جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال پانزدهم، شماره ۵۲، بهار ۱۳۹۶

ارزیابی و تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور[1]

سعید زنگنه شهرکی[2]؛ کرامت‌الله زیاری[3] و محمد پوراکرمی[4]

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۱۱/۱۵، تاریخ تایید: ۱۳۹۵/۱۲/۲۵

چکیده

در سال‌های اخیر نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح، بیش‌تر فعالیت‌های خود را برای دست‌یابی بـه جامعـه‌ای تاب‌آور در برابر سوانح متمرکز ساخته‌اند که در این میان زمین‌لرزه به دلیل خسارت وسیع و بی‌هنجاری‌های گسترده اجتماعی نسبت به سایر حوادث اولویت بالاتری برای تقویت تاب‌آوری جوامع در برابر سوانح طبیعی دارد.

مطالعه حاضر، به لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش توصیفی – تحلیلی انجام گرفته است. در این تحقیق برای جمع‌آوری داده‌ها از روش کتابخانه‌ای و اسنادی و برای تجزیه تحلیل داده‌ها از مدل‌های FANP و ویکور استفاده شده است. نتایج نشان داد که می‌توان ۱۷ شاخص تاب‌آوری کالبدی را در چهار عامل خلاصه کرد، به‌طوری‌که در میان عوامل، عامل دسترسی به خدمات اصلی و ویژگی‌های کالبدی بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران داشتند. با جایگذاری بارهای عـاملی به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی در فرایند تحلیل شبکه ضریب اهمیت شاخص‌ها به‌دست آمد و شاخص‌های نقش شبکه معابر و سطح اشغال بیشترین تأثیر را بر میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران داشتند. درنهایت، نتایج حاصل از مدل ویکور برای سنجش میزان تاب‌آوری منطقه ۱۲ نشان داد که نواحی شش‌گانه منطقه ۱۲ شهر تهران از لحاظ میزان تاب‌آوری کالبدی در سطوح متفاوتی قرار دارند به‌طوری‌که نواحی ۶ و ۱ دارای بیشترین میزان تاب‌آوری و پس‌ازآن‌ها به ترتیب نواحی ۲، ۴،۵ و ۳ دارای کم‌ترین میزان تاب‌آوری بودند.

کلیدواژگان: تاب‌آوری کالبدی، مدل FANP، مدل ویکور، منطقه ۱۲

---

۱. این مقاله برگرفته از پایان‌نامه محمد پوراکرمی با عنوان تحلیل ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی منطقه ۱۲ شهر تهران) به راهنمایی دکتر سعید زنگنه شهرکی و مشاوره دکتر کرامت‌الله زیاری است.

۲. استادیار گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، خیابان وصال، کوچه آذین، پلاک ۵۰، saeed.zanganeh@ut.ac.ir، شماره تماس:۰۹۱۲۴۸۵۱۹۲۲

۳. استاد گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، خیابان وصال، کوچه آذین، پلاک ۵۰، zayyari@ut.ac.ir، شماره تماس: ۰۹۱۲۱۲۶۰۶۰۲

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، خیابان وصال، کوچه آذین، پلاک ۵۰، Mohammadporakrami@yahoo.com ، شماره تماس: ۰۹۱۴۸۴۴۵۸۵۴

مقدمه

مطابق با پیش‌بینی سازمان ملل احتمال می‌رود که تا سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند. این مسئله به این معنا است که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی بدل خواهند شد (Leon and March,2014:251). در سطح جهانی، تغییرات چشمگیری در نگرش به مخاطرات دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر پیداکرده است. از زمان تصویب چارچوب قانونی طرح هیوگو[1] در راهبرد بین‌المللی کاهش سوانح سازمان ملل متحد (UNISDR)، هدف و فرایند برنامه‌ریزی برای تقلیل خطرهای ناشی از سوانح، جدا از کاهش آسیب‌پذیری، به نحوی بارزی به افزایش و بهبود تاب‌آوری در جوامع معطوف گردید (Mayunga,2007). در این میان تاب‌آوری به‌عنوان: ۱. میزان تخریب و زیانی که یک سیستم قادر است جذب کند بدون آنکه از حالت تعادل خارج شود؛ ۲. میزان توانایی یک سیستم برای خودسازمان‌دهی در شرایط مختلف و ۳. میزان و توانایی سیستم در ایجاد و افزایش ظرفیت یادگیری و تقویت سازگاری با شرایط تعریف می‌شود.

