمند اسـت که با اتکا به شـهر هوشـمند به شـکل متمرکز ایجاد می‌شـود و در این مسـیر باید ظرفیت‌های لازم در مواجهه با زمین‌لرزه در این ابر برنامه دیده شـود. با توجه به آن که شـهر هوشـمند با شـهروند هوشـمند معنا می‌یابد و امکان برقراری ارتباط برخط شهروند در شهر هوشمند به شکل مستمر وجود دارد، می‌توان از این امکـان برای مواجهـه بـا زمین‌لرزه نیز اسـتفاده کرد(Giffinger, 2007). شـبکه راه‌های روزمینی و زیرزمینی (مترو) و شـبکه زیرساخت شهری در شهر هوشمند از طریق برنامه‌های رایانه‌ای و اینترنت نظارت می‌شـود و در وقوع بحران می‌توان از این ظرفیت برای دور کردن مردم از محل بحران اسـتفاده کرد. همچنین می‌توان مردم را از طریق همین شـبکه موقعیت‌یابی کرد و به نجات جان آنها پرداخت، اما آنچه مهم‌تر اسـت این که در شـهر هوشـمند می‌توان کلیه امور مربوط به پیشـگیری و آمادگی را از طریق شبکه رایانه‌ای نظارت کرد و در هر لحظه از میزان آمادگی اطلاع داشـت و به این ترتیب خسـارت ناشـی از وقوع زمین‌لرزه را به حداقل رساند.

- **میزان خطرپذیری (ریسک[۸])**

خطرپذیری به تمامی عوامل بالقوه‌ای گفته می‌شود که می‌تواننـد تهـدیدی برای ایمنی فرآیند، سـامانه یا پروژه ایجـاد کننـد. خطرپذیری را دانش مربوط به احتمال وقوع رویـداد و خطرات نـاشـی از آن می‌نـامنـد کـه عـاملی اجتناب‌ناپذیر است (Josie, 2012: 244). تشخیص، تجزیه و تحلیـل و نظـارت بهینه عوامل خطرپذیری در یک فرآیند، سـامـانه یا پروژه، مدیریت خطرپذیری نام دارد. بنابراین، هـدف مـدیریـت خطرپـذیری حذف یا محدود کردن خطر برای جلوگیری از وقوع آن و تـأمین مـالی برای جبران ضـررهای ناشـی از آن، پس از رخ دادن حادثه می‌باشـد. برخورد منطقی و سـازمـان یـافتـه برای مواجهه با عوامل تهدید کننده و سپس تصمیم‌گیری در مورد نحوه مقابله با آنهـا، مـدیریـت خطرپذیری نام دارد (Kent, 2004; 657). متاسـفانه اکثر مدیران به ضـرورت مدیریت خطرپذیری اعتقاد نداشته و ریشه آن بیشتر در ناآگاهی است. مدیریت خطرپذیری، فرآیندی نظام مند است که با تعیین، تحلیل و اعمـال نظـارت هـای لازم برای غلبه بر خطر، آنها را تحت کنترل قرار می‌دهـد. در صـورتی کـه مخـاطرات به موقع مدیریت شـوند، از ضـرر ناشـی از آنها جلوگیری می‌شود و باعث بهبود و افزایش کارآیی می‌گردد.

مراحـل و گام‌های فرآیند مدیریت خطرپذیری در ارتباط با مدیریت شـهری در شـکل(۴) ارائه شده است(Glaesser, 2003;58).

www.SID.ir

Archive of SID

Fig. 4 Risk management levels and steps in relation to urban management

- **شبکه حمل و نقل زیرزمینی و امکان امدادرسانی**

شبکه ارتباطی و شریان‌های اصلی، نقش مهمی در رفع سریع بحران زمین‌لرزه و عملیات امداد و نجات ایفا می‌کنند (عملیات امدادرسانی به موقع تا ۲۵ درصد از تلفات انسانی می‌کاهد)، زیرا امکان گریز از محدوده‌های خطرناک و دسترسی به مناطق امن مهیا خواهد بود، ولی بنا به تجارب و سوابق جهانی وقوع حوادث طبیعی در شهرهای بزرگ و متوسط، آنچه حائز اهمیت است عدم تمرکز مراکز ارتباطی در یک ناحیه و یا به عبارتی ایجاد تعادل در شبکه حمل و نقل شهری می‌باشد.

- **میزان آسیب‌پذیری تونل‌های مترو در برابر زمین‌لرزه**

در صورت قرار گرفتن تونل‌های مترو بر روی رسوبات سست که درصد بالای ماسه و سیلت[۹] دارند، به علت وقوع روانگرایی در هنگام زمین‌لرزه صدمات زیادی می‌بینند، که این موضوع ضمن مجاورت با خطوط گسل شرایط را بحرانی‌تر می‌کند (Misemi et al, 2011: 23).

- **مقایسه آسیب‌پذیری شمال و جنوب تهران با توجه به عملکرد گسل‌های فعال**

براساس تحقیقات انجام شده روی رسوبات جوان گسل شمال تهران، شواهد زمین‌شناسی محکمی وجود دارد که نشان می‌دهد پهنه گسل‌های شمال تهران بسیار فعال است. در جنوب تهران، گسل‌های متعددی وجود دارند که همگی فعال می‌باشند، از جمله آنها گسل ایوانکی واقع در جنوب شرقی که از منطقه ایوانکی می‌گذرد، گسل ری که از شمال و جنوب شهر ری می‌گذرد و گسل رباط کریم که از گرمسار آغاز و تا سه راه افسریه ادامه دارد. ساخت و سازها در شمال تهران حتی اگر دارای مقاومت و ایمنی نسبی باشد، به دلیل احداث بر روی شیب‌های تند از درصد تخریب بالاتری نسبت به سازه‌هایی که بر سطوح صاف احداث شده‌اند برخور است. اما یکی از مهمترین مسائلی که احتمال میزان تخریب را در جنوب شهر تهران افزایش می‌دهد، مسئله تشدید است. در گسل جنوب تهران اثر تشدید خاک می‌تواند میزان تخریب را به چند برابر برساند به این معنی که خاک‌های نرم آبرفتی که تشکیل دهنده دشت تهران هستند، می‌توانند امواج زمین‌لرزه را تشدید کنند (Ehsani, 2005: 444).

- **سناریوی زمین‌لرزه در تهران با ارزیابی الگوی گسل‌ها و شدت زمین‌لرزه**

تهران به اندازه کافی وسیع است و امکان زیادی وجود دارد که یک منطقه متحمل خسارت شدید شود، اما منطقه دیگر کمتر آسیب ببینند. بسیار مهم است که طرح واکنش اضطراری با پیش‌بینی چنین وضعیتی تهیه شود. از این نقطه نظر چندین سناریوی زمین‌لرزه برای استفاده در مطالعه پیشنهاد گردیده است که در جدول (۱) و شکل‌های (۵) تا (۷) ارایه شده‌اند:

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1: Tehran Earthquake Scenarios (Ehsani, 2005: 446)

Row	Scenario title	Descriptions
1	**Ray's fault model**	About 20-km-long, in this model an earthquake of magnitude IX and magnitude VII to VIII be felt in the south and north , respectively .
2	**Northern Tehran fault model**	About 90- km long; in this model an earthquake of magnitude IX and magnitude of VII be felt the north and south, respectively . Most of the city experiences magnitude VIII.
3	**Mosha fault model**	About 200- km long; in this model most the city experiences magnitude VII.
4	**Floating model**	Most of the city experiences magnitude VIII and some area IX.

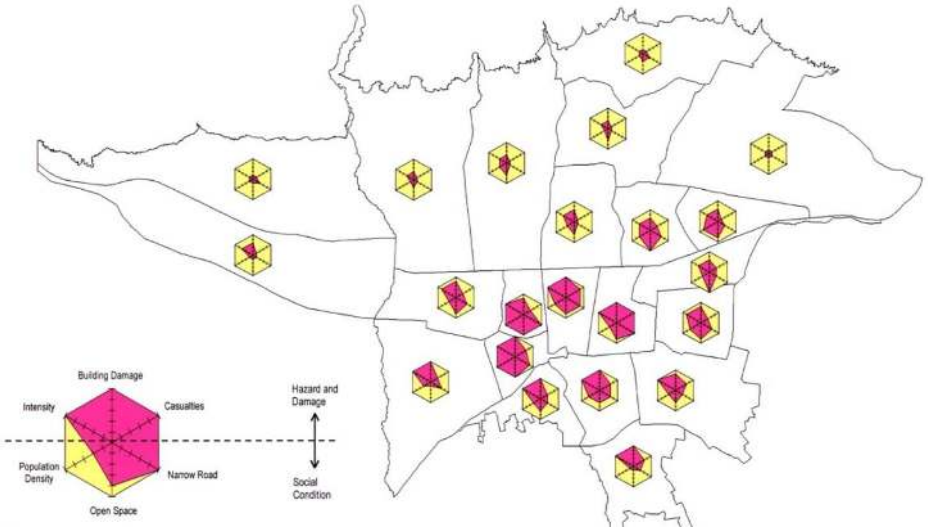

Fig. 5 Earthquake risk assessment map in Tehran(based on Ray fault model)
(JICA, 2004: 86)

