فصلنامه علمی-پژوهشی
نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی
سال دوازدهم، شماره اول، زمستان ۱۳۹۸

# ارزیابی تأثیر ساختار شبکه ارتباطی حوزه شرقی طرح راهبردی شهر تهران بر تاب‌آوری شهری

**فرزاد اناری**

دانشجوی مقطع دکتری رشتهٔ شهرسازی، دانشگاه آزاد واحد امارات متحدهٔ عربی، دبی، امارات

**ناصر اقبالی**[۱]

دانشیار گروه جغرافیا، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**رضا مؤیدفر**

استادیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٦/۰٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۷

## چکیده

حوزه شرقی شهر تهران همواره در معرض خطرات شدید احتمالی ناشی از بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت است، به گونه‌ای که در برنامه ساختاری- راهبردی این حوزه به تدبیر راهکارهای نوین در جهت کاهش خطرپذیری و ارتقای کارایی مدیریت بحران تأکید شده است. هدف این مقاله ارزیابی تأثیر ساختار شبکه ارتباطی حوزه شرقی طرح راهبردی شهر تهران بر تاب‌آوری آن در برابر بحران‌ها است. سؤال اصلی مقاله حاضر این است که ساختار شبکه ارتباطی حوزه شرقی طرح راهبردی شهر تهران بر تاب‌آوری شهر چه تأثیراتی دارد؟ پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی با رویکرد عملی و حل مشکل و از لحاظ ماهیت و روش، تحلیلی- تجویزی بر پایه داده‌های کمی است. در این مقاله با توجه به قابلیت روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در راستای نظرات کارشناسان و در نظر گرفتن طیف وسیعی از معیارهای کیفی و کمی چندگانه در مسیر تحقیق، روش مذکور برای به‌کارگیری در نمونه موردی برگزیده شد. بر مبنای یافته‌های پژوهش، بیش از ۴۵ درصد از وسعت حوزه با خطرپذیری نسبتاً بالا در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت روبروست. این در حالی است که با به‌کارگیری هفت معیار مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری در دو طبقه کلان شامل خصوصیات شبکه (تراکم جمعیتی، ظرفیت معابر و الگوی سفر ساکنین) و ایمنی شبکه (درجه محصوریت، ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین، کیفیت ابنیه و تراکم ساختمانی) مشخص گردید که حدود ۲۸ درصد از معابر فاقد تاب‌آوری لازم در زمان پس از بروز بحران خواهند بود و همچنین توانایی بازگشت به وضعیت تعادل و شعاع پوشش دهی، در جهت امدادرسانی و اسکان موقت شهروندان به شدت پایین است.

**واژگان کلیدی: تاب‌آوری، شبکه معابر، بحران، خطرپذیری، حوزه شرقی شهر تهران.**

۱- (نویسنده مسئول) eqb.naser200589@gmail.com

**مقدمه**

مدیریت بحران‌های ناشی از عوامل طبیعی و انسان‌ساخت در کنار توسعه پایدار، به عنوان موضوعی یکپارچه در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به محدود بودن منابع، توسعه در تمامی ابعاد شهری بدون یکپارچگی با برنامه‌های کاهش اثرات بحران‌ها امکان‌پذیر نخواهد بود. از این رو، برنامه‌ریزی با هدف مدیریت بحران و ارزیابی میزان خطرپذیری سیستم‌های شهری همواره یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه ریزان و مدیران شهری بوده است. مدیریت بحران هدف در پیش‌بینی بحران‌های بالقوه طبیعی و انسان‌ساخت و برنامه‌ریزی درباره نحوه برخورد با آن‌ها بر پایه اصول مدیریت برنامه‌ریزی، سازمان‌دهی، رهبری، نظارت و هماهنگی دارد(Shakiba, 2008: 689). رهیافت‌ها و نظریه‌های نوین مدیریت سوانح و توسعه پایدار به دنبال ایجاد جوامع تاب آور در برابر مخاطرات طبیعی هستند( Rafieian, 2010:19). تاب‌آوری بدان معناست که اجتماع ظرفیت تحمل بحران را بدون دریافت خسارات عمده، آسیب‌ها، کاهش کیفیت زندگی و نیاز به کمک زیاد از بیرون جامعه دارا باشد (Mileti,1999:7). به عبارتی جامعه و سیستم شهری که در مقابل خطر و بحران تاب‌آوری دارد، به سرعت به شرایط متعادل بازگشته و یا اینکه به آسانی شرایط خود را به گونه‌ای جدید تغییر می‌دهد (Pendal,2007:11). ضرورت و اهمیت برنامه‌ریزی نواحی شهری بر مبنای رهیافت تاب‌آوری در آن است که در این رهیافت نیازی به تمرکز بر روی یک الگوی خاص توسعه شهری نیست، بلکه انعطاف‌پذیری تاب‌آوری این امکان را میسر می‌سازد که با توجه به شرایط یگانه شهرها و برنامه‌های توسعه، جوابگویی و انطباق با شرایط ویژه هر محدوده مورد مطالعه وجود داشته باشد. این ویژگی سبب می‌شود که خلاقیت فکری برای اندیشیدن به راه‌های گوناگون کسب تاب‌آوری بدون محدود شدن در چارچوب خاصی، ایجاد شود (Behashash, 2012: 115).

برنامه‌ریزی شهری با هدف کاهش آسیب‌پذیری، ناگزیر از شناخت نحوه و علل آسیب‌پذیری هر یک از عناصر کالبدی شهر است. در این میان، آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی به عنوان یکی از عناصر کلیدی کالبد شهر، به دلیل تأثیر مستقیمی که بر عملکرد سایر عناصر شهری می‌گذارد، حائز اهمیت است. به عنوان مثال، چنانچه فضاهای باز در شهر به‌خوبی توزیع شده باشند، اما شبکه ارتباطی امکان دسترسی مطلوب به این فضاها را فراهم نسازد، مطلوبیت عملکرد این فضاها به شدت کاهش می‌یابد. تفسیری مشابه در خصوص مکان گزینی سایر کاربری‌های شهری از جمله کاربری‌های آموزشی که خطرپذیری و مکان گزینی این گروه از کاربری‌ها به شدت متأثر از ظرفیت و ایمنی معابر تغذیه کننده است، قابل ارائه است. از سوی دیگر، شبکه ارتباطی در نحوه عملکرد و واکنش بافت شهری نسبت به تهدیدها، به ویژه خطر زمین لرزه و همچنین ساختار فضایی-کالبدی شهر اثرگذار است(Azizi, 2011: 6). در نتیجه شبکه ارتباطی از مهم‌ترین عناصر ساختار کالبدی شهر محسوب می‌شود که به ویژه بعد از بروز بحران، در عملیات امداد و نجات و خروج اضطراری تأثیر بسزایی دارد. در نتیجه ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ساختار ارتباطی و برنامه‌ریزی در جهت افزایش تاب‌آوری نواحی شهر بر پایه پارامترهای دسترسی و حمل و نقل در مواقع بروز بحران از اهمیت بالایی برخوردار است.

با گذشت بیش از سه دهه از پژوهش‌های اولیه در مورد تاب‌آوری، این رهیافت فاقد درک فراگیر و عملیاتی در انتظام مدیریت بحران‌های شهری است. با وجود همراهی و اجماع در میان برنامه ریزان مبنی بر اینکه تاب‌آوری و

سیستم‌های تاب آور مفهومی چند بعدی، شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی، کالبدی و محیطی است، با این حال به تاب آور ساختن سیستم شهری بر پایه ارتقای پارامترهای ساختار شبکه ارتباطی توجه چندانی نشده است. همچنین هیچ مجموعه مشخصی از دسته‌بندی نهایی پارامترها برای کمی سازی میزان تاب‌آوری سیستم‌های شهری در برابر مخاطرات ارائه نشده است. در نتیجه یکی از اصلی‌ترین گام‌های پژوهش در زمینه سیستم‌های تاب آور، توجه به نقش و اهمیت ساختار ارتباطی در ارتقای تاب‌آوری سیستم شهری و تعیین پارامترهای لازم برای اندازه‌گیری و ارزیابی میزان تاب‌آوری آن‌هاست. مرحله مهم در ایجاد پارامترهای تحلیل، شناسایی متغیرهایی است که متناسب، قوی و بیانگر آن پارامتر باشند؛ زیرا که نقطه قوت و ضعف پارامترها بر مبنای کیفیت متغیرهای انتخاب شده تعیین می‌شود(Rafiiyan, 2010: 29).

با توجه به استقرار جمعیتی بیش از ۲,٦ میلیون نفر در سال ۱۳۹۰ و تراکم بالای جمعیت و فعالیت در حوزه شرقی شهر تهران به عنوان نمونه موردی و قرارگیری آن بر روی گسل‌های فعال و نقش شهر تهران به عنوان پایتخت سیاسی و اقتصادی کشور، همواره این حوزه در معرض خطرات شدید احتمالی ناشی از بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت است. به گونه‌ای که در برنامه‌های تغییر و توسعه شهری تهران در سطوح سه گانه محلی، منطقه‌ای و ملی به تدبیر راهکارهای نوین در جهت کاهش خطرپذیری نواحی شهری تهران و ارتقای کارایی و اثربخشی مدیریت بحران در آن توجه شده که بیشتر بر پایه مقاوم‌سازی بناها و فضاهای ساخته شده در برابر مخاطرات استوار است.

در نتیجه می‌توان گفت بررسی و به‌کارگیری رهیافت نوین تاب‌آوری در برنامه‌ریزی و مدیریت بحران نواحی شهری تهران به منظور کاهش آسیب‌پذیری در برابر بلایای طبیعی و انسان‌ساخت از اهمیت بسزایی برخوردار است. همچنین یک تغییر دیدگاه صرف از تأکید بر جنبه‌های کالبدی و مقاوم‌سازی ابنیه، به توجه به تمامی ابعاد تاب‌آوری در مدیریت بحران شهر تهران نیز الزامی به نظر می‌رسد. از آنجا که ساختار ارتباطی شهری از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در سازمان فضایی شهر برای دستیابی به تاب‌آوری و متعاقب آن توسعه پایدار است، ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه معابر حوزه شرقی تهران به عنوان نمونه موردی بر پایه پارامترهای دسترسی و حمل و نقلی به منظور کاهش آسیب‌پذیری اجتماع و سیستم شهری مورد مطالعه و ارائه چارچوب پیشنهادی ارتقای تاب‌آوری در زمینه‌های روند کاری و نهادی حوزه شرقی ضرورت دارد. با توجه به موضوع پژوهش، هدف کلان پایان‌نامه، تبیین نقش ساختار ارتباطی بر میزان تاب‌آوری شهری در هنگام بروز بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت از طریق بررسی پارامترهای تأثیرگذار شبکه ارتباطی و کاربست آن‌ها در تحلیل و ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه معابر حوزه شرقی تهران در راستای تجویز و ارائه پیشنهاد در خصوص ارتقای تاب‌آوری سیستم شهری و کاهش تلفات و خسارات ناشی از بروز بحران است. اهداف کلی رساله در جهت دستیابی به هدف کلان، در سه سطح توصیفی، تحلیلی و تجویزی عبارت است از: در این پژوهش در راستای پاسخ‌گویی به پرسش‌ها در دو سطح کلان و خرد که هر یک در مراحل گوناگون برنامه‌ریزی شامل توصیف، تحلیل و تجویز تدوین شده‌اند، کوشش می‌شود. در سطح کلان، پرسش‌ها در برگیرنده موارد زیر هستند:

- چیستی مفهوم و ابعاد تاب‌آوری و نقش ساختار شبکه ارتباطی در تاب‌آوری سیستم شهری،
- تبیین رابطه بین ساختار شبکه ارتباطی و تاب‌آوری شهری،
- معیارهای سنجش تاب‌آوری در شبکه حمل و نقل شهری،
- میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی در نمونه موردی و عوامل مؤثر بر آن،
- چگونگی ارتقای تاب‌آوری در شبکه ارتباطی نواحی شهری به ویژه با تأکید بر نواحی شهری.