در سال‌های اخیر، نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح، بیش‌تر فعالیت‌های خود را برای دست‌یابی به جامعه‌ای تاب آور در برابر سوانح متمرکز ساخته‌اند که در این میان زمین‌لرزه به دلیل خسارت وسیع و بی‌هنجاری‌های گسترده اجتماعی نسبت به سایر حوادث اولویت بالاتری برای تقویت تاب‌آوری جوامع در برابر سوانح طبیعی دارد. کشور ایران به دلیل ویژگی‌های اقلیمی و زمین‌شناختی به‌ویژه قرارگیری روی کمربند زلزله‌خیز آلپ- هیمالیا از جمله آسیب‌پذیرترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که شاخص ریسک بحران برنامه توسعه سازمان ملل (۲۰۰۴) نشان می‌دهد که ایران بعد از ارمنستان بالاترین آسیب‌پذیری را در بین کشورهای جهان دارد و ۳۱ مورد از ۴۰ نوع بلایای طبیعی در ایران رخ‌داده است (رضایی و همکاران،۱۳۹۴). در این میان منطقه ۱۲ مشتمل بر هسته مرکزی ـ تاریخی شهر تهران است و بخش عمده‌ای از فضاها و بافت قدیمی شهر تهران را دربرمی‌گیرد. مسائل اصلی که این منطقه در رابطه با زلزله بیشتر با آن درگیر است را می‌توان زوال و فرسودگی، تخریب عرصه‌های عمده، اغتشاش در سیمای شهری، تراکم، نفوذپذیری ضعیف، ناکارآمدی شبکه ارتباطی، پراکندگی نامناسب فضای سبز اشاره کرد. وجود بازار سنتی، وزارتخانه‌ها و ادارات بسیار از دیگر ویژگی‌های این منطقه است که سبب می‌شود جمعیت روزانه این منطقه به یک‌میلیون نفر نیز برسد درحالی‌که جمعیت ساکن و ثابت این منطقه ۲۰۰ هزار نفر است؛ که در صورت هم‌زمانی بروز زلزله با انبوهی جمعیت در ساعات فعال منطقه، دامنه تلفات و خسارات انسانی و اقتصادی بسیار گسترده خواهد بود. به‌طورکلی، در زمینه تاب‌آوری مطالعات متعددی در سطح جهانی و داخلی انجام‌شده که اغلب آن‌ها نیز مقیاس شهری موردتوجه خود قرار داده‌اند. ازجمله مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

کارتر[2] و همکاران در سال ۲۰۰۸ پژوهشی را با عنوان مدل مکان محور[3] برای درک تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی انجام دادند. این مطالعه چارچوب جدیدی از جایگاه تاب‌آوری به‌منظور ارتقاء روش ارزیابی تاب‌آوری در مقابل بلایا در سطح محلی و منطقه‌ای ارائه می‌دهد و یک مجموعه از متغیرها در این مطالعه به‌عنوان اولین گام در