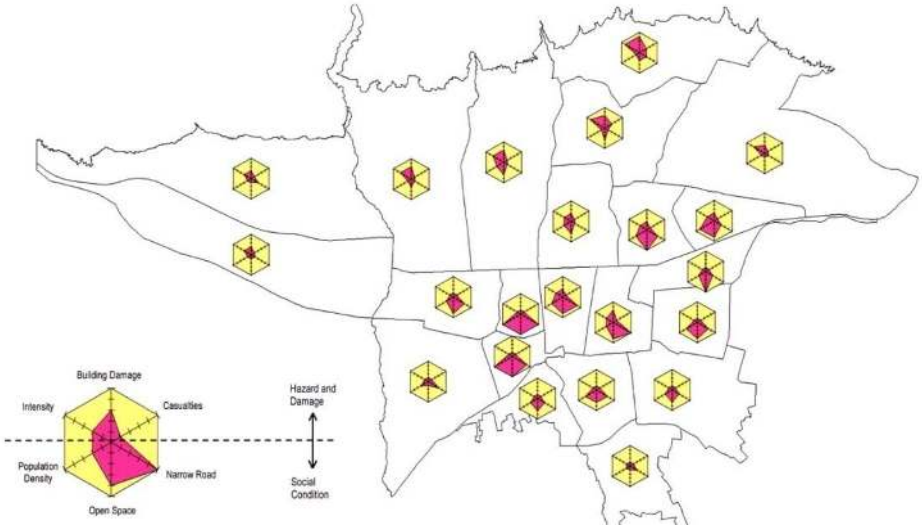

Fig. 6 Earthquake risk assessment map in Tehran(based on the North Tehran fault model)
(JICA, 2004: 86)

www.SID.ir

Archive of SID

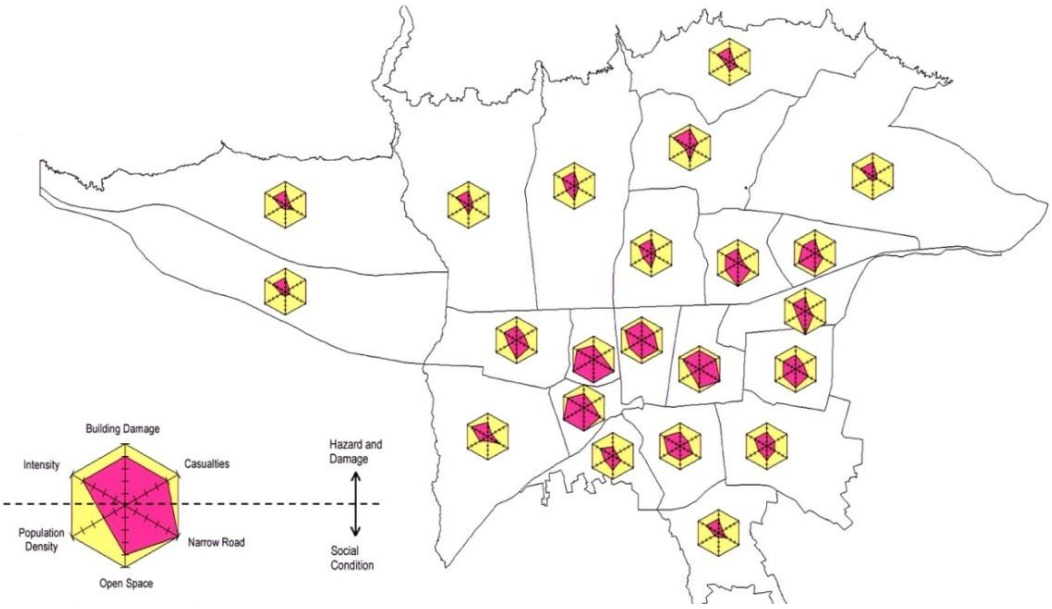

Fig. 7 Earthquake risk assessment map in Tehran(based on floating fault model) (JICA, 2004: 87)

همچنین، در شـکل (۸)، نقشه گسل‌های شهر تهران در ارتباط با خطوط متروی فعال نشان داده شده است.

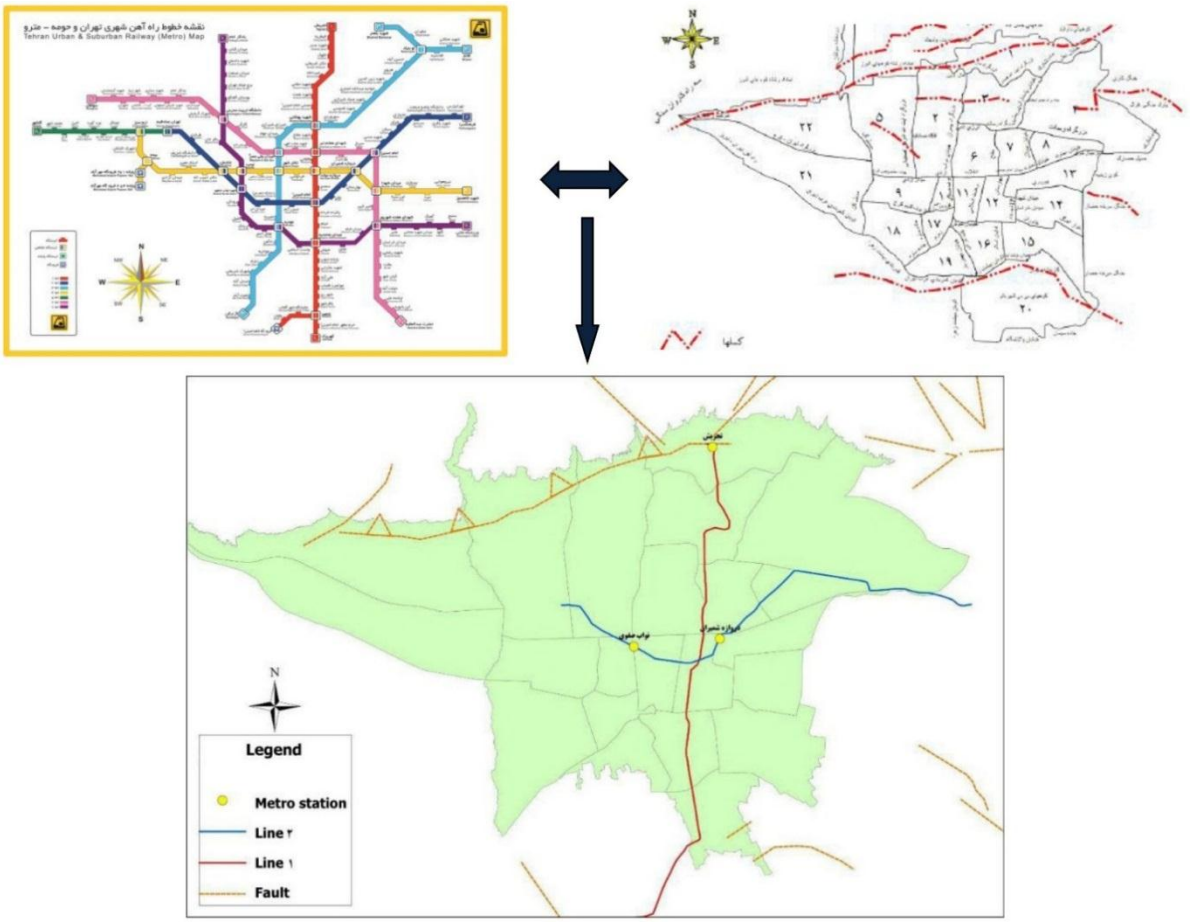

Fig. 8 Map overlay integrating the faults and the metro lines in Tehran

شرکت بیمه اتکایی سوئیس[۱۰] همه ساله اقدام به معرفی خطرناک‌ترین متروهای جهان می‌نماید. در رده‌بندی خطوط مترو بـا میزان مخـاطرات بـالا در جهـان، ۸ مورد از ۱۰ صـدرنشین، متعلق به شهرهای منطقه آسیای جنوب شرقی

www.SID.ir

Archive of SID

است. شهرهایی که ساکنان آنها به صورت مداوم، خطر سیل، طوفان، رانش زمین و زمین‌لرزه را احساس می کنند (Korbatov et al., 2017; 32-35).