در سطح خرد این پرسش‌ها در سطح تفصیل بیشتر مورد پژوهش قرار می‌گیرند و به ویژه بر سطح نمونه موردی تمرکز بیشتری می‌یابند تا میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی را به صورت عددی اندازه‌گیری نموده و علل مؤثر بر آن را شناسایی و واکاوی نمایند و پس از آن پیشنهادات ممکن برای ارتقای این متغیر را از جنبه‌های گوناگون فنی و مدیریتی مورد ارزیابی قرار داده و معرفی نمایند. پژوهش حاضر از حیث هدف، کاربردی با رویکرد عملی و حل مشکل و از لحاظ ماهیت و روش تحلیلی- تجویزی بر پایه داده‌های کمی است. هدف تحقیق کاربردی رشد و بهتر نمودن یک محصول یا روال یک فعالیت، از طریق مورد آزمون قرار دادن مفاهیم نظری و مجرد در موقعیت‌های واقعی است. همچنین در این پژوهش، از روش‌ها و تکنیک‌های برنامه‌ریزی و حمل و نقلی مختلفی جهت سمت و سو دادن به تحقیق به منظور رسیدن به هدف نهایی پروژه استفاده می‌شود. با توجه به ماهیت موضوع که تبیین نقش ساختار شبکه ارتباطی در تاب‌آوری حوزه شرقی شهر تهران است، در نتیجه چارچوب‌های تحلیلی بیشتر بر پایه ارزیابی‌های کمی و بهره‌گیری از روش‌ها و فنون برنامه‌ریزی است. با این حال در راستای افزایش اعتبار نتایج مدل‌ها و بهره‌گیری از نظرات کارشناسی انتظام‌های فکری مرتبط با موضوع، در مجموع ۱۰ پرسشنامه از نخبگان و متخصصان معرفی شده در بند فوق تکمیل می‌شود.

**چارچوب نظری**

واژه تاب‌آوری (Resilience) ریشه در واژه لاتین (Resalire) دارد که به‌صورت جهش یا خیزش به عقب ترجمه می‌شود. استراتژی بین‌المللی کاهش خطر در تعریفی جامع تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی را این‌گونه تعریف می‌کند: توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطر برای مقاومت، جذب، تطبیق و بهبود از اثرات یک مخاطره به طرزی کارآمد و به‌موقع، ازجمله از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و کارکردهای ضروری و اساسی خود. در حقیقت تاب‌آوری مفهومی است که به‌راحتی با تمام مراحل و فازهای مدیریت بحران ارتباط پیدا می‌کند. گادسچالک (۲۰۰٤) تاب‌آوری شهری را اصطلاحی می‌داند که برای اندازه‌گیری توانایی یک شهر برای بهبود از یک بلا به کار می‌رود. در حقیقت شهرهای تاب آور از پیش برای پیش‌بینی، پشت سر گذاشتن و بهبود از تاثیرات خطرات طبیعی یا فنی طراحی شده‌اند و سیستم‌های فیزیکی و اجتماعی در چنین شهری قادر به بقا و عملکرد تحت شرایط فشار و بحرانی هستند (Salman Moghaddam, 2014: 22)

مباحث تاب‌آوری در مدیریت بحران طیف وسیعی از پیشگیری و کاهش آسیب‌پذیری تا بازسازی و بهبود پس از سانحه را شامل می‌شود. این تنوع موضوعی و عملیاتی، انواع بحران‌های طبیعی و مصنوع آتی نظیر زلزله، سیل، توفان و حوادث تروریستی را در برمی‌گیرد. تعاریف و کاربردهای اولیه تاب‌آوری در شهرها که برای اولین بار در دهه‌های ۸۰ و ۹۰ میلادی ظاهر شدند، بر این بعد تأکید داشتند. به همین جهت موضوع تاب‌آوری اهمیت زیادی در

مدیریت بحران و کاهش خطرات ناشی از عوامل طبیعی و انسانی دارد. شهرنشینی و مداخلات انسانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل توسعه خطرپذیری هستند. بسیاری از بحران‌هایی که اکنون نواحی شهری درگیر آن هستند، ناشی از افزایش خطرپذیری است. یکی از ابعاد سودمند طرح بحث تاب‌آوری، مقابله با بحران‌های طبیعی و انسان از طریق پدافند غیرعامل به‌منظور ایجاد آمادگی برای مقابله با بحران به روش غیرفعال است. تأکید تاب‌آوری بر خودسازمان‌دهی و ارتقا دانش و یادگیری حتی در خردترین سطوح در کنار سایر ویژگی‌های آن، سهم زیادی در این مهم دارد. افزایش خودبسندگی و تأمین منابع لازم در واحدهای محلی برای مقابله با پیامدهای ناشی از بحران‌ها ازجمله راهکارهای مهم است.

در همین راستا نیز، رابطه پدافند غیرعامل با تاب‌آوری تعریف می‌شود، زیرا بدنه مهمی از دانش و تجربیات تولیدشده در مقیاس جهانی در زمینه تاب‌آوری، به بحث درباره روش‌های نهادینه و غیرتهاجمی برای مقابله با تغییرات پیش‌بینی نشده و حتی بحران‌های انسان‌ساخت نظیر حملات تروریستی و جنگ‌های خارجی و داخلی دارد(Hussein, 2015: 19-17). به‌طورکلی بر اساس تقسیم‌بندی مایانگا، می‌توان گفت برخی نظریه‌پردازان مفهوم تاب‌آوری در برابر سوانح را فرآیند می‌دانند تا نتیجه و پیامد. برخی تاب‌آوری را چشم‌اندازی بلندمدت و فرآیند بازیابی بلندمدت بعد از سوانح دانسته‌اند. به‌بیان‌دیگر، تاب‌آوری معیار یا وسیله‌ای در طول زمان برای برگشت به گذشته جهت حفظ تعادل باشد. برخی نظریه‌پردازان تاب‌آوری را با مفهوم سازگاری مطرح کرده‌اند که به افزایش ظرفیت یادگیری در هنگام مواجهه با سوانح منجر می‌شود(Dadashpour, 2014: 76). گادزچالک[1] (۲۰۰۳) در راستای پاسخگویی به تعیین ویژگی‌های جوامع تاب آور در برابر بحران‌های طبیعی به‌ویژه زلزله، پژوهش‌های گسترده‌ای انجام داده است. بر این مبنا، ویژگی‌های یک جوامع تاب آور در برابر بلایای طبیعی مطابق جدول زیر است:

**جدول ۱: ویژگی‌های جوامع تاب آور در برابر بحران‌های طبیعی**

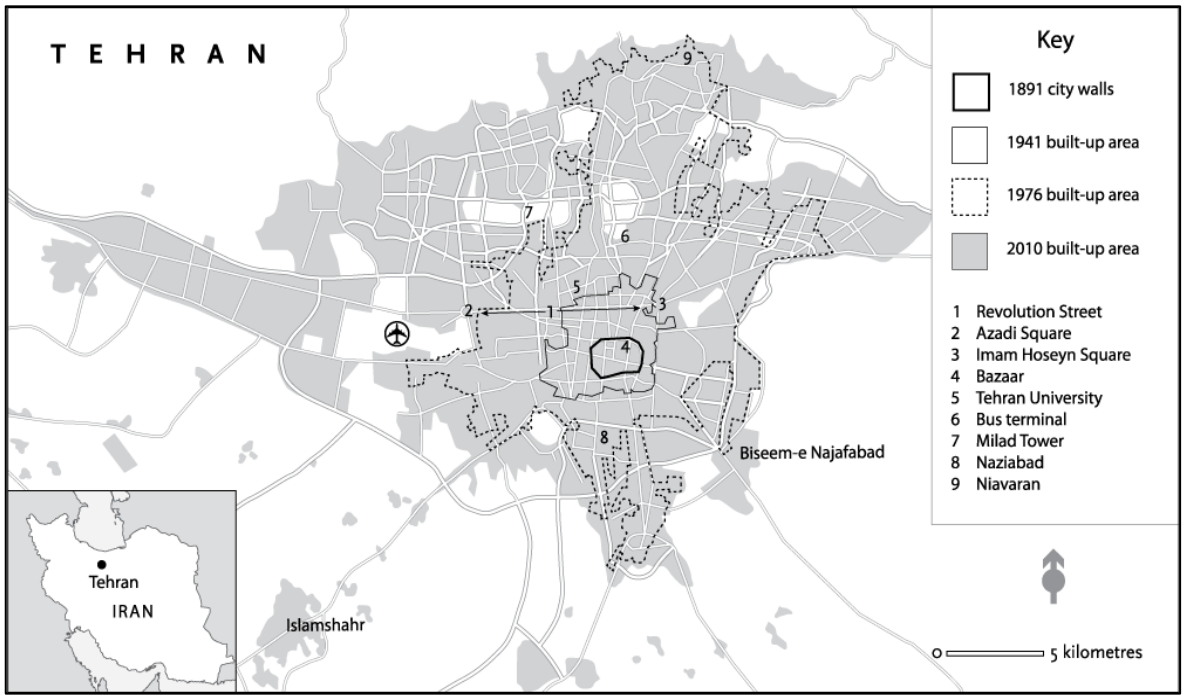
| ویژگی جامعه تاب آور | تشریح ویژگی |
|---|---|
| مازاد[2] | سیستم شهری با عناصر و مؤلفه‌های چندگانه طراحی شده است و این امکان را فراهم می‌آورد که در صورت بروز بحران، کل سیستم دچار نقص نشود. |
| تنوع[3] | وجود عناصر چندگانه در برابر یک عنصر مرکزی به‌منظور حفاظت در برابر بحران |
| کارآمدی[4] | سهم مثبت انرژی تأمین شده به انرژی دریافت شده به‌وسیله سیستم پویا |
| مستقل و خودمختاری[5] | توانایی انجام فعالیت به‌صورت مستقل و بدون کنترل خارجی |
| محکم[6] | توانایی تحمل مخاطرات و فشارهای خارجی |
| وابستگی درونی[7] | سیستم یکپارچه برای پشتیبانی از یکدیگر |
| انطباق پذیر[8] | توانایی یادگیری از تجارب و منعطف بودن نسبت به تغییرات |
| همکاری[9] | انگیزه‌ها و فرصت‌های چندگانه برای مشارکت طیف گسترده‌ای ذینفعان |

Source: (Godschalk,2003: 139)

## ویژگی‌های ساختار طبیعی حوزه شرقی شهر تهران

وضعیت ساختار طبیعی مناطق تشکیل‌دهنده حوزه شرقی شهر تهران، از راه شناخت مهم‌ترین عوارض طبیعی، نحوه شیب بندی و مشخصات توپوگرافیک زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد.

[1] Godschalk
[2] Redundant
[3] Diverse
[4] Efficient
[5] Autonomous
[6] Strong
[7] Interdependent
[8] Adaptable
[9] Collaborative




**نقشه ۱: موقعیت شهر تهران**

Source: (https://newleftreview.org)

**عوارض طبیعی موجود در منطقه ٤ شهرداری**

این منطقه از لحاظ جغرافیایی در کوهپایه‌های رشته‌کوه البرز واقع گردیده است. از لحاظ زمین‌شناسی، خاک منطقه مشتمل است بر اراضی تپه‌ماهور با شیب‌های تند و خطوط ارتفاعی متراکم و کم دامنه که بلندترین نقطه آن در محل ارتفاعات کوه هزار دره که حدود ۱۹۷۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد (Detailed Plan for Area 4, 2003: 8).