1. The Hyogo framework for action 2005-2015

تحقق هدف، مدنظر گرفته‌اند. این پژوهش به‌عنوان یکی از مطالعات پایه‌ای در بین پژوهشگران مرتبط با تاب‌آوری جوامع در برابر بلایا مطرح است. کالتن و همکاران (۲۰۰۸) به‌طور مشخص، ویژگی جوامع تاب‌آور را موردمطالعه قرار داده و آمادگی در برابر سوانح، پاسخ‌گویی بهینه و بازتوانی سریع پس از تهدیدات چندوجهی و سوانح ترکیبی، همچنین کاهش آسیب‌پذیری کالبدی جوامع شهری را با استفاده از تدوین استانداردهای ساخت‌وساز مقاوم شهری را موجب افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر سوانح می‌دانند. آلن و بریانت (۲۰۱۰)، تاب‌آوری شهرها و نقش فضاهای باز در تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه را مطرح نموده و بر نقش فضاهای باز در تاب‌آوری در برابر زلزله را مطرح نموده و بر نقش برنامه‌ریزی شهری و برنامه باز توانی در بازسازی تاب‌آور تأکید کرده‌اند. کارتر و همکاران در سال (۲۰۱۰) در مطالعه دیگری در زمینه طراحی معیارها و شاخص‌های تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی را انجام دادند که هدف اصلی آن‌ها تدوین و طراحی شاخص‌های تاب‌آوری مخاطرات برای آزمودن یا تعیین معیار شرایط تاب‌آوری جوامع است. کارتر و همکارانش در این مطالعه شاخص‌های منتخب خود را در ابعاد اجتماعی، اقتصادی نهادی، زیرساختی و سرمایه جامعه بررسی کردند. رضایی (۱۳۸۹) در رساله دکتری خود در دانشگاه تربیت مدرس به تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به‌منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله) در کلانشهر تهران پرداخت. نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که بین تاب‌آوری موجود در محلات نمونه و سطح تاب‌آوری آن‌ها در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، نهادی و کالبدی – محیطی رابطه معناداری وجود دارد و با تغییر هریک از آن‌ها، میران تاب‌آوری خانوارها نیز تغییر می‌یابد. شریف‌نیا (۱۳۹۱) در پایان‌نامه خود با عنوان، بررسی رابطه کاربری زمین شهری و میزان تاب‌آوری در برابر زلزله و ارائه راهکارهای برنامه‌ریزی شهری (نمونه موردی: منطقه ۱۰ شهر تهران) به بررسی رابطه میان تاب‌آوری و کاربری زمین شهری پرداخت و در نهایت، به این نتیجه رسیدند که برنامه‌ریزی شهری و در درون آن برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارتقای تاب‌آوری شهرها استفاده شود. فرزاد بهتاش (۱۳۹۳) در رساله دکتری خود در دانشگاه هنر تبریز، تحت‌عنوان، ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهر تبریز، با استفاده از مؤلفه‌های مختلف و از طریق پرسشنامه، تاب‌آوری شهر تبریز را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که شهر تبریز از لحاظ تاب‌آوری در وضعیت کاملاً مطلوبی قرار ندارد؛ و با این‌وجود بعد اجتماعی و فرهنگی بالاترین رتبه را در تاب‌آوری کلانشهر تبریز به‌دست آورد. در این راستا و بر مبنای شناخت ضرورت‌های فوق، در این پژوهش رویکرد تاب‌آوری از رویکردهای نوین در عرصه مدیریت بحران به‌عنوان زمینه و جهت‌گیری تحقیق در نظر گرفته‌شده است و با شناسایی شاخص‌ها و عوامل مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری، به سنجش میزان تاب‌آوری کالبدی در منطقه ۱۲ شهر تهران می‌پردازد؛ بنابراین سؤال اصلی که این پژوهش به‌دنبال پاسخگویی به آن است این می‌باشد که وضعیت منطقه ۱۲ شهر تهران از لحاظ پارامترها و مؤلفه‌های بعد کالبدی تاب‌آوری به چه صورت است؟

مبانی نظری

مفهوم تاب‌آوری

تاب‌آوری مفهومی است که اساساً در مورد اینکه چطور یک سیستم، جامعه و فرد با اختلال مواجه می‌شود و تغییر می‌کند، در ارتباط است (Mitchell.T, Katie.H, 2012). واژه تاب‌آوری در اوایل قرن ۱۷ میلادی از فعل لاتین