ژاپن با ۳ خط مترو، پیشتاز لیست ۱۰تایی خطرناک‌ترین خطوط مترو جهان است. لیستی که در آن نام سریع‌ترین و پرطرفدارترین خطوط مترو جهان هم به چشم می‌خورد. در این رده‌بندی، مترو توکیو- یوکوهاما در ژاپن بالاترین جایگاه را به خود اختصاص داده و پس از آن مترو مانیل (پایتخت فیلیپین) به دلیل خطر زمین‌لرزه و طوفان، در جایگاه دوم قرار گرفته است. شرکت سوئیسی، نام متروی تهران را به این دلیل در لیست خود گنجانده است که گسل‌های موجود هنگام وقوع زمین لرزه، همیشه خطری بالقوه برای تهران بوده‌اند. پایتخت ایران اگرچه مدتی است زمین لرزه مهیبی را به خود ندیده است، اما قرار داشتن شهر تهران بر روی چند گسل خطرناک زمین، متروی تهران را هم از قرار گرفتن در این لیست بی نصیب نگذاشته است. با توسعه سالانه خطوط مترو، در حال حاضر تهران ۲۳۰ کیلومتر را به خود اختصاص داده است (Tehran Urban and Suburban Railway Operation Company, 2017).

۲- مواد و روش‌ها

از مکان‌یابی زیرساخت‌های مهم مانند برق، آب، مراکز آتش‌نشانی، مراکز مخابراتی، انتظامی و مناطق تصمیم‌گیری و مدیریتی، شبکه‌های دسترسی و بافت‌های فرسوده و همچنین مکانیابی کاربری هایی که بالقوه خطرناک و خطرساز هستند در مجاورت ایستگاه‌های مترو مورد مطالعه و همچنین از پژوهش های مرتبط داخلی و خارجی، به عنوان شاخص‌های تعیین کننده در کارآمدی مدیریت خطرپذیری هوشمند مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته‌اند که در همین زمینه از نقشه‌ها و نتایج برگرفته از مطالعات جایکا در تدقیق و تحلیل اطلاعات مکانی استفاده شده است.

کلیه شاخص هایی که در این مقاله برای ارزیابی میزان آسیب پذیری ایستگاه های منتخب در برابر زمین لرزه احتمالی مورد استفاده قرار گرفته اند در جهت تاکید بر نقش مدیریت هوشمند در برنامه ریزی کالبدی برای مواجهه با زمین لرزه بوده و از اصول و مفاهیم اولیه مدیریت هوشمند (خود اصلاحی،انعطاف پذیری و تطابق پذیری) پیروی می کند و برخلاف پژوهش هایی که به طور عام از واژه هوشمندی بدون جهت گیری علمی و کاربست عملی استفاده می‌کنند،فاصله معناداری را ارائه می‌نماید البته در قالب یک مقاله امکان پیگیری نتایج به کارگیری مدیریت هوشمند در ایستگاه‌های مترو و برای مواجهه با زمین لرزه انتظار مقبولی نمی‌باشد و این مقاله مقدمه‌ای بر موضوع مدیریت هوشمند با تکیه بر مؤلفه‌های شهر هوشمند در حوزه حمل و نقل عمومی و به طور خاص برنامه‌ریزی کالبدی ایستگاه‌های مترو در مواجهه با زمین لرزه می‌باشد و همانطور که اشاره شد در مقاطع زمانی قبل، حین و بعد از زمین لرزه، مدیریت هوشمند ازطریق بهبود شاخص‌های مورد ارزیابی و با طرح‌واره‌های متنوع و بسته به شرایط وضع موجود و با استناد به مبانی نظری شهرسازی و استانداردهای مدون تصمیمات کلیدی در جهت کاهش آسیب پذیری را پشتیبانی می‌نماید.

فرآیند مدیریت خطرپذیری هوشمند، در محدوده ایستگاه‌های خطوط تجریش، دروازه شمیران و نواب تهران و بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با کمک ابزار تحلیل‌گر فضایی (Spatial Analyst) و نرم‌افزار (Arc View & Arc GIS) انجام شده است. لازم به ذکر است تحلیل‌های انجام شده در این مطالعات بر پایه بانک اطلاعات (مطالعات ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ)، (مرکز مطالعات زمین‌لرزه و زیست محیطی تهران بزرگ)، «مترو تهران» و برداشت‌های میدانی و نظرات کارشناسی متخصصان صورت یافته است. در این مقاله روش پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در شبکه متروی تهران، شناسایی نواحی آسیب‌پذیر خطوط مترو در تهران، مشخص کردن نقاط پر مخاطره در ایستگاه‌ها و تعیین فهرست واحدهای دخیل در مدیریت بحران زمین‌لرزه متروی تهران و در مجموع تعیین پیامدهای زمین‌لرزه در توسعه شبکه حمل و نقل زیرزمینی ارائه شده است.

ایستگاه های مورد بررسی شامل: نواب، دروازه شمیران و تجریش، بنا به دلایلی چند انتخاب شده است، از جمله: قرارگیری در مناطق پرتردد و مهم شهر تهران (جذب و تقاضای سفر بالا)، حجم جابه‌جایی بالای مسافران، تراکم کاربری‌های اطراف، قرارگیری در سه منطقه مجزا و متفاوت در شهر تهران، همجواری با کاربری‌های خطرساز، قدمت ایستگاه، عمق ایستگاه، نزدیکی به حریم گسل‌های اصلی و فرعی و فاصله از مسیل.

۲-۱-تعیین معیارهای ارزیابی خطرپذیری ایستگاه‌های مترو تهران

با توجه به اینکه هر پیامدی با احتمال و شدت اثرگذاری متفاوت رخ می‌دهد،یکی از معیارهای انتخاب شده، معیار خطرپذیری می‌باشد که به صورت **"امکان وقوع پیامد × شدت اثرات پیامد"** تعریف می‌شود (Shahanaghi et al, 2012: 64).

www.SID.ir

Archive of SID

از آنجا که در جمع‌آوری داده‌ها از نظرات خبرگان (تکنیک دلفی با حضور ۲۶ کارشناس) نیز استفاده گردیده است، جای واژه "احتمال" از واژه "امکان" برای ثبت نظرات بهره‌برداری شده است. در توضیح این مطلب باید گفت که نظرات خبرگان در خصوص وقوع یا عدم وقوع پیامد نمی‌تواند به عنوان احتمال معرفی گردد، زیرا این نظر، نه بر اساس داده تاریخی، بلکه به عنوان دانش خبرگی مطرح است و در ادبیات الگوسازی و تحلیل نظرات خبرگان از آن به عنوان احتمال ذهنی خبره یا همان "امکان" یاد می‌شود. ارزیابی خطرپذیری ایستگاه‌های مورد نظر با استفاده از الگوسازی و تحلیل فضایی لایه‌های مختلف اطلاعاتی که بر اساس معیارهای الگوی خطرپذیری مشخص شده‌اند، انجام شده است. اصلی‌ترین معیارهای خطرپذیری عبارتند از: ایمنی، کارایی و مجهز بودن. در ادامه، جزییات معیارهای مورد نظر ارایه شده است. همچنین مشخصات ایستگاه‌های سه‌گانه مورد مطالعه به شرح جدول ۳ می‌باشد.

Table 2: Details of risk assessment criteria (Ehsani, 2005: 446)

Criteria	Descriptions
Safety	Safety against hazards arising from a given natural crisis such as earthquakes and floods that can cause a combination of incidents like fire, explosion, electrocution, gas leak, flooding, debris, and landslide; To achieve safety, metro stations need to be located far enough from hazardous centers and zones, including faults, streams, steep and unstable land, urban facilities, infrastructures (gas pipes, power lines, water resources) as well as hazardous activities.
Efficiency	Suitability of the site selected for the station; to fulfill this, the location should enjoy easy access to allow rapid evacuation transportation of the injured in case of expansion of crisis .
Being Equipped	Stations should be equipped enough to fulfill the first needs of the injured. This includes emergency exits, fail-safe ventilation and power, adequate space on the upper stories for the injured individuals (staircases, escalators, and elevators). So it is necessary that stations be close to aid and relief centers, fire stations, etc. to provide timely and rapid service.