**عوارض طبیعی موجود در منطقه ۸ شهرداری**

منطقه ۸ در دامنه شیب ملایم رشته‌کوه البرز در شمال کوه‌های سه تپه در شرق تهران قرار گرفته است و از طریق همسایه شمالی خود (منطقه ٤) به ارتفاعات کوه البرز و از طریق همسایه جنوبی خود منطقه ۱۳ به جنگل‌های سرخه‌حصار و کوه‌های سه تپه می‌رسد. شیب طبیعی این اراضی از شمال به جنوب هدایت‌کننده آب‌های سطحی بالادست به این منطقه و سپس مناطق جنوب شرقی شهر تهران است(Detailed Plan for Area 8, 2003: 7).

**عوارض طبیعی موجود در منطقه ۱۳ شهرداری**

از عوامل طبیعی در منطقه ۱۳ به پارک جنگلی سرخه‌حصار، کوه سنگی، مناظر کوهستانی شرق تهران اشاره می‌شود. پارک جنگلی سرخه‌حصار که از معدود فضاهای سبز وسیع و حفاظت شده در حاشیه شهر تهران است از ابتدای شکل‌گیری پایتخت به لحاظ پوشش جنگلی غنی و همچنین حیات‌وحش مورد توجه حکومت‌های موقت به‌ویژه سلاطین قاجار و پهلوی بوده است. جنگل مزبور که بر روی ارتفاعات شرقی مشرف به شهر تهران قرار گرفته، عمدتاً به عنوان شکارگاه مورد استفاده قرار می‌گرفته است.

کوه سنگی که در امتداد خیابان پیروزی به سمت شرق قرار گرفته همواره به عنوان یک نشانه طبیعی قوی خودنمایی می‌کند. این کوه که نسبت به ناهمواری‌های اطراف از شکل متفاوتی برخوردار است، از دیر زمان به‌عنوان یک نشانه

طبیعی بر سر راه مسافران تهران که از دروازه دوشان تپه تردد می‌کرده‌اند، قرار داشته است( Detailed Plan for Area 13, 2003: 6)

**عوارض طبیعی موجود در منطقه ١٤ شهرداری**

منطقه ١٤ شهر تهران در مسیر مسیل سرخه‌حصار قرار دارد که از ارتفاعات شرق تهران سرچشمه گرفته و به سمت جنوب حرکت می‌کند. شیب عمومی در این منطقه به سمت جنوب است(Detailed Plan for Area 14, 2003: 4).

**عوارض طبیعی موجود در منطقه ۱۵ شهرداری**

موقعیت استقرار منطقه ۱۵ در پایین‌دست شیب شمالی- جنوبی شهر، همسایگی با بیابان‌های خشک جنوب شهر، قرار داشتن در مسیر بادهای غرب به شرق، همسایگی با واحد هفتم کارخانه سیمان تهران، سرازیر شدن آب تعداد زیادی از مسیل‌ها و کانال‌های آب‌های سطحی شهر به منطقه و گذر از آن از ویژگی‌های موقعیت طبیعی این منطقه است (Detailed Plan for Area 15, 2003: 5)

**ویژگی‌های لرزه‌خیزی و موقعیت گسل‌های واقع در حوزه شرقی شهر تهران**

بررسی گسل‌ها و وضعیت لرزه‌خیزی، یکی از موضوعات اساسی در مطالعات خطرپذیری است که در این بخش از گزارش به تفکیک مناطق پنج‌گانه انجام می‌گیرد.

**گسل‌های موجود در منطقه ٤ شهرداری**

از لحاظ جغرافیایی و زمین‌شناسی نقشه‌های جایکا نشان می‌دهد ۲ خط گسل از درون منطقه ٤ عبور می‌کند. هر دو این شاخه‌ها مربوط به گسل شمال تهران می‌باشند. شاخهٔ شمالی به طور تقریب از حدود ارتفاعات ۱۸۰۰ متری و از پائین روستای سوهانک و شهرک قائم عبور می‌کند. شاخهٔ دیگر گسل دقیقاً زیر بزرگراه شهید بابایی واقع شده است. این شاخه، زیر بخش غربی پارک جنگلی لویزان، به ۲ قسمت تقسیم می‌شود و تا شهرک امید و قنات کوثر کشیده می‌شود(Tehran City Strategic Plan, 2006: 15)

**گسل‌های موجود در منطقه ۸ شهرداری**

هیچ‌یک از گسل‌ها و گسله‌های تهران در منطقه ۸ قرار ندارند. نزدیک‌ترین گسله در جنوب منطقه از جنگل‌های سرخه‌حصار قرار دارد. یک گسله کوچک هم در قسمت غرب (در منطقه ۷) در نزدیکی منطقه، در نقشه‌های زلزله آورده شده است. لیکن در مطالعات ریز پهنه‌بندی تهران اشاره شده است که در اثر فعالیت گسل شهر ری خسارات وارده به منطقه به خصوص در قسمتی از ناحیه ۳ زیاد خواهد بود. در مورد خطرپذیری متوسط و بالا ضابطه خطر و خسارات ناشی از آن در قالب تقویت سازه‌های ساختمانی و همچنین ضابطه شرایط اجتماعی در قالب توسعه مجدد منطقه و تأمین فضای باز کافی نیاز به تحقیق و بررسی دقیق دارد (Ibid: 23).

**گسل‌های موجود در منطقه ۱۳ شهرداری**

از نظر وضعیت کلی منطقه نسبت به گسل‌های اصلی می‌توان گفت اگرچه وجود گسل‌های متعدد تهران باعث بالا بردن ریسک زلزله در این شهر شده است و تأثیرات نامطلوب خود را بر کل شهر خواهد گذاشت، اما در منطقه ۱۳ با

توجه به نقشه‌های گسل‌های موجود در تهران نشان می‌دهد که گسل‌های اصلی از این محدوده عبور نمی‌کند (Ibid: 24).

**گسل‌های موجود در منطقه ١٤ شهرداری**

از جمله مهم‌ترین گسل‌های موجود در منطقه ١٤ شهر تهران بر مبنای مطالعات جایکا، گسل ری است که در صورت بروز زلزله منطقه ١٤ با خطرپذیری بالایی روبه‌رو خواهد شد. در صورت بروز گسل شمال تهران میزان خطر کمتری این منطقه را تهدید می‌کند. در مورد گسل مشا نیز میزان تهدید خطر کمتر است (Ibid: 24).

**گسل‌های موجود در منطقه ١٥ شهرداری**

نزدیکی منطقه به گسل ری و قرار داشتن بخشی از دنباله گسل پارچین در داخل منطقه از خصوصیات مهم زمین‌شناسی این منطقه است. مطالعات نشان می‌دهد که در صورت فعال شدن گسل ری، ساختمان‌های واقع در شمال غربی منطقه در شمال بزرگراه بعثت و نیز ساختمان‌های واقع در شهرک‌های شوش، کیانشهر، امام خمینی و جمهوری به صورت کامل تخریب می‌شود. کم آسیب‌ترین قسمت منطقه حوالی افسریه تا مسعودیه خواهد بود (Ibid: 24).

**تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی شهر تهران در برابر بلایای طبیعی و انسان‌ساخت با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله مراتبی**

خطرپذیری به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن سکونتگاه‌های انسانی و یا ساختمان‌ها به سبب مجاورت با مخاطرات، کیفیت ساخت و یا هر دو مورد در معرض تهدید قرار می‌گیرند. با توجه به برونداد مراحل پیشین، در این مرحله به منظور تعیین میزان خطرپذیری حوزه شرقی شهر تهران در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت از روش AHP در نرم‌افزار GIS استفاده می‌شود. این روش که برای سطح‌بندی و تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای متعددی در فرایند تحلیل وجود دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطرپذیری بر مبنای فرایندی چهار مرحله‌ای پیموده می‌شود:

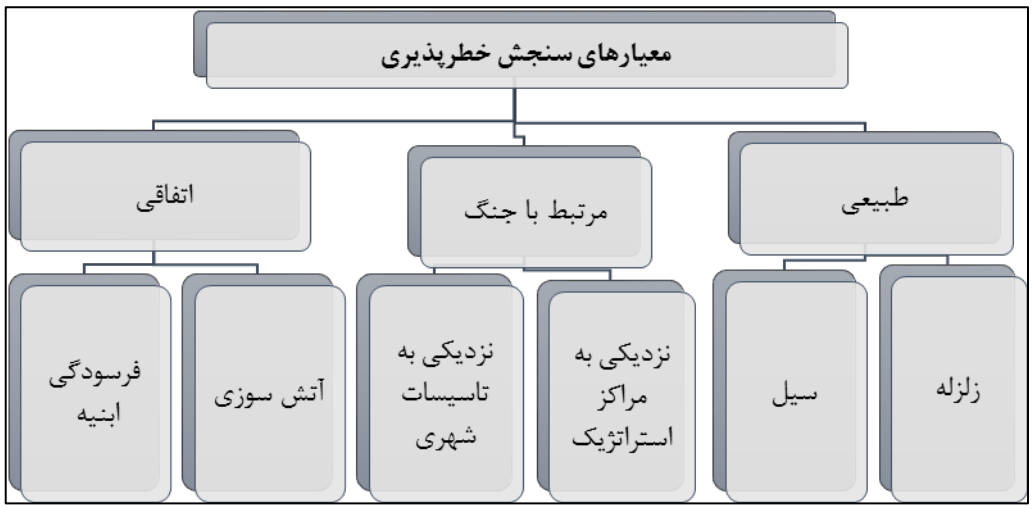
- مرحله نخست: مدل‌سازی و تشکیل درخت سلسله مراتبی
- مرحله دوم: ارزش‌گذاری و مقایسه دو به دویی معیارها و زیرمعیارهای تحلیل بر اساس نظرات کارشناسان،
- مرحله سوم: تولید نقشه‌های زیرمعیارهای مورد استفاده در فرایند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار (GIS) بر مبنای طبقه‌بندی سه سطحی
- مرحله چهارم: پهنه‌بندی ترکیبی خطرپذیری در برابر انواع تهدیدهای طبیعی و انسان‌ساخت.

**مدل‌سازی و تشکیل درخت سلسله مراتبی**

با توجه به طبقه‌بندی بلایای طبیعی و انسان‌ساخت و همچنین مطالعه و بررسی ویژگی‌های طبیعی و فضایی حوزه شرقی شهر تهران، سوانح و بحران‌هایی که محدوده مورد مطالعه با آن‌ها روبرو است شناسایی شده‌اند[1] که عبارت‌اند از:

[1] لازم به توضیح است که نقشه خطرپذیری مرتبط با هریک از متغیرهای تحلیل که نشان دهنده دلایل انتخاب آنها به منظور تحلیل میزان خطرپذیری نمونه موردی در برابر بلایای طبیعی و انسان ساخت است در مرحله سوم بکارگیری روش AHP تولید و بررسی می شود.

- خطرات طبیعی شامل تهدید وقوع زلزله و سیل
- خطرات مرتبط با جنگ شامل نزدیکی به مراکز استراتژیک و نزدیکی به تأسیسات مهم شهری
- خطرات اتفاقی شامل آتش‌سوزی و فرسودگی ابنیه.