«Resilire» به معنای جهش و به حال خود رها کردن وارد زبان انگلیسی شد، اما به‌ندرت می‌توان مـدرکی دال بـر استفاده معمول این واژه در آن زمان یافت. اگرچه در اینکه این کلمه ابتدا در چه رشته‌ای استفاده‌شده است اختلاف‌نظر وجود دارد. برخی منشأ پیدایش آن را به بوم‌شناسی (Batabyal,1998) مربوط می‌دانند. درحالی‌که برخی دیگر آن را به فیزیک نسبت می‌دهند. با این‌وجود در اغلب تحقیقات مطرح شده است که مفهوم تاب‌آوری از قوانین روان‌شناسی دهه ۱۹۴۰ میلادی ریشه می‌گیرد و مربوط به Norman Garmezy, Emmy Werner & Ruth Smith می‌باشد (Johanson & Wielchelt,2004). ریشه تاب‌آوری چه از بوم‌شناختی، روان‌شناختی، فیزیک و علوم دیگر اخذ شده باشد، می‌توان آن را واژه پذیرفته‌شده‌ای در توسعه پایدار و مدیریت بحران دانست. تاب‌آوری توانایی یک سیستم در تحمل یا سازگاری با عوارض شوک‌هایی به‌مانند سوانح طبیعی است درحالی‌که همچنان سیستم قادر است عملکرد خود را حفظ و به فعالیت‌هایش استمرار بخشد. کارل فولک و همکاران تاب‌آوری سیستم‌های اجتماعی–اکولوژیکی را به سه خصوصیت متفاوت تقسیم‌بندی کرده‌اند: ۱. بزرگی شوکی که سیستم می‌تواند تحمل کند و در وضعیت پایدار باقی بماند؛ ۲. درجه‌ای که سیستم در آن قادر به خودسازمان‌دهی است؛ و۳. درجه‌ای که سیستم می‌توانـد ظرفیـت سازگاری ایجاد نماید (Folke.et al,2002).

مطالعه در زمینه تاب‌آوری از سال ۱۹۷۳ و توسط هولینگ در مقاله‌ای با عنوان «تاب‌آوری و پایداری سیسـتم‌هـای اکولوژیکی» با دیدگاه زیست‌محیطی آغاز شد. هولینگ از یک شاخص گمشده به نام «ظرفیت تغییر» استفاده کرد که پایه و اساس تفکر تاب‌آوری است. طبق تعریف هولینگ تاب‌آوری عبارت است معیاری از توانایی سیستم برای جذب تغییرات، درحالی‌که هنوز مقاومت قبلی را دارد (Holling,1973). بعد از اثر برجسته هولینگ، تاب‌آوری به یک مفهوم بسیار مهم در میان زیست‌شناسان تبدیل شد. ادبیات نظری، بسیاری از دیدگاه‌ها و تفسیرهای تاب‌آوری زیست‌محیطی را فراهم کرد و به‌رغم سی سال بحث، به‌نظر می‌رسد که هیچ توافقی در مورد اینکه چگونه می‌توان ایـن مفهـوم را عملیاتی ساخت یا حتی تعریف کرد وجود ندارد (Mahadinia et al, 2016).

جدول۱: مهم‌ترین تعاریف تاب‌آوری

ارائه‌دهنده	تعریف
هولینگ ۱۹۷۳	تداوم روابط میان یک سیستم، اندازه‌ای از توانایی یک سیستم برای جذب متغیرهای ثابت، محرک، پارامترها و همچنین تداوم داشتن.
میلیتی ۱۹۹۹	تاب‌آوری محلی فجایع بدین معنی است که یک فرد محلی قادر به تحمل یک حادثه طبیعی شدید بدون متحمل شدن خسارات ویرانگر، کاهش تولید با تنزیل کیفیت زندگی بدون کمک زیاد از خارج از آن محله باشد.
کلین ۲۰۰۳	توانایی یک سیستم که فشار را تجربه نموده و به حالت اولیه خود بازگشته است. به‌طور دقیق‌تر مقدار اختلالی که یک سیستم می‌تواند جذب نماید و همچنان در همان موقعیت باقی بماند و درجـه‌ای یـک سیستم قادر به خودتنظیمی است.
گاداسکاچ ۲۰۰۳	شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های فیزیکی و جوامع انسانی که قادر به مدیریت حوادث‌اند، در طول حادثه هر دو باید قادر به بقاء و عملکرد تحت‌فشار شدید باشند.
ادگر ۲۰۰۰	تاب‌آوری اجتماعی توانایی گروه‌ها یا جوامع برای مقابله با شوک‌ها و اختلالات خارجی در نتیجه تغییرات