Table 3: Characteristics of the stations selected in this study(Tehran Metro website, 2017)

Station name	Row	moving staircase	Elevator	Nearby hospitals	Near fire stations	Near police station centers
Tajrish	1	8	30	Tajrish Hospital	None	None
	2	0	16	1	None	None
Navab	1	4	0	Eghbal Hospital Lolagar Hospital	None	- Haft Chenar 111 police station - Abu Saeed 112 Police Station
	2	4	0	2	1	2
Darvazeh-Shemiran	1	13	0	Moayeri Hospital	None	1
	2	11	0	1	None	1

۲-۲- روش ارزیابی میزان خطرپذیری ایستگاه‌های منتخب

فرایند ارزیابی، براساس الگوسازی وضع موجود و وضعیت پیش‌بینی شده انجام یافته است. بررسی ایستگاه‌های مورد نظر با استفاده از تحلیلگر فضایی از طریق ایجاد "نقشه‌های ایستگاه‌های مناسب" حاصل شده است. شکل و محتوای ارزیابی مذکور در جهت تأمین شاخص های مدیریت هوشمند (خود اصلاحی، انعطاف پذیری و تطابق پذیری) تنظیم شده است و هر "نقشه ایستگاه مناسب" نقشه‌ای است که برحسب یک موضوع مشخص (گسل، مسیل، بافت فرسوده پیرامونی، فواصل پایگاه‌های امدادی و ...) میزان مطلوبیت ایستگاه را نسبت به موضوع جانمایی و عملکرد وضع موجود، در پهنه مورد مطالعه نشان می‌دهد. بنابراین، کلیه عوامل تعیین کننده در تحلیل ایستگاه‌ها با تولید نقشه‌های ارزیابی اولیه انجام شده است. در همین راستا شکل‌های (۹)، (۱۰) و (۱۱)، موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه را با تاکید بر بافت‌های فرسوده پیرامونی و امکان تشدید بحران زمین‌لرزه (ریزش آوار، انسداد معابر، آتش‌سوزی و ...)، نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

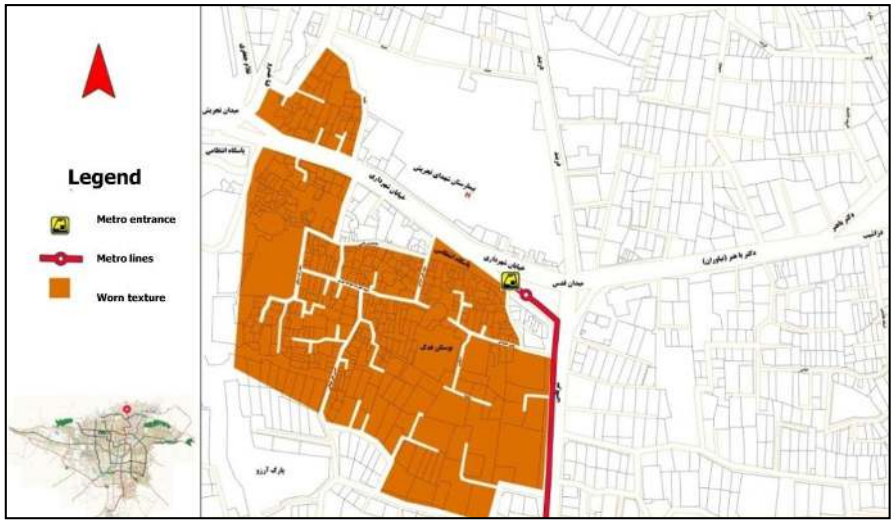

Fig. 9 Map of the road network and the amount of decayed urban fabric around Tajrish metro station (Ehsani, 2005: 447)

Fig. 10 Map of the road network and the amount of decayed urban fabric around the Darvazeh Shemiran metro station (Ehsani, 2005: 447)

Fig. 11 Map of the road network and the amount of decayed urban fabric around the Navab metro station (Ehsani, 2005: 448)

www.SID.ir

Archive of SID

بنـابراین؛ با توجه به متفاوت بودن تاثیر لایه‌های مختلف بر موضـوع ارزیابی، ضـروری بود تا ضـریب وزنی به هر یک اختصـاص می‌یافت. برای این منظور لایه‌های مطالعه شده با روش تحلیل سـلسـله مراتبی (AHP)[11] و برحسب اهمیت از طریق تعیین تعداد لایه‌ها در هر دسـته و تاثیر هر دسـته بر ارزیابی (جدول ۴)، ضریب وزنی هر لایه محاسبه گردید.

Table 4: Weighting range

Range	
Low importance	1
Medium importance	2
High importance	3
Extremely importance	4

Table 5: Risk assessment of Tajrish station

Row	Title	Weight	Score	Weight × points	Row	Title	Weight	Score	Weight × points
1	Distance from fault	4	0	0	19	failsafe ventilation	3	7	21
2	Station depth	4	1.3	5.28	20	Proximity to adjacent stations	2	10	20
3	Number of staircases	3	3.9	11.64	21	Distance from hazardous uses	1	8	8
4	Number of escalators	2	8	16	22	Density of surrounding fabric	3	4	12
5	Number of elevators	2	5.5	11	23	width of route network around the stations (density of fabric)	2	4	8
6	Peripheral open space	3	6	18	24	Proximity to BRT lines	3	1	3
7	Number of entrance	3	2	6	25	predicted helipads	3	6	18
8	Width of entrance	3	6.8	20.25	26	Absence of upstream water resources (flooding))	3	3	9
9	Number of emergency exits	3	0	0	27	Number of passengers per day	3	6	18
10	Proximity to medical centers	3	9	27	28	Proximity to high-rise structures	3	8	24
11	Proximity to fire stations	4	6	24	29	Absence of tunnel intersection	1	8	8
12	Slope at station (land sustainability)	2	3	6	30	Organic peripheral passages	1	4	4
13	Electricity facilities buffer	2	6	12	31	Skyline of surrounding uses	1	7	7
14	Favorable access	1	5	5	32	Age of surrounding structures	3	5	15
15	fuel stations buffer	2	7	14	33	Old urban fabric	3	6	18
16	Proximity to police station	1	7.5	7.5	34	Distance from streams	4	3	12
17	Number of firebox (fire fighting equipment)	3	8	24	35	Extent of micro-parcel	2	8	16
18	failsafe power	3	7	21	36	Number of staircase entrances	3	6.5	19.5

www.SID.ir

Archive of SID

بدین منظور، برای نرمالیزه کردن امتیازات از روش درصدی [$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}$] و نیز به منظور محاسبه وزن نسبی، از روش میانگین حسابی [$w_j = \frac{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}{n}$] استفاده گردید. پس از وزن‌دهی به لایه‌ها، امتیاز هر لایه از طریق مقایسه استانداردهای موجود در برنامه‌ریزی کالبدی و زیرساخت‌های شهری و نظرات کارشناسی در ۳۶ پارامتر به دست آمده است. امتیاز کمتر به هر شاخص نشانگر ضعیف بودن وضعیت شاخص مربوطه در مقایسه با استاندارد موجود می‌باشد (جدول ۵).

متغیرهای مورد بررسی عبارتند از:

w_j : میانگین حسابی پارامترها

r_{ij} : عدد فازی نرمالیز شده

x_{ij}: عدد فازی برای وزن هر شاخص

m: تعداد شاخص‌ها

با توجه به گستردگی و پیچیدگی محاسبات مرتبط با امتیازات هر لایه، صرفاً به ارائه جدول جزئیات یک ایستگاه (ایستگاه تجریش) بسنده کرده و اطلاعات ایستگاه‌های دیگر به صورت خلاصه نتایج به دست آمده، عنوان می‌گردد.

۳- نتایج و بحث

با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، اقدام به مقایسه زوجی تمامی پارامترها (۳۶ مورد) گردید که در شکل (۱۲) ارایه شده است. همچنین، با استفاده از تکنیک دلفی و براساس معیار وزن‌دهی که در جدول ۴ ارایه شده است، وزن هر یک از شاخص‌ها تعیین گردید (شکل ۱۳).