**نمودار ۲: معیارها و زیرمعیارهای بکارگرفته شده جهت سنجش میزان خطرپذیری پهنه شرقی شهر تهران بر مبنای روش AHP**

Source: (Research findings)

**ارزش‌گذاری و مقایسه دو به دویی معیارها و زیرمعیارهای تحلیل بر اساس نظرات کارشناسان**

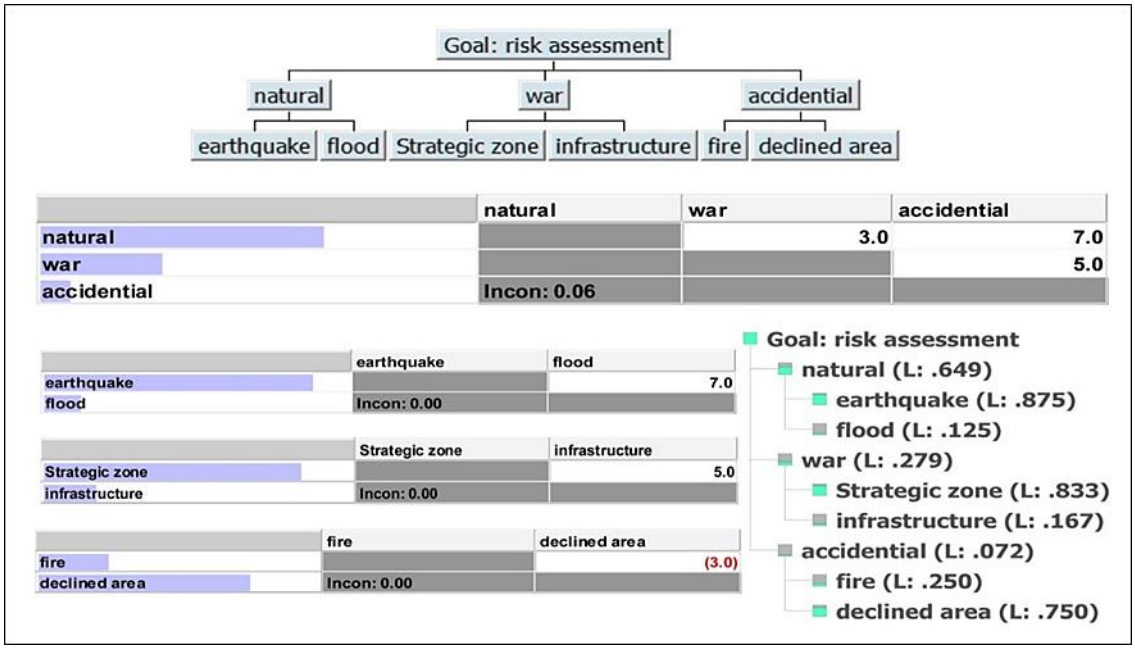
در فرآیند تصمیم‌گیری، مقایسه بین معیارها و زیرمعیارها، به صورت دو به دو و در قالب ماتریس و بر مبنای یک مقیاس نسبی وزنی و به صورت کمی انجام می‌گیرد. پس از این مقایسه، از تکنیک‌های ریاضی برای تعیین وزن نهایی هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی در سلسله‌مراتب استفاده خواهد شد. وزن‌های نهایی به دست آمده در واقع سنجشی از ارجحیت نسبی معیارها و زیر معیارها می‌باشند. به منظور ارزشگذاری معیارها و زیرمعیارها از نظرات ۱۰ کارشناس شهرسازی، پدافند غیرعامل، حمل و نقل و ترافیک با به‌کارگیری روش دلفی استفاده شده که نتایج آن در شکل ذیل نمایش داده شده است. لازم به ذکر است، نظرات و رتبه بندی معیارها و زیرمعیارها از طریق کارشناسان که ویژگی آن‌ها در جدول ذیل نمایش داده است، پس از ارائه و مطالعه نتایج پژوهش در خصوص بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت حوزه مورد مطالعه انجام پذیرفته است.

**جدول ۲: ویژگی‌های مصاحبه شوندگان برای رتبه بندی معیارها و زیرمعیارهای تحلیل**

| میزان سابقه کاری (سال) | میزان تحصیلات | تعداد (نفر) | رشته تحصیلی |
|---|---|---|---|
| ۲۰-۷ سال | کارشناسی ارشد و دکتری | ۵ | شهرسازی |
| ۱۴-۱۰ سال | کارشناسی ارشد | ۲ | پدافند غیرعامل |
| ۱۶-۵ سال | کارشناسی ارشد و دکتری | ۳ | برنامه‌ریزی حمل و نقل |

Source: (Research findings)

بر مبنای تحلیل‌های صورت گرفته، بیشترین تأثیرپذیری حوزه مورد مطالعه از سوانح طبیعی و انسان‌ساخت مربوط به بلایای طبیعی است که میزان اهمیت آن از نظر کارشناسان ۰,۶۴۹ در مقیاس واحد است. همچنین میزان خطرپذیری حوزه شرقی شهر تهران کارشناسی شده در برابر خطرات ناشی از جنگ و سوانح انسان‌ساخت به ترتیب برابر با ۰,۲۷۹ و ۰,۲۵۰ در مقیاس واحد است. اهمیت هریک از زیرمعیارها نسبت به یکدیگر نیز در نمودار زیر مشخص است.




**نمودار ۳: میزان اهمیت هریک از معیارها و زیرمعیارهای تحلیل خطرپذیری پهنه شرقی تهران**

Source: (Research findings)

## تولید نقشه‌های زیرمعیارهای مورد استفاده در فرایند تحلیل سلسله مراتبی در نرم‌افزار (GIS) بر مبنای طبقه‌بندی سه سطحی

به منظور تعیین میزان خطرپذیری محدوده مورد مطالعه در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت، ابتدا می‌بایست بر اساس بروندادهای مرحله شناخت ساختار فضایی وضعیت موجود، نقشه‌های تحلیلی زیرمعیارهای معرفی شده را بر مبنای یک طبقه‌بندی سه سطحی از میزان خطرپذیری تولید نمود. سطح‌بندی انجام شده و فواصل اقلیدسی در نظر گرفته شده، بر مبنای اصول و ضوابط سازمان‌ها و نهادهای مرتبط با موضوع مورد بررسی و حرایم مربوط به عوارض طبیعی و انسان‌ساخت است.

## تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس مخاطرات طبیعی

مخاطرات طبیعی، دربردارنده اطلاعات مرتبط با میزان خطرپذیری حوزه شرقی در مواجهه با بلایای طبیعی نظیر زلزله و سیل است که با توجه به میزان ارتباط اراضی موجود در حوزه شرقی با خطوط گسل و مسیل‌های موجود در حوزه، قابل بررسی می‌باشند.

## خطر وقوع زلزله

تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطوط زلزله با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی و مکان گسل‌ها، میزان شدت تخریب در اثر زمین‌لرزه احتمالی به دست آمده است. بر این اساس در حدود یک سوم از وسعت کل حوزه مورد مطالعه در حریم درجه یک گسل‌ها واقع شده‌اند که بیانگر خطرپذیری بالای حوزه شرقی در برابر بحران زلزله می‌باشد. از نظر موقعیت مکانی اراضی خطرپذیر در برابر این بحران می‌توان گفت بیشتر خطرپذیری مربوط به مناطق ۱، ٤ و ۱۵ شهرداری تهران است. سطح و سهم پهنه‌های خطرپذیر بر اساس خطوط زلزله به صورت زیر است.

**جدول شماره ٤: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطوط زلزله**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| اراضی واقع در حریم درجه یک گسل | 4723.38 | 33.44 |
| اراضی واقع در حریم درجه دو گسل | 4245.46 | 30.05 |
| کل اراضی واقع در حریم گسل | 8968.84 | 63.49 |
| کل حوزه شرقی | 14126.29 | ۱۰۰,۰۰ |

Source: (Research findings)

## خطر بروز سیل

تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطوط مسیل بر مبنای داده‌های موجود بر اساس مسیل‌های موجود در حوزه شرقی تهران، میزان شدت تخریب در اثر سیل احتمالی به دست آمده است. با توجه به مسیل‌ها و انهار موجود در حوزه مطالعه در حدود ۲۵,۸۷ درصد از وسعت کل محدوده با خطر وقوع سیل مواجه هستند که از این میزان تنها ۱۰,۵۸ درصد در حریم درجه یک مجراهای آب طبیعی واقع شده‌اند. این مجاری بر اساس چهار شاخه اصلی از بخش شمالی شهر وارد حوزه شرقی شده و پس از طی مسیر بر مبنای ساختار توپوگرافی زمین در بخش جنوبی محدوده به یکدیگر الحاق می‌یابند. سطح و سهم پهنه‌های خطرپذیر بر اساس خطوط مسیل به صورت زیر است.

**جدول ٥: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطوط مسیل**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| اراضی واقع در حریم درجه یک مسیل | ١٤٩٤,٥٦ | ۱۰,۵۸ |
| اراضی واقع در حریم درجه دو مسیل | ٢١٦٠/١٢ | ۱۵/۲۹ |
| کل اراضی واقع در حریم مسیل | ٣٦٥٤,٦٨ | ۲۵,۸۷ |
| کل حوزه شرقی | ١٤١٢٦/٢٩ | ۱۰۰,۰۰ |

Source: (Research findings)

## تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطرات ناشی از بروز جنگ

خطرپذیری مرتبط با جنگ در حوزه شرقی تهران از یک سو بر اساس فاصله با مراکز استراتژیک و از سوی دیگر بر اساس نزدیکی به تأسیسات حساس شهری سنجیده می‌شود. اهمیت بررسی این موضوع در محدوده مورد مطالعه به دلیل استقرار تعداد زیادی از پادگان‌های ارتش جمهوری اسلامی و سپاه پاسداران در این محدوده، اوضاع نابسامان منطقه و نقش پررنگ سیاسی- اقتصادی شهر تهران به عنوان پایتخت کشور است.

## خطر احتمالی حمله به مراکز استراتژیک

میزان خطرپذیری حوزه شرقی تهران به واسطه حضور وسعت قابل توجهی از مراکز استراتژیک و تأسیسات وابسته به آن‌ها، بر مبنای میزان فاصله با این مراکز قابل بررسی و تحلیل است. در مجموع ۳۲,۵۹ درصد از کل وسعت حوزه مورد مطالعه با خطر حملات نظامی و تاثیرپذیری مستقیم دارند که بیشتر در بخش شمالی منطقه ٤ و نواحی مرکزی منطقه ۱۳ شهرداری تهران مستقر هستند. سطح و سهم پهنه‌های خطرپذیر بر اساس خطر احتمالی حمله نظامی به این مراکز به صورت زیر است.

**جدول ٦: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطر احتمالی حمله به مراکز استراتژیک**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| اراضی واقع در حریم درجه یک مراکز استراتژیک | ١٧٠٢,٢٢ | ۱۲,۰۵ |
| اراضی واقع در حریم درجه دو مراکز استراتژیک | 2902.11 | 20.54 |
| کل اراضی واقع در حریم | ٤٦,٠٤,٣٣ | ۳۲,۵۹ |
| کل حوزه شرقی | 14126.29 | ۱۰۰,۰۰ |

Source: (Research findings)

**خطر انهدام خطوط اصلی تأسیسات زیربنایی در زمان بروز بحران جنگ**

خطوط اصلی تأسیسات زیربنایی موجود در حوزه شرقی تهران نیز به عنوان یکی از مواردی که در صورت بروز بلایای طبیعی و یا حوادث نظامی بر شدت خطرپذیری این پهنه می‌افزاید مورد بررسی قرار می‌گیرند و میزان خطرپذیری حوزه شرقی بر مبنای فاصله با این تأسیسات قابل تحلیل است. تأسیسات حیاتی تأسیساتی که یا در زمان وقوع بحران مسئول ارائه خدمات در جهت مهار بحران می‌باشند و یا آسیب‌پذیری آن‌ها موجب گسترش ابعاد بحران می‌گردد، شناسایی و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. باتوجه به یافته‌های تحقیق، در حدود نیمی از محدوده حوزه شرقی به عبور خطوط اصلی تغذیه و پخش تأسیسات زیربنایی حیاتی شهر تهران در پهنه‌های خطرپذیری واقع‌شده‌اند. سطح و سهم پهنه‌های خطرپذیر بر اساس خطوط اصلی تأسیسات زیربنایی به صورت زیر است.