ارائه‌دهنده	تعریف
	اجتماعی، سیاسی و محیطی است.
باکل و همکاران ۲۰۰۱	تاب‌آوری به معنای عدم وجود آسیب‌پذیری و ظرفیت جلوگیری از خطر و نیز کاهش ضرر می‌باشد. در صورت وقوع حوادث و ایجاد خسارت شرایط نرمال را تا جایی که ممکن است بتوان حفظ نمود تاب‌آوری یعنی بهبود مدیریت.
رز ۲۰۰۴	تاب‌آوری عبارت است از واکنش ذاتی یا تطبیقی در مقابل خطرات که افراد و جوامع را برای اجتناب از خسارت‌های بالقوه قادر می‌سازد.
UNSIDR,2005	ظرفیت سازگاری یک سیستم، جامعه یا اجتماع که به‌طور بالقوه در مقابل خطرات هستند و از طریق مقاومت یا تغییر تعیین می‌شود. این عمل به‌منظور دستیابی و حفظ یک سطح قابل‌قبول از عملکرد و ساختار می‌باشد که توسط درجه‌ای که سیستم اجتماعی را قادر به تنظیم خودش برای افزایش این ظرفیت برای یادگیری از فجایع گذشته به‌منظور حفاظت بهتر از آینده برای بهبود اقدامات کاهش خطر می‌باشد تعیین می‌گردد.
فاستر ۲۰۰۶	تاب‌آوری منطقه‌ای توانایی یک منطقه برای پیش‌بینی، آمادگی، واکنش و بهبودی از اختلال می‌باشد.
پندال و همکاران ۲۰۰۷	یک شخص، جامعه، اکوسیستم یا شهر زمانی تاب آور است که بعد از وقوع حادثه در مقابل شوک یا استرس به‌سرعت به وضعیت نرمال بازگردد یا حداقل به‌راحتی به شرایط جدید منتقل نشود.
کارتر و همکاران ۲۰۰۸	تاب‌آوری توانایی یک سیستم اجتماعی برای واکنش به سوانح و بهبود از آن است و شامل شرایط ذاتی است که به سیستم اجازه می‌دهد تا اثرات را جذب و با یک حادثه و یا یک پساحادثه مقابله کند. تاب‌آوری فرایندی تطبیقی است که توانایی سیستم‌های اجتماعی برای باز تنظیمی، تغییر و یادگیری برای واکنش به تهدیدها را تسهیل می‌نمایند.
نوریس و همکاران ۲۰۰۸	تاب‌آوری یک فرایند است که مجموعه‌ای از ظرفیت‌های تطبیقی را به روند مثبت عملکرد و سازگاری بعد از اختلال به هم متصل می‌نماید.
ژو و همکاران ۲۰۰۹	تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت تحمل و بهبود از خطر تعریف می‌شود.

منبع: بهتاش،۱۳۹۳

با بررسی مفاهیم تاب‌آوری می‌توان گفت که برخی محققان دیدگاه اکولوژیکی را برای ایده تاب‌آوری تأیید نموده و تمرکز تعاریف خود را بر چشم‌انداز کارکرد سیستم و ظرفیت خودسازمان‌دهی معطوف ساخته‌اند. برخی از تعریف‌ها به چشم‌انداز بلندمدت گرایش دارند و تاب‌آوری در برابر سوانح را فرایند بازبینی بلندمدت بعد از سوانح تعریف کرده‌اند؛ یعنی تاب‌آوری می‌تواند معیاری یا وسیله‌ای در طول زمان برای بازیابی یا برگشت به گذشته جهت حفظ تعادل باشد (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰:۲۵). برخی از محققان در تعریفشان از تاب‌آوری به ایده سازگاری پرداخته‌اند، بدین معنا که اجتماعی برای حفظ ساختار اصلی می‌تواند خود را با پیروی و اقتباس از سایر پروسه‌ها سازمان‌دهی نماید بنابراین می‌توان گفت ایده سازگاری و وفق دادن به دلیل افزایش ظرفیت و توان یادگیری در جامعه مطلوب ارزیابی‌شده است (بهتاش، ۱۳۹۳: ۲۹). برخی دیگر تاب‌آوری در برابر سوانح را با مفهوم پایداری مرتبط می‌دانند؛ زیرا از دیدگاه این گروه، پایداری به بقای طولانی‌مدت بدون کاهش کیفیت زندگی اشاره دارد. گروه دیگری از محققان نیز تاب‌آوری را مفهومی متضاد با آسیب‌پذیری بیان کرده‌اند؛ یعنی وقتی آسیب‌پذیری بالا باشد، تاب‌آوری پایین است. مشکل این تعریف گرفتار دور تسلسل شدن است؛ یعنی جامعه آسیب‌پذیر است چون تاب‌آور نیست و تاب‌آور نیست؛ چون آسیب‌پذیر است (Mayunga,2007:3).