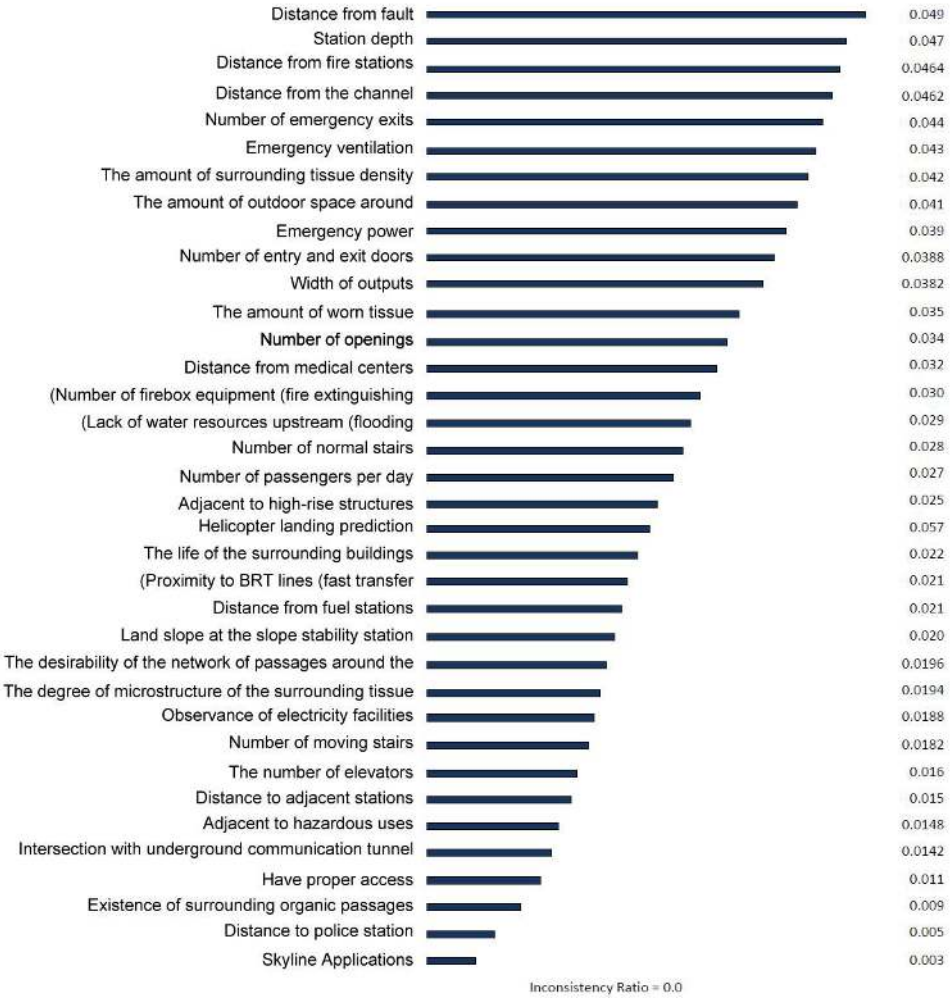

Fig. 12 Pair wise comparison of parameters considered in risk assessment

www.SID.ir

Archive of SID

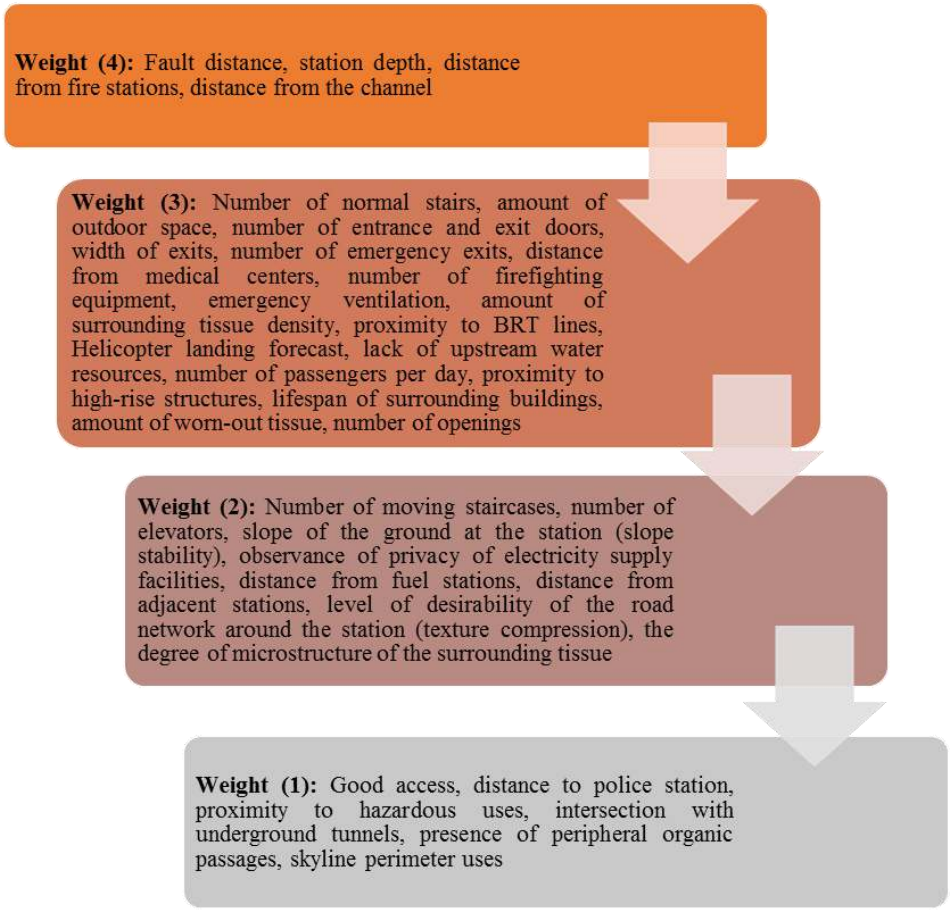

Fig. 13 The weight of each assessment factor based on the pairwise comparison of the parameters

جدول (۶) مقایسه امتیازات ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس ارزیابی میزان خطرپذیری، را نشان می‌دهد.

Table 6: Weight of the stations based on risk assessment

Station	Overall weight	Total score	final average
Tajrish	92	469.17	5.10
Navab	92	529.59	5.76
Darvazeh-Shemiran	92	532.55	5.79

براساس معدل نهایی کسب شده توسط ایستگاه‌های مورد مطالعه و تطبیق آن با جدول شاخص خطرپذیری (جدول ۷)، مشخص می‌گردد که هر سه ایستگاه در محدوده «آستانه خطر» قرار دارند و این موضوع ضرورت بررسی دقیق مواردی که خطرپذیری ایستگاه را بالا برده‌اند، برجسته‌تر می‌سازد.

براساس امتیازات اختصاص یافته به هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، آشکار می‌گردد که "فاصله از گسل" و "تعداد خروجی‌های اضطراری" در ایستگاه تجریش کمترین امتیاز (بیشترین آسیب پذیری) را به خود اختصاص دادند. همچنین؛ در ایستگاه‌های دروازه شمیران و نواب، "تعداد آسانسور" و "تعداد خروجی‌های اضطراری" کمترین امتیاز (بیشترین آسیب پذیری) را داشته‌اند. جدول ۸، نشانگر شاخص‌هایی است که در هر یک از ایستگاه‌ها دارای کمترین امتیاز بوده‌اند.

Table 7: Indicator defining risk

Score	Risk level	Color code
0-2	Extremely hazardous	
2-4	Hazardous	
4-6	Hazardous threshold	
6-8	Outside hazard zone	
8-10	Safe	

www.SID.ir

Archive of SID

Table 8: Minimum and maximum scores of indicators

	Tajrish station		Darvazeh -Shemiran Station		Navab Station
Maximum	- Score 24 to 27 - Proximity to medical care centers - Proximity to fire stations - Number of fireboxes - Distance from to high-rise buildings	Maximum	Score 24 to 27 - Distance from streams - Station depth	Maximum	Score 27 to 32 - Distance to fault - Station depth - Proximity to fire station
	- Score 20 to 24 - Failsafe ventilation - Proximity to adjacent stations - Width of exits - Failsafe power		Score 20 to 24 - Distance from faults - Number of staircases - Width of exits - Proximity to fire station - Failsafe power - Failsafe ventilation - Absence of water resources upstream - Distance from high-rise buildings - Old urban fabric - Number of Fireboxes		Score 22 to 27 - Number of staircases - Number of Fireboxes - Proximity to BRT - Number of staircase entrance
Minimum	Score 0 to 5 - Proximity to BRT - Favorable access - Organic peripheral passages			Minimum	Score 0 to 5 - Number of escalators - Pe55ripheral open space - Lack of Intersection with underground tunnel - Skyline of peripheral uses
	Score 0 - Proximity to fault - Number of emergency exits	Minimum	Score 0 - Proximity to fault Number f emergency exits		Score 0 - Number of elevators - Number of emergency exits

۴- نتیجه‌گیری

هوشمندی باید در تمامی جوانب سامانه فضایی و غیر فضایی شهر تبلور پیدا کند. برای مثال از راه به کارگیری سخت افزارهای کارآمد نظیر حس‌گرهای شتاب‌نگار زمین لرزه و شبکه‌های حمل‌ونقل و ... اجزای ساختار شهر، هوشمند شود. نظام برنامه‌ریزی و مدیریت هوشمند نیز با استفاده از نرم افزارها، شیوه‌های اجرایی و مدیریت هوشمند به برنامه‌ریزی برای شهر بپردازد.

برای ایجاد شهر هوشمند باید تنظیم تمامی برنامه‌های شهری اعم از عمرانی و غیر عمرانی حول محور شهر هوشمند یا شهری متکی به فناوری ارتباطات از دور، شکل گیرد.

الگوی مدیریت هوشمند به منظور کاهش آسیب‌پذیری زمین‌لرزه در ایستگاه های مترو، یک سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری[۱۲] است که با تجزیه و تحلیل میزان خطرپذیری و آسیب‌پذیری کالبدی شهر، میزان و شکل مداخله‌پذیری مدیریت شهری در ایستگاه را تعیین می‌نماید. در این الگو از طریق برنامه‌ریزی کالبدی، ارزیابی معیارهای مختلف ایستگاه‌های مترو به منظور پیشگیری، آمادگی و کاهش مخاطرات در برابر زمین‌لرزه صورت می‌گیرد.