**جدول ۷: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطوط اصلی تأسیسات زیربنایی**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| اراضی واقع در حریم درجه یک تأسیسات اصلی | ٤٧٠٨,٢٩ | ٣٣,٣٣ |
| اراضی واقع در حریم درجه دو تأسیسات اصلی | 2347.18 | 16.62 |
| کل اراضی واقع در حریم | ٧٠٥٥,٤٧ | ٤٩,٩٥ |
| کل حوزه شرقی | 14126.29 | ١٠٠,٠٠ |

Source: (Research findings)

**تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطرات اتفاقی و انسان‌ساخت**

تحلیل خطرات اتفاقی، دربردارنده اطلاعات مرتبط با میزان خطرپذیری حوزه شرقی در مواجهه با آتش‌سوزی و نیز وجود بافت‌های فرسوده و آسیب‌پذیر در برابر انواع تهدیدها است.

**- تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران در برابر خطر آتش‌سوزی**

خطرپذیری حوزه شرقی شهر تهران در برابر خطر آتش‌سوزی بر اساس همجواری با پهنه‌ها و نواحی گسترده کارگاهی- صنعتی به عنوان کاربری‌های خطرپذیر در برابر این پدیده مورد تحلیل قرار گرفته است.

وضعیت خطرپذیری نواحی مختلف حوزه شرقی تهران از نظر نزدیکی به مراکز بزرگ مقیاسی که در معرض خطر آتش‌سوزی قرار دارند و نیز نواحی نزدیک به مراکز کوچک‌مقیاس در معرض آتش‌سوزی احتمالی به شرح جدول زیر است.

**جدول ۸: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس خطر آتش‌سوزی**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| همجواری با مراکز بزرگ‌مقیاس در معرض آتش‌سوزی | ١٦٣٠,١٧ | ١١,٥٤ |
| همجواری با مراکز کوچک‌مقیاس در معرض آتش‌سوزی | 1887.42 | 13.36 |
| کل اراضی واقع در حریم | .59٣٥١٧ | ٢٤,٩٠ |
| کل حوزه شرقی | 14126.29 | ١٠٠,٠٠ |

Source: (Research findings)

**تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اثر فرسودگی ابنیه**

از نظر خطرات ناشی از فرسودگی، نواحی فرسوده و سکونتگاه‌های غیر رسمی در پهنه میزان خطرپذیری بالا قرار داده شده‌اند، زیرا نه تنها اغلب بناهای واقع در این محدوده‌ها دارای کیفیت کالبدی نامطلوب هستند، بلکه در ارتباط با یکدیگر نیز فضایی را به وجود می‌آورند که سبب تشدید آسیب‌پذیری و دشواری امدادرسانی در مواقع بروز بحران می‌گردد. به منظور تحلیل معیار فرسودگی از نتایج تحلیل‌های نواحی دچار افت شهری استفاده شده است که

بیانگر در حدود ۳۰ درصد خطرپذیری در برابر سوانح طبیعی و انسان‌ساخت به دلیل کیفیت پایین ابنیه و فرسودگی کالبدی است.

**جدول ۹: تحلیل خطرپذیری حوزه شرقی تهران بر اساس معیارهای فرسودگی ابنیه**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم از کل (درصد) |
|---|---|---|
| نواحی با فرسودگی کامل | ۳۰۰/۵۹ | ۲۱/۲۸ |
| نواحی دچار ریزدانگی و فشردگی | ۱۳۱۰/۷۲ | ۹/۲۸ |
| نواحی فاقد فرسودگی | ۹۸۰۹/۹۸ | ٦۹/٤٤ |
| کل حوزه شرقی | ١٤١٢٦/٢٩ | ١٠٠/٠٠ |

Source: (Research findings)

**پهنه‌بندی ترکیبی خطرپذیری در برابر انواع تهدیدهای طبیعی و انسان‌ساخت**

تلفیق لایه‌های خطرپذیری مربوط به هر زیرمعیار و سپس تلفیق لایه‌های خطرپذیری در برابر معیارهای کلان، بر اساس وزن‌هایی که از روش دلفی استخراج شده‌اند در محیط نرم‌افزار Arc GIS انجام گردیده است. نتیجه حاصل نقشه‌ای است که میزان خطرپذیری نواحی مختلف حوزه شرقی شهر تهران را در برابر تهدیدهای طبیعی و انسان‌ساخت نشان می‌دهد.

بر مبنای نتایج پژوهش می‌توان گفت ۲۸,٦۷ درصد از نواحی مختلف حوزه مورد مطالعه میزان خطرپذیری بالایی در برابر بروز بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت دارند و همچنین ١٦,٣٩ درصد از وسعت محدوده نیز با خطرپذیری نسبتاً بالا مواجه هستند. در مجموع در حدود ٤٥ درصد از وسعت حوزه شرقی شهر تهران، با وسعتی نزدیک به ٦٣٦٥,٥ هکتار، در زمان وقوع با خطرپذیری نسبتاً زیاد و زیاد روبرو خواهند بود که از نظر پخشایش فضایی بیشتر در بخش شمالی و شرقی حوزه تمرکز یافته‌اند.

**جدول ۱۰: طبقه‌بندی میزان خطرپذیری نواحی مختلف حوزه شرقی شهر تهران در برابر بلایای طبیعی و انسان‌ساخت**

| محدوده | مساحت (هکتار) | سهم (درصد) |
|---|---|---|
| میزان خطرپذیری کم | ٥٨٢٩١٥ | ٢٠/٦٤ درصد |
| میزان خطرپذیری نسبتاً کم | ٢٨٠٥/٦٢ | ١٩/٨٦ |
| میزان خطرپذیری متوسط | ٢٠٣٩/٥٢ | ١٤/٤٤ |
| میزان خطرپذیری نسبتاً زیاد | ٢٣١٥/١ | ١٦/٣٩ |
| میزان خطرپذیری زیاد | ٤٠٥٠/٤٧ | ٢٨/٦٧ |
| مجموع | ١٤١٢٦/٢٩ | ١٠٠/٠٠ |

Source: (Research findings)

**ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در زمان بروز بلایای طبیعی و انسان‌ساخت**

تاب‌آوری نشان‌دهنده توانایی سیستم برای حفظ تمرکز و تأمین اهداف کلیدی در هنگام مواجهه با چالش در محیط پیرامونی است. یک شبکه ارتباطی تاب آور دارای توانایی در جذب پیامدهای شکست‌های شدید توسط سیستم در راستای به حداقل رساندن اثرات آن‌ها و حفظ کارکرد و کارایی آن است (Leu, 2010:1). هدف از ارزیابی میزان تاب‌آوری سیستم مورد برنامه‌ریزی، شناسایی توانایی ساختار شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران به جذب پیامدهای ناشی از بروز بحران‌ها و بلایای طبیعی بر مبنای معیارهای مؤثر در تاب‌آوری است. این مرحله به‌عنوان یکی از مراحل کلان مدل مفهومی خطی- زمانی دیویس محسوب می‌شود که هدف آن، استفاده از معیارهای معطوف به ظرفیت‌های پیش و حین وقوع بحران در سیستم مورد برنامه‌ریزی به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری و

تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران است (Rafiiyan, 2010: 23). در راستای انجام ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه از ویژگی‌های مدل شاخص خط مبنا به دلیل استفاده از معیارهای قابل‌اندازه‌گیری در قالب مراحل کلان مدل مفهومی خطی- زمانی دیویس استفاده شده است. این مدل مجموعه‌ای از معیارها را برای اندازه‌گیری شرایط موجود مؤثر بر تاب‌آوری سوانح در جوامع ارائه می‌کند (Ibid: 2017). روش آن استفاده از شاخص ترکیبی برای تعیین و دستیابی به متغیرهای خاص جهت ایجاد یک مقیاس حجمی از تاب‌آوری است. این مدل با تصویرسازی نتایج نهایی یک بررسی کلی تطبیقی سریع را از اینکه کدام‌یک از ابعاد در شاخص‌های خط مبنای تاب‌آوری بیش از سایر ابعاد مهم‌تر هستند ارائه می‌دهد. در این مرحله میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در زمان بروز بلایای طبیعی و انسان‌ساخت بر اساس مدل شاخص خط مبنا در یک فرایند ۵ مرحله‌ای ارزیابی می‌گردد به شرح ذیل است:

**مدل‌سازی و معرفی معیارهای ارزیابی**

با بهره‌گیری از برونداد چارچوب نظری و تجربی پژوهش، معیارهای منتخب به منظور ارزیابی میزان تاب‌آوری و آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در زمان وقوع بحران در یک طبقه‌بندی دو سطحی شامل خصوصیات شبکه و ایمنی شبکه ارائه شده است.

**جدول ۱۱: معیارهای منتخب برای ارزیابی تاب‌آوری ساختار شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت**

| طبقه‌بندی کلان | معیارهای ارزیابی تاب‌آوری |
|---|---|
| خصوصیات شبکه | • تراکم جمعیتی نواحی پیرامونی محورهای ارتباطی،<br>• ظرفیت معابر و سلسله‌مراتب دسترسی،<br>• الگوی سفر ساکنین بر اساس تفاوت‌های اجتماعی و اقتصادی. |
| ایمنی شبکه | • درجه محصوریت (عرض به نصف ارتفاع جدارهای معبر)،<br>• ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین جهت مشارکت در فرایند تخلیه اضطراری،<br>• کیفیت ابنیه و فرسودگی کالبدی نواحی پیرامونی محورهای ارتباطی،<br>• تراکم ساختمانی نواحی ساخته شده و بلافصل محورهای ارتباطی. |

Source: (Research findings)

**بررسی تأثیرپذیری معیارهای تحلیل از عوامل زمینه‌ای و سایر معیارها**

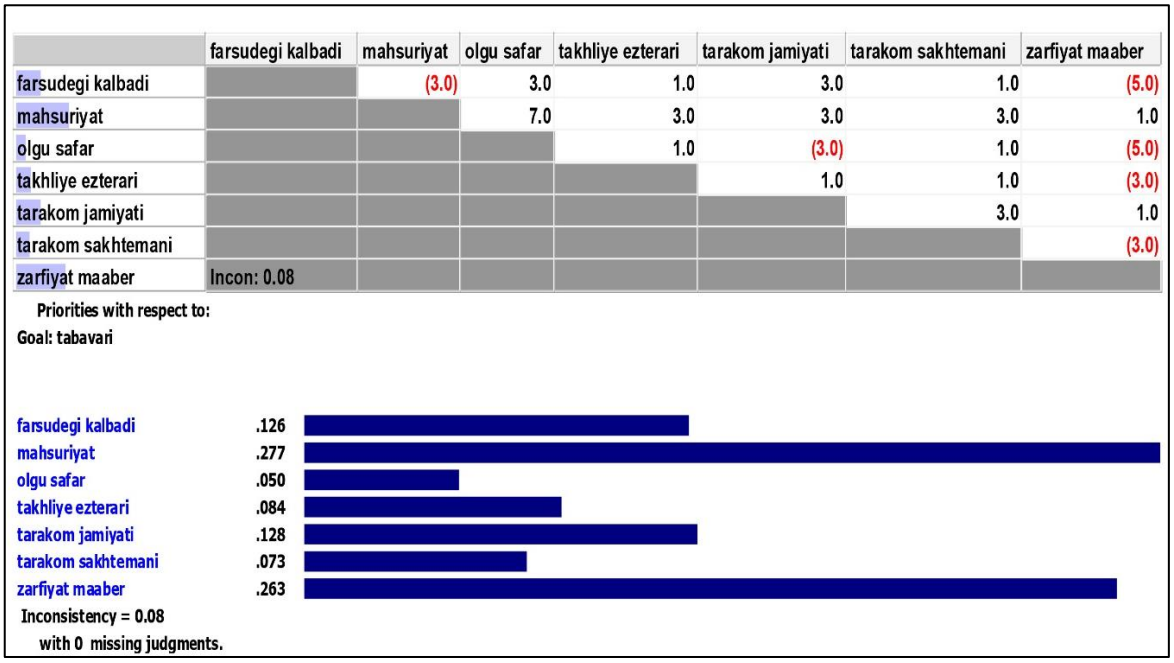
بررسی منفرد معیارهای تحلیل آسیب‌پذیری و تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه بدون در نظر گرفتن عوامل زمینه‌ای، موقعیت شبکه و ارتباط متقابل میان معیارها، نتایج را با انحراف مواجه خواهد کرد. به‌عنوان مثال، در بررسی معیار ظرفیت معابر می‌توان گفت، در صورت عدم دخالت عوامل مرتبط با این معیار در فرایند تحلیل، معابر شریانی درجه یک فاقد ظرفیت مناسب در محدوده‌هایی با خطرپذیری بالا با محورهای محله‌ای فاقد ظرفیت مناسب در محدوده‌هایی با خطرپذیری پایین دارای ارزش یکسانی در تحلیل در نظر گرفته شوند که بیانگر انحراف نتایج خواهد بود.