ابعاد تاب‌آوری

تاب‌آوری رویکردی چندوجهی می‌باشد و بحث پیرامون این رویکرد نیازمند توجه به ابعاد مختلف و تأثیرگذار بر آن می‌باشد. همانند سایر مفاهیم شهرسازی و مدیریت بحران، مفهوم تاب‌آوری نیز ابعاد متعددی دارد و تاکنون تعریف مشترک پذیرفته‌شده‌ای از آن ارائه نشده است (Klein,2003:66). در ادبیات مخاطرات و مدیریت سوانح، «تاب‌آوری» به شیوه‌های متعددی استفاده می‌شود، مثل تاب‌آوری اقتصادی، سازمانی، اکولوژیکی، اجتماعی، ساختمانی و مهندسی؛ زیرساخت‌های حیاتی و سیستم ارتباطی که جنبه مشترک همه آن‌ها «توانایی ایستادگی، مقاومت و واکنش مثبت به فشار یا تغییر» است. با این‌وجود به نظر برنئو می‌توان چهار بُعد را برای تاب‌آوری در نظر گرفت؛ بُعد **فنی** که عبارت است از توانایی سیستم‌های فیزیکی (شامل مؤلفه‌ها، تعامل آن‌ها و رابطه متقابل و سیستم‌های داخلی) در عملکرد سطوح موردقبول هنگام مواجه با پیامدهای زمین‌لرزه؛ بُعد **سازمانی** به ظرفیت سازمان‌هایی برمی‌گردد که تسهیلات بحرانی را مدیریت می‌کنند و مسئولیت آن‌ها انجام عملیات‌هایی حین سانحه در راستای تصمیم‌سازی و اقدام برای دستیابی به شرایط تاب‌آوری است؛ بُعد **اجتماعی** متشکل از معیارهایی است که به‌طور اختصاصی برای کوچک‌سازی پیامدهای منفی قطع خدمات حیاتی در اثر زمین‌لرزه برای جوامع متأثر از زمین‌لرزه طرح‌شده‌اند؛ بُعد **اقتصادی** به ظرفیت کاهش خسارات اقتصادی مستقیم و غیرمستقیم ناشی از زمین‌لرزه تعبیر می‌شود (بهتاش، ۱۳۹۳). در این پژوهش با توجه به ابعاد چهارگانه برای سنجش تاب‌آوری، از بُعد کالبدی استفاده شده است.