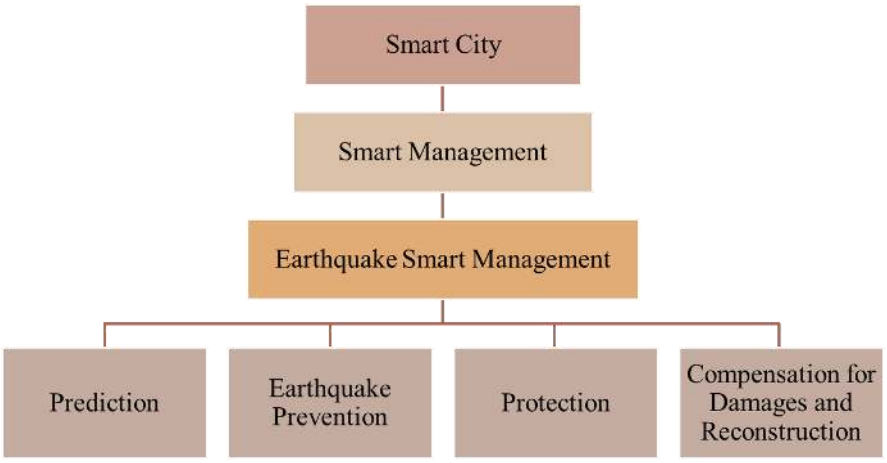

Fig. 14 Intelligent management model for physical planning of cities against earthquakes

www.SID.ir

Archive of SID

هدف از استقرار نظام مدیریت هوشمند شهری، مدیریت بحران‌های طبیعی (در این مورد زمین‌لرزه) می‌باشد، تا ضمن به حداقل رساندن میزان خسارت‌ها و تلفات احتمالی، امکان بازسازی سریع‌تر نیز فراهم گردد. همچنین، اجتناب از هدررفت سرمایه و انرژی نیز مدنظر می‌باشد. در این میان، معیارها و شاخص‌های متعدد و متنوعی باید مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرد. این معیارها حد آسیب‌پذیری و تاب‌آوری محیط شهری و زیرساخت های ایستگاه های مترو را مشخص می‌سازد.

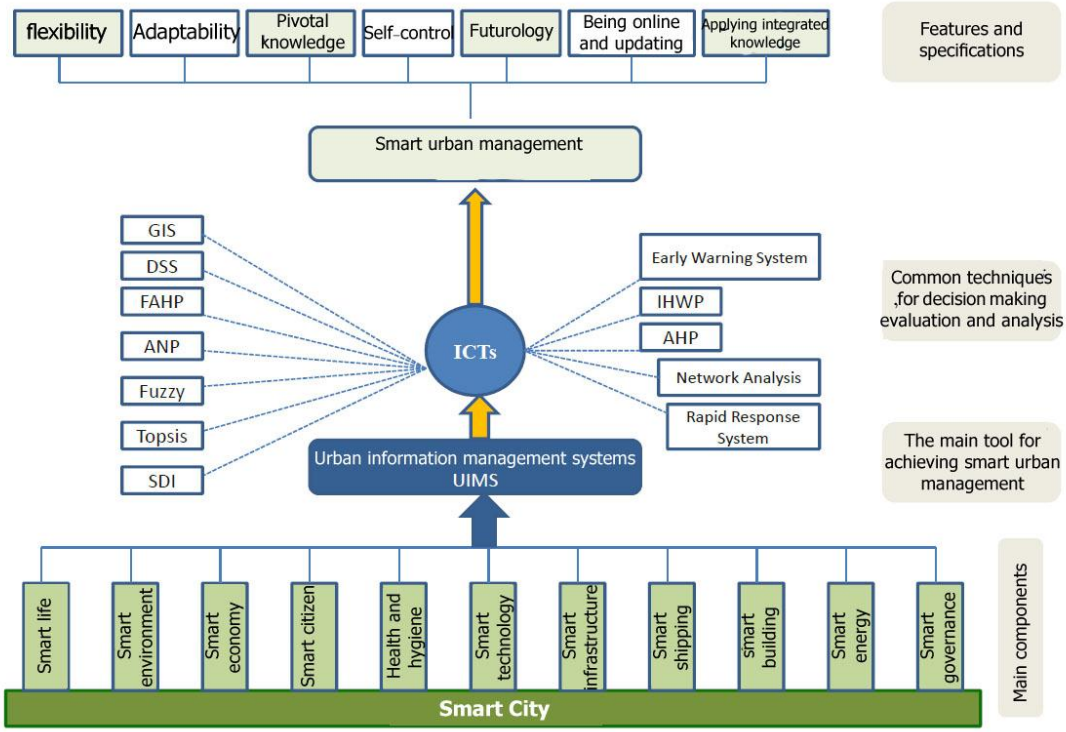

Fig. 15 Step-by-step conceptual flowchart from smart city to intelligent urban managemen

نتایج حاصل از این مقاله نشان می‌دهد که هنوز پس از سال‌ها پژوهش درباره نقش کلیدی مدیریت خطرپذیری در کاهش آسیب‌های وارده در بحران‌های طبیعی (زمین‌لرزه)، توسعه شبکه حمل و نقل زیرزمینی (مترو) به ویژه در شهرهایی مانند تهران که بواسطه جنس زمین، پراکندگی گسل‌ها، و بافت‌های فرسوده و ... از میزان مخاطرات بالایی برخوردار است، از روش‌های مبتنی بر الگوی مدیریت خطرپذیری هوشمند، کمتر تبعیت می‌کنند. بنابراین؛ زمانی می‌توان به یک مدیریت خطرپذیری هوشمند دست یافت که به مولفه‌های اثرگذار و اثرپذیر در بحران، همزمان توجه نمود. همانطور که بیان شد، وقوع زمین لرزه در شبکه مترو می‌تواند منجر به آسیب‌هایی جدی به صورت خرابی ایستگاه یا مسدودی خط گردد.

در بررسی میزان خطرپذیری یک ایستگاه مترو در بحران زمین‌لرزه، فاصله از گسل، عمق ایستگاه و نحوه اجرای تونل به تنهایی نقش تعیین کننده‌ای در اتخاذ تصمیمات مبتنی بر مدیریت هوشمند بحران ایفا می‌کند و هم‌پوشانی سایر داده‌های مرتبط، ابعاد، گستردگی و شدت بحران را نمایان می‌سازد. بر این اساس، ضروری است به منظور رفع یا کاهش آثار مترتب از عوامل خطرساز در توسعه شبکه حمل و نقل زیرزمینی از مرحله مطالعات امکان‌سنجی، تعیین مسیر و جانمایی ایستگاه‌های مترو تمامی ملاحظات زمین‌شناسی (تکتونیکی) و مهندسی زمین‌لرزه اعم از جنس لایه‌ها، نزدیکی به گسل، شیب زمین و آبهای زیرزمینی ملحوظ گردد. برای این منظور استفاده از نقشه‌های ریزپهنه‌بندی خطر لرزه‌ای، اعم از نقشه خطوط هم‌شتاب، نقشه استعداد روانگرایی، نقشه استعداد زمین لغزش، با توجه به سطوح خطر یا احتمال فراگذری در نظر گرفته شده، پیشنهاد می‌گردد.

به علت جانمایی برخی از ایستگاه‌های مترو در مجاورت بافت‌های فرسوده و یا سازه‌های بلند مرتبه امکان تشدید بحران زمین‌لرزه با ریزش آوار انبوه و انسداد معابر پیرامونی دور از انتظار نخواهد بود که پیشنهاد می‌گردد، میزان آسیب‌پذیری تاسیسات شهری، به ویژه پل‌ها، سازه‌های بلند مجاور بزرگراه‌ها، معابر پیرامونی ایستگاه‌های مترو، تاسیسات و خطوط لوله آب و گاز و فاضلاب و سایر تاسیسات موجود که می‌توانند تونل‌های

www.SID.ir

Archive of SID

اجرا شـده در شـهر تهران با آنها اندرکنش داشته باشند، تعیین شـود. وابسـتگی تاسـیسـات مترو به زیرساخت‌های سطح شهر یکی از نقاط ضـعف آن می‌باشـد. تاسیسات برق، آب، تلفن و ... کاملاً به تاسـیسات روی زمین وابسته است و در صورت آسیب دیدن آنها در هر شـرایطی (عادی و بحرانی)، کل تاسـیسـات شبکه مترو مختل می‌گردد که لازم است سامانه‌های اضطراری و هوشمند پیش‌بینی گردد.

براساس نتایج به دست آمده و با توجه به رویکرد مدیریت هوشمند (پیش از وقوع) و نیز با توجه به شرایط موجود، می‌توان برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، راهکارهای پیشنهادی را به ترتیب اولویت به شرح شکل ۱۶ تا ۱۸ ارائه داد. همانطور که مشاهده می‌شود، راهکارهای پیشنهادی اجرایی برای ایستگاه تجریش کمتر و به لحاظ اولویت و زمان اجرا نیز از روند یکنواخت‌تری برخوردار است.