به منظور جلوگیری از انحراف در نتایج تحلیل، ابعادی که در تحلیل هر یک از معیارها دخالت داده شده‌اند، از طریق مصاحبه با کارشناسان شهرسازی، پدافند غیرعامل و برنامه‌ریزی حمل و نقل شناسایی شده اند که ویژگی‌های مصاحبه شوندگان پیشتر معرفی شده است. تأثیرپذیری معیارهای تحلیل از عوامل زمینه‌ای و سایر معیارها بر اساس برونداد مصاحبه با کارشناسان در جدول ذیل استنتاج شده است. در هنگام تحلیل هر معیار، ماتریس نرمال شده هر

یک ابعاد تأثیرگذار از طریق روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار Arc GIS در وزن معیار مورد بررسی اعمال و نقشه‌های نهایی معیار استنتاج گردیده است.

**ارزش‌گذاری و مقایسه دو به دویی معیارهای تحلیل تاب‌آوری**

در این مرحله از فرایند تحلیل، مقایسه دو به دویی معیارهای تحلیل در قالب ماتریس و بر مبنای یک مقیاس نسبی وزنی و به صورت کمی انجام می‌گیرد که در شکل ذیل ارائه شده است. وزن‌های نهایی به دست آمده در واقع سنجشی از ارزشگذاری معیارها توسط ۱۰ کارشناس شهرسازی، پدافند غیرعامل، حمل و نقل و ترافیک است. بر مبنای تحلیل‌های صورت گرفته، مهم‌ترین معیارهای تاثیرگذار بر روی ساختار شبکه ارتباطی حوزه مورد مطالعه، محصوریت و ظرفیت معابر هستند که به ترتیبی ارزشی برابر با ۰,۲۷۷ و ۰,۲۶۳ در تاثیرپذیری حوزه مورد مطالعه از سوانح طبیعی و انسان‌ساخت مربوط به بلایای طبیعی است که میزان اهمیت آن از نظر کارشناسان ۰,۶۴۹ در مقیاس واحد است. همچنین میزان خطرپذیری حوزه شرقی شهر تهران کارشناسی شده در مقیاس واحد دارند.




نمودار ٤: ارزش‌گذاری و مقایسه دو به دویی معیارهای تحلیل تاب‌آوری

Source: (Research findings)

**تولید نقشه‌های معیارهای تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی بر مبنای طبقه‌بندی پنج سطحی**

در این مرحله با توجه به برونداد شناخت ساختار فضایی وضعیت موجود و اعمال وزن نرمال شده عوامل زمینه‌ای و ابعاد تأثیرگذار بر فرایند تحلیل، محورهای ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در نرم‌افزار Arc GIS مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد و خروجی‌های فرایند در قالب نقشه‌های ۵ سطحی تاب‌آوری شبکه ارتباطی ارائه می‌گردد.

**تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی تهران بر اساس خصوصیات شبکه**

به منظور بررسی خصوصیات شبکه و تعیین میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه از نظر ویژگی‌های شبکه، معیار تراکم جمعیتی، ظرفیت معابر و الگوی سفر ساکنین استفاده شده است که در ادامه هر یک به ترتیب تشریح خواهند شد:

**تراکم جمعیتی**

این معیار بر اساس نقشه وضعیت موجود نواحی مختلف مناطق ۵ گانه حوزه شرقی شهر تهران و از روی هم‌گذاری لایه‌های تحلیلی خطرپذیری، سلسله‌مراتب و ظرفیت معابر استنتاج شده است. همان‌طور که در نقشه تحلیلی تاب‌آوری شبکه معابر از نظر معیار تراکم جمعیتی مشخص است، نواحی مرکزی حوزه مورد مطالعه (اراضی پادگان دوشان تپه)، در صورت بروز بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت، آسیب‌پذیری بالایی داشته و بسیاری از معابر این محدوده و به ویژه منطقه ۱۳ شهرداری تهران انسداد خواهند یافت.

**ظرفیت معابر**

معیار ظرفیت معابر بر مبنای نقشه وضعیت ترافیک و سطح سرویس شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در مواقع اوج سفر و از روی هم‌گذاری لایه‌های تحلیلی خطرپذیری، ظرفیت معابر، تراکم جمعیتی، فرسودگی کالبدی و محصوریت استنتاج شده است. بر مبنای نتایج تحلیل می‌توان گفت، بزرگراه امام علی و بسیج و محورهای منتهی به آن‌ها، با بیشترین آسیب‌پذیری در زمان بروز بحران مواجه خواهند بود. بیشترین انبوهش محورهای فاقد تاب‌آوری لازم در ساختار شبکه ارتباطی حوزه شرقی تهران مربوط به نواحی ریزدانه و نفوذناپذیر است.

**الگوی سفر ساکنین**

به منظور بررسی الگوی سفر ساکنین از داده‌های طرح جامع حمل و نقل و نرخ سفر ساکنین با وسیله شخصی استفاده شده است. معیار مذکور به عنوان یک مؤلفه اجتماعی- اقتصادی نشان‌دهنده تفاوت در رفتار حرکتی ساکنین در زمان وقوع بحران برای خروج اضطراری از شهر است. بر اساس نتایج تحلیل، شبکه ارتباطی بخش شمالی حوزه مورد مطالعه (مناطق ٤ و ٨ شهرداری تهران) با تأکید بر بزرگراه همت و امام علی بیشترین انسداد را در زمان بروز بحران خواهند داشت؛ به عبارت دیگر، میزان تقاضای استفاده ساکنین شهر تهران از محورهای ارتباطی این مناطق برای خروج از شهر بیشینه است و تأخیر زمانی بالایی را در فرایند تخلیه اضطراری شهر و امدادرسانی به مصدومان و آسیب دیدگان را ایجاد می‌کند.

**تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی تهران بر اساس ایمنی شبکه**

در راستای تحلیل ایمنی شبکه در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت و تعیین میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه، معیارهای درجه محصوریت، ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین، فرسودگی کالبدی و تراکم ساختمانی استفاده شده است که در ادامه هر یک به ترتیب تشریح خواهند شد:

**درجه محصوریت**

تحلیل درجه محصوریت با هدف شناسایی معابری است که در صورت ریزش آوار در مواقع بروز بحران مسدود می‌شوند. استنتاج این معیار بر اساس ارتفاع ساختمان و عرض معبر و از روی‌هم گذاری لایه‌های تحلیلی خطرپذیری محدوده، سلسله‌مراتب و ظرفیت معابر، فرسودگی کالبدی و تراکم ساختمانی استفاده شده است. بیشترین آسیب‌پذیری و انسداد معابر در مناطق ۵ گانه حوزه شرقی شهر تهران مرتبط به مناطق ١٤،١٣ و ١٥ شهرداری تهران است، به طوری که در صورت بروز بحران و بلایای طبیعی، بخش اعظم شبکه معابر به دلیل

ریزدانگی، عرض کم معابر، بیشینه بودن نسبت ارتفاع ساختمان به عرض معابر مسدود خواهند شد و امکان امدادرسانی و جابجایی مصدومان کاهش خواهد یافت.

**ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین**

در مواقع بروز بحران، یکی از عوامل مسدود شدن مجراهای حیاتی شهر برای امدادرسانی، آگاهی و ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین برای مشارکت در فرایند خروج اضطراری شهر و کمک به عملیات امداد و نجات است. در راستای تحلیل این معیار، از داده‌ها و اطلاعات سطح سواد و میزان باسوادی استفاده‌شده است. همچنین عوامل خطرپذیری محدوده و سلسله مراتب معابر نیز در فرایند تحلیل معیار مذکور دخالت داده شده است.

**فرسودگی کالبدی**

یکی از معیارهای تأثیرگذار بر مسدود شدن و کاهش میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مورد مطالعه، کیفیت ابنیه و فرسودگی کالبدی قطعات ساخته پیرامون محورها است. وزن این عامل با در نظر گرفتن معیارهای خطرپذیری، سلسله‌مراتب و درجه محصوریت و همچنین تراکم ساختمانی تشدید و یا کاهش خواهد یافت. بر اساس نتایج تحلیل، همانطور که در نقشه تحلیلی این معیار مشخص است، محورهای بخش غربی حوزه مورد مطالعه با تأکید بر محور امام علی و منشعب از آن در مناطق ۱۴،۱۳ و ۱۵ شهرداری تهران با انسداد و کاهش سطح عملکردی مواجه خواهند شد. همچنین در بخش شرقی منطقه ٤ شهرداری نیز برخی معابر با مشکل انسداد و عدم امکان امدادرسانی مناسب روبرو می‌شوند.

**تراکم ساختمانی**

معیار تراکم ساختمانی شاخص مهمی که با افزایش آن احتمال تخریب و آسیب‌پذیری نیز افزایش می‌یابد. این معیار با عوامل خطرپذیری محدوده، سلسله‌مراتب و درجه محصوریت معابر و فرسودگی کالبدی ترکیب شده است. همانطور که در نقشه تحلیلی تراکم ساختمانی مشخص است، بیشترین آسیب‌پذیری معابر در حوزه شرقی شهر تهران مربوط به نواحی مرکزی حوزه و پیرامون اراضی پادگان دوشان تپه است. بیشترین تأثیر این معیار بر کاهش میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی مناطق ۵ گانه مرتبط با بخش غربی مناطق ۸ و ۱۳ شهرداری تهران است.

**استنتاج نقشه نهایی تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران**

در این مرحله با اعمال ضریب اهمیت هریک از معیارها و روی‌هم گذاری لایه‌های تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه مورد مطالعه، میزان تاب‌آوری معابر موجود در مناطق ۵ گانه مشخص می‌گردد. همانطور که در جدول ذیل مشخص است، در مجموع طول شبکه معابر فاقد تاب‌آوری لازم در حدود ۲۷۳,۵ کیلومتر است که نزدیک به ۲۸ درصد از کل اندازه شبکه معابر حوزه را شامل می‌شود. از مجموع مسافت ذکر شده، ۱۵۱ کیلومتر مربوط به تاب‌آوری کم و ۱۲۳ کیلومتر به معابر با تاب‌آوری نسبتاً کم نسبت به بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت است که از میزان سهم مناطق ١٤ و ۱۳ شهرداری تهران نسبت به سایر مناطق بیشینه است.