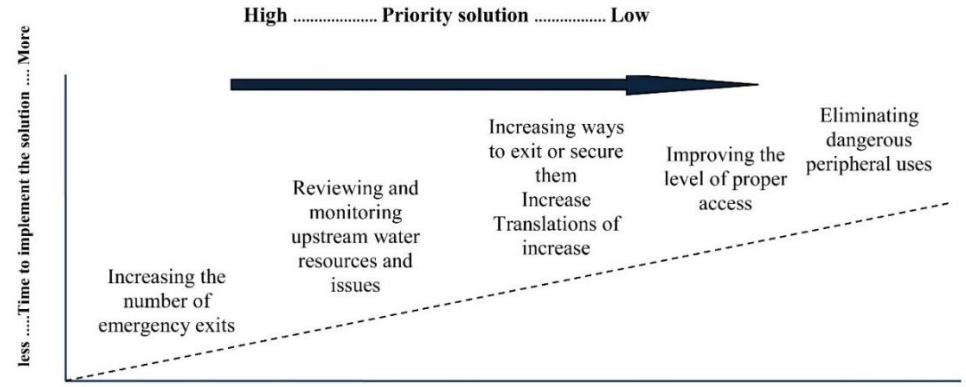

Fig. 16 Proposed solution for disaster management (preventive) in Tajrish station

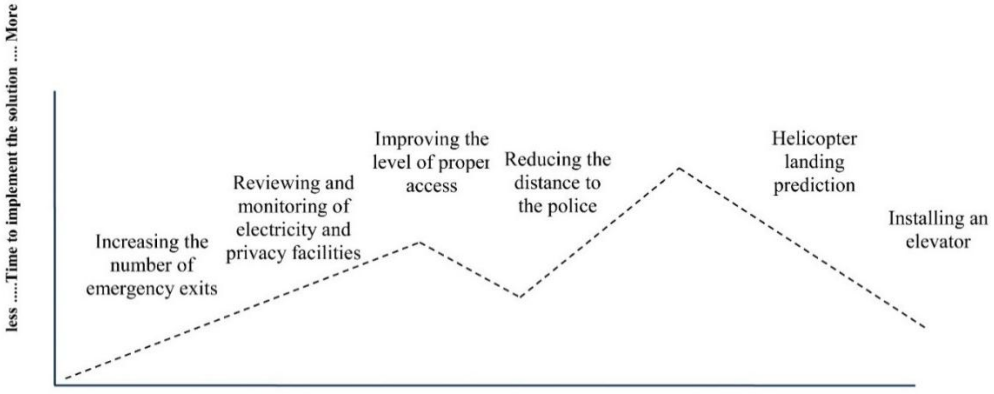

Fig. 17 Proposed solution for disaster management (preventive) in Darvazeh-Shemiran station

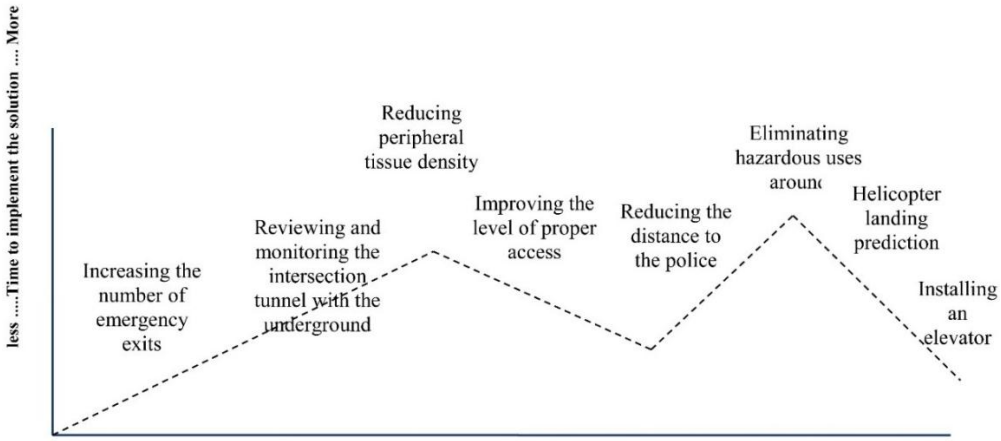

Fig. 18 Proposed solution for disaster management (preventive) in Navab Station

www.SID.ir

Archive of SID

آنچه در مدیریت هوشمند بحران به عنوان الزامات کلیدی مطرح است عبارت است از: نگاه جامع و یکپارچه، مدیریت خطرپذیری در برابر مدیریت بحران، پذیرش بالا بودن خطرپذیری‌ها، الگوسازی مخاطرات و تلفیق صحیح مؤلفه‌ها، داشتن اطلاعات دقیق و به روزرسانی شده که قابل اعتماد و تأثیرگذار بر مؤلفه‌های مدیریت خطرپذیری باشد، پاسخگویی مبتنی بر شناخت، فراهم آوردن زیرساخت‌های قانونی، مالی و فنی، به کارگیری دانش و قوانین، اولویت‌بندی برنامه‌های کاهش مخاطرات، گسترش پوشش بیمه سوانح به صورت حمایتی، اجباری و تشویقی.

از آنجا که در این مقاله نقش مدیریت خطرپذیری هوشمند (قبل از بحران) مورد تاکید قرار گرفته، بنابراین، به کارگیری و توسعه فناوری‌های نوین حفاری تونل (انتخاب مناسب مقطع تونل، روش حفاری و روش تثبیت خاک) و تحلیل آسیب‌پذیری تونل و تدوین روش‌های کاهش خطرپذیری و ارتقاء شاخص‌های ایمنی ایستگاه‌ها توصیه می‌گردد و در صورتی که ایستگاه در مکانی با خطرپذیری بالا احداث شده است، به فوریت نسبت به مقاوم‌سازی تونل‌ها و ایستگاه اقدام نموده و تجهیزات و امکانات مورد نیاز در حین و بعد از زمین لرزه را با اصول برنامه‌ریزی و مدیریت هوشمند فراهم نمایند. با در نظر گرفتن بافت فرسوده، و شبکه معابر نامنظم و غیر هندسی می‌توان وضعیت بحرانی و انفعال شبکه زمینی را بعد از یک زمین‌لرزه مخرب تجسم نمود، بنابراین پس از ایجاد مکان‌های باز و امن برای فرود بالگرد می‌توان با تلفیق دو سامانه انتقال هوایی (بالگرد) و زیرزمینی (مترو) - در صورت سالم ماندن تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو- بهترین گزینه را برای جابجایی سریع مصدومان و تبدیل ایستگاه های مجهز به مراکز مدیریت بحران و بیمارستان‌های موقت انتخاب نمود. تاثیر مطلوب برنامه فوق تا بدانجاست که اگر چنین رویکردی در احداث زیرساخت‌های شبکه حمل و نقل زیرزمینی و مقاوم‌سازی ایستگاه‌های در حال بهره‌برداری صورت پذیرد، بسیاری از مشکلات ساعات اولیه و طلایی وقوع زمین لرزه از طریق مهار بحران‌های ثانویه و مرکب از قبیل، انفجار، آتش‌سوزی، آب گرفتگی و ... مرتفع خواهد شد.

پی نوشت

1. Tectonic studies
2. Delphi technique
3. Drainage
4. Qowa
5. Information and Communication Technology
6. Geographic Information Systems
7. United Nation Development Program
8. Risk
9. Silt
10. Swiss Re
11. Analytic Hierarchy Process
12. Decision Supporting System

فهرست منابع **Refrences**

- Al-Sheikh, AliAsghar and Kazemi, Rohallah. (2007). Management of Earthquake Disaster and Crises on Tehran Railway Lines Using GIS, *The 9th International Conference on Rail-Based Transportation*. Tehran. Iranian University of Science & Technology. https://www.civilica.com/Paper-RTC09-RTC09_006.html.
- Ehsani M (2005). The Role of Urban Planning in dealing with Natural disaster, The Second International Scientific-Research Conference on relief and Rescue Management, Crescent Institute of Higher Education for Applied Science and Technology, Tehran.
- Ehsani M (2019). The role of intelligent management in urban physical planning to reduce earthquake effects, Hoviat Shahr Quarterly, Vol. 13, No. 2, pp. 37-50.
- European Commission (2015). Digital Agenda for Europe.
- Giffinger R, Fertner C, Kramar H, Kalasek R, Pichler-Milanović N, Meijers E (2007). Smart cities: Ranking of European medium-sized cities, Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology. Available from; http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.
- Glaesser D (2003). Crisis management in the tourism industry, Oxford, Butterworth- Heinemann.
- Habibi K, Pourahmad A, Meshkini A, Asgari A and Nazari Adli S. (2008). Allocation of Building & Structure Factor Effective In Old Fabrics Vulnerability with Fuzzy Logic & GIS (Case Study: Zanjan City), Fine Arts, Vol. 33.
- Hollands RG (2008). Will the real smart city please stand up? City, Vol. 12, No. 3, pp. 303–320.
- Hopkins University, School of Advanced International Studies Energy, Resources and Environment Student Practicum, Swiss Reinsurance Company Ltd. Mythenquai 50/60 P.O. Box 8022 Zurich, Switzerland.