**جدول ۱۲: میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران به تفکیک مناطق (کیلومتر)**

| منطقه تاب‌آوری | منطقه ٤ | منطقه ٨ | منطقه ١٣ | منطقه ١٤ | منطقه ١٥ | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تاب‌آوری بالا | ١٢٤/١٤ | ١٣/٨٩ | ٣٠/٨٢ | ١٢/٨٦ | ١٩,٥٧ | ٢٠١,٢٧ |
| تاب‌آوری نسبتاً بالا | ١١٢/٤٠ | ٢٠,٧٠ | ٢٣,٧٦ | ٢١,١١ | ٥٤,٠٩ | ٢٣٢,٠٦ |
| تاب‌آوری متوسط | ٦٨,٩٢ | ٦٨,٩٧ | ٢٧,٨٦ | ٣٦,٧٨ | ٧٢,٨١ | ٢٧٥,٣٥ |
| تاب‌آوری نسبتاً کم | ٢٥,٠٧ | ١٨,٦١ | ٢٢,٠٤ | ٣٥,٨٤ | ٢١,١٧ | ١٢٢,٧٤ |
| تاب‌آوری کم | ١٣,٣٧ | ٢٥,٩٠ | ٤١,٩٣ | ٤٤,٥٨ | ٢٥,٠٤ | ١٥٠,٨٢ |
| مجموع | ٣٤٣,٩٠ | ١٤٨,٠٨ | ١٤٦,٤١ | ١٥١,١٨ | ١٩٢,٦٧ | ٩٨٢,٢٣ |

Source: (Research findings)

## نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

تاب‌آوری به معنای توانایی جوامع، سیستم‌های فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، ابنیه و سکونتگاه‌های آن‌ها و تحمل ایستادگی در برابر خطرها و آسیب‌های رخ داده از فشارها و ضربه‌ها که بتواند به‌سرعت به وضعیت قبلی برگردد، تهدیدهای وضعیت آتی را شناسایی کند و با آن‌ها روبرو شود، تعریف می‌گردد. در تعاریف ارائه شده از مفهوم تاب‌آوری، می‌توان تعدادی کلمات کلیدی مرتبط با تاب‌آوری نظیر بهبودی، جهش، ایستادگی، انطباق، انعطاف، رویارویی و تحمل را استخراج نمود. اگرچه این رهیافت، ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، نهادی، کالبدی و محیطی را در برمی‌گیرد، با این حال ازآنجاکه از دلایل اصلی گسترده شده ابعاد بحران، آسیب‌دیدگی کالبدی شبکه ارتباطی و انسداد معابر در زمان بروز سانحه است. معابر به‌عنوان یکی از عناصر بسیار مهم شهری، بلافاصله پس از وقوع بحران اهمیت ویژه‌ای می‌یابند، چراکه نیاز به تخلیه مجروحین و امدادرسانی در کوتاه‌ترین زمان ممکن مطرح می‌شود. این تخلیه و جابجایی به‌وسیله راه‌های هوایی و زمینی امکان‌پذیر است، اما با توجه به محدود بودن ظرفیت امدادرسانی هوایی، این امر بیشتر از طریق معابر درون‌شهری انجام می‌شود که در صورت بسته شدن یکی از محورهای اصلی و یا حتی فرعی، صدمات و خسارات ناشی از وقوع بحران را چندین برابر می‌شود و زمان بازگشت به وضعیت عادی را گاهی تا ماه‌ها به تأخیر می‌اندازد. به‌طورکلی، هدف از ایجاد یک سیستم حمل‌ونقل شهری تاب آور، توانایی در جذب پیامدهای شکست‌های شدید توسط سیستم در راستای به حداقل رساندن اثرات آن‌ها و حفظ کارکرد و کارایی آن است. ساختار ارتباطی تاب آور به معنی توانایی سیستم در حفظ سطح سرویس مورد انتظار یا توانایی بازگشت به آن سطح سرویس در یک چارچوب زمانی معین است. دستیابی به شهری با یک سیستم حمل‌ونقل طراحی شده و مناسب، به‌گونه‌ای که شکست در هر جزء آن باعث اتفاق منفی بزرگی در کل سیستم نشود، اصلی‌ترین هدف هر فعالیت برنامه‌ریزی است. به این سبب پژوهش‌هایی برای درک و تعامل بین این قیود با تاب‌آوری شهری مورد نیاز است. این نوع ادراک برای کسانی که یک شهر جدید را برنامه‌ریزی می‌کنند و همچنین برای کسانی که در پی بهبود تاب‌آوری نواحی شهری موجود هستند ضروری است. تفاوت رویکرد تاب‌آوری با رویکردهای نظری سنتی خطر در زمینه حمل‌ونقل شهری، در درک مدیریت خطر نهفته است که بر پایه توسعه توانایی سیستم برای تعریف کارکردهای کلیدی و ایجاد فرایندهای منعطف و با ثبات و ایجاد سیستم تاب‌آور قرار دارد. تاب‌آوری شبکه ارتباطی در سال‌های اخیر در زمینه‌های موضوعی و سطوح مختلف برنامه‌ریزی مطالعه شده است. به‌طورکلی می‌توان گفت، با توجه به شرایط خاص و ویژه نواحی شهری و بر اساس خطرات و ضعف‌های موجود در ساختار شبکه ارتباطی محدوده موردمطالعه، موضوع و سطح تحلیل تاب‌آوری سیستم حمل‌ونقل شهری

مختلف و متعدد است. برخی از این مطالعات بر پایه در نظر گرفتن بحران‌های بزرگ‌مقیاس که سبب آسیب‌های وسیع در سطح سیستم می‌شوند، انجام گرفته است. بر مبنای این رویکرد، تاب‌آوری شبکه‌های حمل‌ونقل برحسب ثبات سیستم در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت و آسیب‌های ناشی از بروز آن‌ها بررسی می‌شود. در پژوهش حاضر نیز با توجه به گستردگی و تنوع زمینه‌های موضوعی قابل بررسی در زمینه تاب‌آوری سیستم‌های حمل‌ونقل شهری، بر روی بررسی و ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه معابر درون‌شهری تمرکز یافته شده است. هدف اصلی رویکرد تاب‌آوری، مطالعه و کاربرد پارامترهای تضمین‌کننده توان سیستم برای حفظ سطحی خاص از عملکرد در شرایط عادی و بحرانی است. در زمان وقوع حوادث غیرمنتظره، تاب‌آوری سیستم آن را برای دستیابی به تعادل و بازگشت به عملکرد عادی توانا می‌سازد. در دو دهه اخیر پژوهش‌های زیادی در زمینه آسیب‌پذیری نواحی شهری در برابر حوادث طبیعی و انسان‌ساخت و تدوین راهکارهایی به‌منظور ایجاد تاب‌آوری در شبکه ارتباطی شهری صورت گرفته است. به‌طورکلی یکی از فعالیت‌های ضروری برای بهینه‌سازی شبکه ارتباطی شهر، تحلیل وضعیت موجود و شناسایی آسیب‌پذیری شبکه است. با توجه به هدف پژوهش رساله مبنی بر تبیین نقش ساختار ارتباطی بر میزان تاب‌آوری شهری در هنگام بروز بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت و بررسی ادبیات نظری پژوهش و تجارب بکارگرفته شده در کشورهای بیشتر و کمتر توسعه‌یافته، عوامل تأثیرگذار بر ارتقای تاب‌آوری شبکه معابر از طریق روش گراندد تئوری شناسایی گردید. بر مبنای یافته‌ها و تبادل نظرات میان کارشناسان، در راستای دستیابی به تاب‌آوری شبکه ارتباطی در نواحی شهری، فاصله مناسب از کاربری‌های خطرزا و موقعیت خطوط گسل و سیل‌خیز، همچنین رعایت محصوریت فضایی، کاربری‌های همجوار و سطح سرویس معابر از اهمیت بالایی در ارتقای تاب‌آوری شبکه معابر دارند. مطابق جدول ذیل فهرست معیارهای تأثیرگذار بر روی تاب‌آوری شبکه ارتباطی در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت در یک طبقه‌بندی چهار سطحی شامل موقعیت و خصوصیات شبکه، دسترسی و ایمنی شبکه تدوین گردیده است.

**جدول ۱۳: عوامل تأثیرگذار بر میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت**

| طبقه‌بندی کلان | ویژگی‌های شبکه ارتباطی شهری تاب آور |
|---|---|
| موقعیت شبکه | • عدم انطباق شبکه ارتباطی بر گسل‌های فعال شهر،<br>• عدم قرارگیری شبکه ارتباطی در معرض روانگرایی، سیل و جز آن،<br>• فاصله شبکه معابر از زیرساخت‌ها و کاربری‌های خطرزا. |
| خصوصیات شبکه | • وجود سلسله‌مراتب عملکردی در شبکه،<br>• کاهش گره‌های ترافیکی در شبکه،<br>• کاهش شدت ترافیک استفاده‌کنندگان (نسبت تقاضای سفر به ظرفیت معابر)،<br>• کمتر بودن تعداد بن‌بست‌ها در شبکه،<br>• کاهش تعداد تقاطع‌های شبکه. |
| دسترسی | • نزدیکی کاربری‌های با اهمیت در زمان بحران به یکدیگر،<br>• بیشتر بودن نسبت شبکه (فضای باز) به فضای ساخته‌شده،<br>• امکان دسترسی دوباره به شبکه،<br>• ارتباط بین کاربری‌های عمومی از طریق شبکه متناسب و نوع کاربری،<br>• دسترسی سریع کاربری‌های مهم به یکدیگر. |
| ایمنی شبکه | • کمتر بودن نسبت طول به عرض معبر،<br>• بیشتر بودن نسبت عرض به نصف ارتفاع جدارهای معبر،<br>• افزایش قابلیت کنترل شبکه،<br>• امکان گریز و تخلیه اضطراری سریع در شبکه در زمان بحران،<br>• وجود سرعت کافی، طول کمتر و ایمنی بیشتر در شبکه ارتباطی. |

Source: (Research findings)

در راستای انجام ارزیابی میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده موردمطالعه از ویژگی‌های مدل شاخص خط مبنا به دلیل استفاده از معیارهای قابل‌اندازه‌گیری در قالب مراحل کلان مدل مفهومی خطی- زمانی دیویس استفاده شده است. این مدل مجموعه‌ای از معیارها را برای اندازه‌گیری شرایط موجود مؤثر بر تاب‌آوری سوانح در جوامع ارائه می‌کند. مبنای این روش استفاده از شاخص ترکیبی برای تعیین و دستیابی به متغیرهای خاص جهت ایجاد یک مقیاس حجمی از تاب‌آوری است. در این مرحله میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران در زمان بروز بلایای طبیعی و انسان‌ساخت بر اساس مدل شاخص خط مبنا در یک فرایند ۵ مرحله‌ای ارزیابی گردید. با بهره‌گیری از برونداد چارچوب نظری پژوهش و مطالعه متون مختلف و تجارب بکارگرفته شده در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه، معیارهای منتخب به‌منظور ارزیابی میزان تاب‌آوری و آسیب‌پذیری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران عبارت است از:

- تراکم جمعیتی نواحی پیرامونی محورهای ارتباطی
- ظرفیت معابر و سلسله‌مراتب دسترسی
- الگوی سفر ساکنین بر اساس تفاوت‌های اجتماعی و اقتصادی
- درجه محصوریت (عرض به نصف ارتفاع جدارهای معبر)
- ظرفیت‌های اجتماعی ساکنین جهت مشارکت در فرایند تخلیه اضطراری
- کیفیت ابنیه و فرسودگی کالبدی نواحی پیرامونی محورهای ارتباطی
- تراکم ساختمانی نواحی ساخته شده و بلافصل محورهای ارتباطی.