www.SID.ir

Archive of SID

- Japan International Cooperation Agency (JICA) (2004). The comprehensive master plan study on urban seismic disaster prevention and management for the greater Tehran area is the Islamic Republic of Iran, Final report (summary), Executive summary.
- Josie A (2012). Risk Assessment and Management, Islamic Azad University, North Tehran Branch, p. 344.
- Kent W (2004). Muhlabauer Pipeline Risk Management Manual, Ideas, Techniques, and resources, New York, pp. 77-700.
- Komninos N (2013). What makes cities intelligent?, In Deakin, Mark. Smart Cities: Governing, Modelling and Analysing the Transition, Taylor and Francis. pp. 77, ISBN 978-1135124144.
- Korbatov A, Price-Madison J, Wang Y, Xu Y (2017). Lights out The risks of climate and natural disaster related disruption to the electric grid, Johns Hopkins University.
- Misemi H, Mousavi P & Jalal M. (2011). Investigation of the effect of dynamic loads caused by explosion and earthquake on the tunnel and Offering special suggestions for tunnels in Tehran, Civilization and rehabilitation and improvement, 17.
- Odendaal N (2003). Information and communication technology and local governance: Understanding the difference between cities in developed and emerging economies, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 27, No. 6, pp. 585-607.
- Rashed K, Weeks J (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial, International Journal of Geographic Information Science Multicriteria Analysis of Urban Areas, Vol. 17, No. 6, pp. 547-576.
- Shahanaghi K, Sadeghi M & Heydari M. (2012). Identification and Prioritization of Strategies Preventing Disasters Caused By Earthquake in Tehran by Using Hierarchical Fuzzy Method, Quarterly Journal of Disaster Prevention and Management, Knowledge, Vol. 4.
- Technical and Civil Deputy of Tehran Municipality (2017). Periodic report on the development of Tehran metro lines.
- Tehran Urban and Suburban Railway Operation Company (2017). Retrieved from www.metro.tehran.ir at Sertember 2017; 10:45:52AM.
- Vasseur J (2010). Smart cities and urban networks, In Vasseur, J. & Dunkels, A. (Eds.), Interconnecting Smart Objects with IP: The Next Internet, Burlington, MA: Morgan Kaufmann, pp. 360-377.

www.SID.ir

Archive of SID

Scientific Article

Risk Assessment of Tehran Subway Stations During Earthquakes with an Approach to Reduce Physical Vulnerability Through Intelligent Urban Management

(Case study: Tajrish, Darvazeh Shemiran, and Navab Subway Stations)

Esmaeil Shieh[1], Kyoumars Habibi[2], Mehran Ehsani[3](Corresponding Author)

[1]Professor, School of Architecture and environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran (es_shieh@iust.ac.ir)

[2]Associate Professor, School of Art and Architecture, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran (habibi_ki@yahoo.co.uk)

[3]Ph.D in Urban Development (urban planning and design), School of Architecture and environmental Design, Iran University of Science and Technology,Tehran, Iran (temenoos@yahoo.com)

Received	Revised	Accepted	Available Online
11/03/2019	01/09/2019	05/01/2020	21/07/2020

Lack of by intelligent management in physical and spatial planning is evident in the evaluation and monitoring of the quantity and the quality of disaster and risk management plans in rail transportation development of Tehran Metropolitan and, consequently, in examining the risks and vulnerability of the rail network in the country. Obviously, the crises such as earthquakes and floods on subway lines are largely dependent on trial and error hypotheses, traditional management practices, and poor future studies .

Regarding the tectonic studies, it seems that some factors such as seismic zones, differences in the soil types, changes in the north and south fault lines (before the disaster) of Tehran, the vulnerability of the subway stations, and the possibility of crisis exacerbation with the destruction of deteriorated urban fabrics during earthquake and flood are of vital importance in the development of underground railways. Focusing on earthquake vulnerability assessment and the role of intelligent risk management in the development of railway transportation network with an approach to monitor the physical and spatial hazards of subway stations, this research tries to access the information about fault lines, watercourses and subway stations of Tehran for intelligent monitoring of the crises, and identification of the nearest medical centers and urban open spaces regarding the type of crisis.

Therefore, three subway stations in Tehran (Tajrish, Darvazeh Shemiran, and Navab Subway Stations) were selected to be studied because of their locations in busy and important areas of Tehran, high level of passenger traffic, high land use density of the surrounding area, being located in three separate different areas, proximity to hazardous functions, year of construction, the station depth, proximity to main and secondary fault areas, and the distance from the watercourses.

In the research, a combination of research methods is used based on library studies, review of records and documents, Delphi technique2, hierarchical decision making method and layer overlap. First, the existing maps and field observations were scrutinized thoroughly in order to investigate and analyze the information. Next, the criteria for assessing the risks at Tehran subway stations were achieved based on experts' opinion. Then appropriate maps for subway stations in the studied areas were proposed according to specific factors (fault, watercourse, deteriorated fabric, distance from the medical stations, …). These maps indicate the appropriateness of the stations in relation to the location and the function of the current stations. Regarding the various effects of different layers on the evaluation process, the weighted coefficient of each layer was calculated by analytical Hierarchy process (AHP). The number of layers in each category in terms of importance and the effect of each category on the evaluation process were also calculated respectively from the least to the most important as follows: The distance from the fault, the station depth, the distance from fire stations, the distance from the channel (weight 4); the number of regular stairs, the area of nearby open spaces, the number of entrance and exit gates, the exit width, the number of emergency exits, the distance from medical centers, abundance of firefighting equipment, emergency ventilation, the density of the surrounding fabric, proximity to BRT lines, the existence of helicopter landing site, lack of upstream water resources, the number of passengers per day

www.SID.ir

Archive of SID

proximity to high-rise structures, the age of the surrounding structures, the area of the deteriorated urban fabric, the bridge spans (weight 3); the number of escalators, the number of elevators, land slope at the station (slope stability), the existence of a realm for power supply facilities, the distance from fuel stations, the distance from adjacent stations, the desirability of passage network around the stations (fabric density), the existence of fine grains in the surrounding area (weight 2); the existence of proper access, the distance to police station, proximity to hazardous functions, intersection with underground tunnels, the presence of peripheral organic passages, the skyline of the surrounding functions(weight 1).

The results of the risk assessment indicate that all stations are within the danger threshold and adopting smart management and executive solutions to reduce possible damage is essential. Based on the average score obtained from the analysis of the stations studied and their relevance to the risk index table, it is clear that all three stations are within the "risk threshold", which highlights the need for careful scrutiny of the issues increasing the risks art the stations. Based on the scores assigned to each of the studied stations, it was revealed that the "distance from the fault" and the "number of emergency exits" at Tajrish station had the lowest score (highest risk). In addition, at Darvazeh Shemiran and Navab stations, " the number of lifts" and "number of emergency exits" had the lowest score .

Still after years of extensive research on the key role of risk management in mitigating natural disasters (earthquakes and floods), the development of underground transportation network (subway) is less likely to follow methods of intelligent risk management, especially in cities such as Tehran where the deteriorated fabrics are at high risk due to the soil type, and the location of faults. In examining the risk level of a subway station in an earthquake crisis, the distance from the fault, the depth of the station and the existence of a tunnel, each play a decisive role for intelligent management of the crisis. Also, the overlapping of other related data, reveals the dimensions, extent and severity of the crisis. Accordingly, in order to eliminate or reduce the effects of risk factors in the development of the underground transportation network, all the tectonic and seismic engineering considerations, including the material of the layers, proximity to the faults, land slopes, and groundwater should be considered from the early stage of feasibility studies, to the final stages of determining the route and location of subway stations. Since some subway stations are located in the vicinity of deteriorated fabrics or high-rise structures, the earthquake crisis might exacerbate with the collapse of the buildings and the obstruction of the surrounding routes. The dependence of subway facilities on city infrastructure is considered a weakness. Electrical, water, telephone and other facilities are completely dependent on ground installations, and if they are damaged in any situation (normal and critical), the entire subway network facilities will be disrupted; therefore, it is necessary to devise emergency and intelligent systems.

Key words:

Underground transportation, Subway station, Intelligent risk management; Earthquake; Assessment, Evaluation of vulnerability reduction.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License.
(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نحوهٔ ارجاع به این مقاله:

شیعه، اسماعیل؛ حبیبی، کیومرث و احسانی، مهران (۱۳۹۹). ارزیابی میزان خطرپذیری ایستگاه های مترو شهر تهران هنگام وقوع زمین‌لرزه با رویکرد کاهش آسیب پذیری کالبدی از طریق مدیریت هوشمند شهری (مطالعه موردی ایستگاه‌های تجریش، دروازه شمیران و نواب)، *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۱(۱۹)، ۲۰۹-۲۲۹.

DOI: 10.30475/ISAU.2020.131744.0
URL: http://www.isau.ir/article_112765.html

www.SID.ir