با اعمال ضریب اهمیت هریک از معیارها و روی‌هم گذاری لایه‌های تحلیل تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه موردمطالعه، میزان تاب‌آوری معابر موجود در مناطق ۵ گانه مشخص گردید. در مجموع طول شبکه معابر فاقد تاب‌آوری لازم در حدود ۲۷۳,۵ کیلومتر است که نزدیک به ۲۸ درصد از کل اندازه شبکه معابر حوزه را شامل می‌شود. از مجموع مسافت ذکر شده، ۱۵۱ کیلومتر مربوط به تاب‌آوری کم و ۱۲۳ کیلومتر به معابر با تاب‌آوری نسبتاً کم نسبت به بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت است که از میزان سهم مناطق ١٤ و ۱۳ شهرداری تهران نسبت به سایر مناطق بیشینه است.

**جدول ١٤: میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی حوزه شرقی شهر تهران به تفکیک مناطق (کیلومتر)**

| منطقه تاب‌آوری | منطقه ٤ | منطقه ٨ | منطقه ١٣ | منطقه ١٤ | منطقه ١٥ | مجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تاب‌آوری بالا | ١٢٤/١٤ | ١٣/٨٩ | ٣٠/٨٢ | ١٢/٨٦ | ١٩/٥٧ | ٢٠١/٢٧ |
| تاب‌آوری نسبتاً بالا | ١١٢/٤٠ | ٢٠/٧٠ | ٢٣/٧٦ | ٢١/١١ | ٥٤/٠٩ | ٢٣٢/٠٦ |
| تاب‌آوری متوسط | ٦٨/٩٢ | ٦٨/٩٧ | ٢٧/٨٦ | ٣٦/٧٨ | ٧٢/٨١ | ٢٧٥/٣٥ |
| تاب‌آوری نسبتاً کم | ٢٥/٠٧ | ١٨/٦١ | ٢٢/٠٤ | ٣٥/٨٤ | ٢١/١٧ | ١٢٢/٧٤ |
| تاب‌آوری کم | ١٣/٣٧ | ٢٥/٩٠ | ٤١/٩٣ | ٤٤/٥٨ | ٢٥/٠٤ | ١٥٠/٨٢ |
| مجموع | ٣٤٣/٩٠ | ١٤٨/٠٨ | ١٤٦/٤١ | ١٥١/١٨ | ١٩٢/٦٧ | ٩٨٢/٢٣ |

Source: (Research findings)

**تحلیل میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی به‌منظور امدادرسانی مصدومان**

حوزه شرقی شهر تهران، تحت پوشش ۳۳ مرکز آتش‌نشانی است که در وضعیت موجود، بر اساس نتایج روش

تحلیل شبکه با شعاع خدماتی ۱۵۰۰ متر، وسعتی در حدود ۹۳۵۵ هکتار از کل وسعت محدوده مورد مطالعه (۶۶,۲۲ درصد از کل وسعت حوزه) را پوشش بهینه می‌دهند. بااین‌حال با بروز بحران و انسداد معابر تحلیل شده، وسعت پوشش خدماتی ایستگاه‌های آتش‌نشانی به ۵۱۶۱ هکتار (۳۶,۵۳) کاهش می‌یابد. در وضعیت موجود، بخش شرقی منطقه ٤ شهرداری تهران، بیشترین مشکل در امدادرسانی را دارد. در وضعیت پس از وقوع بحران نیز، بخش وسیعی از مناطق ١٤ و ١٣ شهرداری نیز به نواحی مواجه با کمبود خدماتی اضافه می‌شود. همچنین در حوزه موردمطالعه، ۲۰ مرکز بیمارستانی مناسب برای امدادرسانی وسیع (شعاع خدماتی ۱۵۰۰ متر) در سطح حوزه مورد بررسی وجود دارد که سطح پوشش آن‌ها در وضعیت عادی برابر ٦٣٣٧ هکتار (٤٤,٨٦ درصد از وسعت کل) و در مواقع بحرانی ٣٤٨٦ هکتار (٢٤,٦٨) است. بخش وسیعی از مناطق ١٤،١٣ و ١٥ شهرداری تهران با مشکل شدید کمبود خدمات‌رسانی مطلوب مواجه خواهند شد و در حدود یک‌چهارم حوزه شرقی، از وضعیت بهینه برای کمک‌رسانی به مصدومان و آسیب دیدگان برخوردار است.

**تحلیل میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی به‌منظور اسکان موقت آسیب‌دیدگان**

آسیب دیدگان ناشی از بروز بحران به‌منظور دسترسی راحت به محل زندگی خود برای انجام عملیات امداد و نجات بستگان و همسایگان، پارک‌های موجود در محله (شعاع ۳۵۰ متری) را انتخاب می‌کنند. بر اساس یافته‌های تحلیل، وسعت تحت پوشش پارک‌های شهری مناسب برای اسکان موقت، ٧٤١٠ هکتار (٥٢,٤٦ درصد از وسعت کل) است که این میزان در وضعیت بحران به ٦٣٧٥ هکتار (٤٥,١٣ درصد) کاهش می‌یابد. از نکات قابل توجه آن است که باوجود سطوح وسیع سبز در بخش شمالی حوزه شرقی، خدمات‌رسانی آن‌ها به دلیل قرارگیری در پیرامون معابر فراشهری و فاصله زیاد از نواحی مسکونی عملکرد مناسبی برای اسکان موقت نخواهند داشت. همچنین مقاوم بودن سازه ایستگاه‌های مترو و وجود امکانات موردنیاز در آن‌ها، یکی از مکان‌های مناسب برای اسکان موقت، به‌ویژه در مواقع بروز بحران‌های انسان‌ساخت می‌باشند. عملکرد ایستگاه‌های مترو در وضعیت عادی، ٥٠٤٨ هکتار (٣٥,٧٣ درصد از کل وسعت حوزه) و در شرایط بحرانی برابر ٢٤٩٩ هکتار (١٧,٦٩ درصد) است. با توجه به اقدامات ارائه شده بر مبنای تحلیل میزان خطرپذیری محدوده موردمطالعه در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت و همچنین میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی در زمان وقوع و پس از بروز بحران، یکی از اقدامات مؤثر در راستای دستیابی به اهداف تاب‌آوری شهری، تعیین مکان‌های بهینه استقرار سازه‌های حفاظتی و حیاتی است. یکی از اصول مهم تاب‌آوری شهری، استفاده از سازه‌های امن و استحکامات است و مصداق آن در شهرها، احداث سازه‌های حفاظتی چندمنظوره است که همواره توسط متصدیان مورد تأکید قرار گرفته و به آن اهتمام ورزیده‌اند. ساخت و استفاده از سازه‌های حفاظتی چندمنظوره در هنگام وقوع بحران که ممکن است ساختمان‌ها دچار آسیب کلی و یا تخریب کلی گردند، به‌عنوان یکی از اصول پیشگیری و آمادگی برای مقابله و جلوگیری از هرگونه تلفات و صدمات احتمالی جانی است که بایستی در اماکن عمومی به آن توجه ویژه‌ای گردد. به‌منظور تعیین مکان‌های بهینه استقرار سازه‌های حفاظتی و حیاتی در حوزه شرقی شهر تهران ازنظر تاب‌آوری شبکه ارتباطی، از روش نقشه‌های هم‌پوشان[1] در نرم‌افزار GIS

[1] Overlay

استفاده گردید. نقشه‌های نهایی خطرپذیری حوزه شرقی در برابر بحران‌های طبیعی و انسان‌ساخت با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی در زمان وقوع بحران با استفاده از روش ماتریس مقایسه‌ای دوبه‌دویی و تحلیل میزان تاب‌آوری شبکه ارتباطی محدوده مطالعاتی پس از تحمل آسیب با استفاده از روش تحلیل شبکه به‌عنوان نقشه‌های زیرکار فرایند تحلیل بکار گرفته شدند. همچنین در معرفی مکان دقیق سایت‌های استقرار سازه‌های حفاظتی دو اولویت مهم مدنظر قرار گرفتند و طبقه‌بندی مکان‌های مطلوب در قالب نقشه ذیل ارائه گردید:

اولویت نخست- قطعات حاصل از تجمیع قطعات ریزدانه با مساحت بالای ۲۰۰۰ مترمربع حاصل شوند،

اولویت دوم- قطعات با شکل منظم که امکان ایجاد بهترین نظام از آرایش مکانی ساختمان‌ها و سایر تأسیسات کالبدی نظامی و شهری در سطح قطعه را فراهم می‌کند.

**References**


Asgharian Jedi, Ahmad (2009), Architectural Requirements in Sustainable Passive Defense, Shahid Beheshti School of Architecture, Tehran, Ph.D. (in Persian)

Azizi, Mohammad Mehdi (2012), Seismic Acupuncture of Urban Pathways, Journal of Fine Arts, University of Tehran. (in Persian)

Azizi, Mohammad Mehdi (2012), The Desirable Process of Urban Planning in Non-Operating Defense Attacks (Case Study: Area One of Tehran District 11), Journal of Urban Studies, Number One. (in Persian)

Behtash, Farzad (2012), Explaining the Dimensions and Components of Islamic Cities Resilience, Quarterly Islamic Studies Journal, No. 9. (in Persian)

Building and Housing Research Center (2009), Draft 21st National Building Regulations(in Persian)

Dadashpour, Hashem (2015), Measurement of Resilience Capacities in Qazvin Urban Complex, Two Quarterly Journal of Crisis Management. (in Persian)

Document Framework for Disaster Risk Reduction (2015), Tehran Crisis Prevention and Management Organization. (in Persian)

Hosseinioun, Solmaz (2016), Basic Concepts of Urban Resilience for Urban Dysfunctional Concrete, Iranian Civil and Urban Improvement Company. (in Persian)

Iran Census Center, Population and Housing Census of 2006 and 2011. (in Persian)

Moghaddam, Mohammad (2014), Application of Land Use Planning in Increasing Resilience to Earthquakes Using Geographic Information System (Case Study: Sabzevar City), Geographical Studies of Arid Regions, No. 17. (in Persian)

Pashaei Zad, Hossein (2007), Overview of the Delphi Method, Peak Noor Quarterly, Volume 6, Number 2. (in Persian)

Rafieian, Mojtaba (2010), Conceptual Explanation of Resilience and Its Indexing in Community-Based Disaster Management, Space Planning and Preparation, Lecturer of Humanities(in Persian)

Rezaei Parto, Ali (2005), Investigation of Urban Tissue Vulnerability to Natural Disasters and Suggesting Solutions to Reduce Its Impacts, M.Sc., Tarbiat Modarres University. (in Persian)

Rezaei, Mohammad Reza (2010) Explaining Urban Communities to Reduce the Effects of Natural Disasters in Tehran Metropolitan Case Study, Doctoral Thesis Geography and Urban Planning, Tarbiat Modares University. (in Persian)

Shakiba, Alireza (2008), Crisis Management, Encyclopedia of Urban and Rural Management, Publications of Organizations and Municipalities of Iran Volume I, Number One, Tehran. (in Persian)

Shia, Ismail (2010), Investigating the Vulnerability of Cities to Earthquake Using Reverse Hierarchical Analysis Methodology, Fourth International Congress of Islamic Geographers of the Islamic World. (in Persian)

Strategic Plan and Structural Plan of Tehran Approved. (in Persian)

Zardasht, Esfandiar (2001), Application of Analytical Hierarchy Process in Urban and Regional Planning, Journal of Fine Arts, No. 10. (in Persian)

Ziyari, Karamat ... (2009), Urban Land Use Planning, University of Tehran Publications, Seventh Edition. (in Persian)

**Latin references**

Leu, L (2010). Resilience of ground transportation networks: a case study on Melbourne, Australasian Transport Research Forum. Canberra.

Mileti, D. (1999). Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States. National Academies Press.

Pendall, R., Foster, K.A. & Cowell, M. (2007). Resilience and regions: Building understanding of the metaphor. A working paper for building resilience network. Institute of urban regional development, University of California.

Pendall, R., K. A. Foster; Cowell, M. (2007). Resilience and Regions: Building Understanding of the Metaphor. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society.

**Internet resources**

https://newleftreview.org