جدول۲: ابعاد تاب‌آوری

بعد	تعریف	شاخص‌ها
اجتماعی	از تفاوت ظرفیت اجتماعی جوامع، در نشان دادن واکنش مثبت، انطباق با تغییرها و حفظ رفتار سازگارانه و بازیابی از سوانح به دست می‌آید که می‌توان آن را از طریق بهبود ارتباطات، آگاهی از خطر، آمادگی، توسعه و اجرای طرح‌های مدیریت سوانح و بیمه برای کمک به فرایند بازیابی ارتقا داد.	آگاهی، دانش، مهارت، نگرش، شبکه‌های اجتماعی، ارزش‌های جامعه، سازمان‌های مبتنی بر صداقت، درک محلی از خطر، خدمات مشاوره‌ای، سلامتی و رفاه، سن، دسترسی، زبان، نیازهای ویژه، دل‌بستگی به مکان، مشغولیت سیاسی، مذهب، درگیری اجتماعی، تمایل به حفظ معیارهای فرهنگی قبل و بعد از سانحه
اقتصادی	واکنش و سازگاری افراد و جوامع به‌طوری‌که آن‌ها را قادر به کاهش خسارت‌های بالقوه سانحه سازد که بیشتر قابلیت حیات اقتصادی جوامع را نشان می‌دهد.	شدت (میزان) خسارت‌ها، ظرفیت یا توانایی جبران خسارت‌ها و توانایی برگشت به شرایط شغلی و درآمدی مناسب در قالب درآمد، منابع درآمد، سرمایه، دسترسی به خدمات مالی، پس‌اندازها و سرمایه‌های خانوار، بیمه، احیای فعالیت‌های اقتصادی بعد از یک سانحه، اشتغال، وابستگی اشتغال به یک بخش ویژه
نهادی	حاوی ویژگی‌های مربوط به تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. در اینجا تاب‌آوری، از ظرفیت جوامع برای کاهش خطر، اشتغال افراد محلی در تقلیل خطر برای ایجاد پیوندهای سازمانی و بهبود و حفاظت از سیستم‌های اجتماعی در یک جامعه تأثیر می‌پذیرد.	بستر، زیرساخت، روابط و عملکرد نهادها، ویژگی فیزیکی نهادها نظیر تعداد نهادهای محلی، دسترسی به اطلاعات نیروهای آموزش‌دیده و داوطلب، قوانین و مقررات، تعامل نهادهای محلی با مردم و نهادها، رضایت از عملکرد نهادها، مسئولیت‌پذیری، مراکز تصمیم‌گیری، نحوه مدیریت یا واکنش به سوانح مانند ساختار سازمانی، ظرفیت، رهبری، آموزش و تجربه
کالبدی	ارزیابی واکنش جامعه و ظرفیت بازیابی بعد از سانحه نظیر پناهگاه‌ها، واحدهایی مسکونی، تسهیلات سلامتی و زیرساختی مانند خطوط لوله، جاده‌ها و وابستگی آن‌ها به زیرساخت‌های دیگر را به همراه دارد.	تعداد شریان‌های اصلی، خطوط لوله، جاده‌ها و زیرساخت‌های اصلی، شبکه حمل‌ونقل، کاربری زمین، ظرفیت پناهگاه، نوع مسکن، جنس مصالح، مقاومت بنا، کیفیت و قدمت بنا، مالکیت، نوع ساخت ساز، ارتفاع ساختمان‌ها، فضای باز ساختمان محل سکونت، فضای سبز، تراکم محیطی، دسترسی، ویژگی‌های جغرافیایی (ژئوتکنیک و شیب)، شدت و تکرار مخاطره‌ها، گسل‌ها،

منبع رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱

تاب‌آوری شهری

در مقیاس شهری، تاب‌آوری بستگی دارد به میزان توانایی سیستم برای حفاظت از دارایی‌ها و همچنین تضمین ادامه دسترسی به خدمات و عملکردهایی که رفاه شهروندان در گروه تأمین آن می‌باشد، تاب‌آوری شهری به‌میزان شکنندگی سیستم شهری و همچنان به ظرفیت نهادهای اجتماعی (نظیر افراد، خانواده‌ها، گروه‌ها و بخش عمومی یا خصوصی) در راستای انطباق با تغییرات و جذب شوک‌ها بستگی دارد (بهتاش،۱۳۹۳: ۳۶). شهر تاب‌آور شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های فیزیکی و اجتماعات انسانی می‌باشد. سیستم‌های فیزیکی، اجزای محیطی و ساخته‌شده شهر هستند که شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، تسهیلات ارتباطی، خاک، ویژگی‌های جغرافیای و امثال آن می‌باشد. در مجموع سیستم‌های فیزیکی به‌عنوان کالبد، استخوان‌ها، شریان‌های یک شهر عمل می‌کنند. به هنگام سانحه سیستم‌های فیزیکی باید قادر به ادامه حیات و عملکرد در شرایط وخیم باشند. اجتماع‌ها، اجزاء اجتماعی و سازمانی شهر هستند، فعالیت‌ها را هدایت کرده و به نیازهای آن پاسخ داده و از تجربیات آن‌ها استفاده می‌کنند. به هنگام سانحه، اجتماع‌ها باید قادر به نجات و عملکرد در شرایط بحرانی و ویژه باشند. همچنین یک جامعه تاب‌آور جامعه‌ای است که اقدام هدفمند جهت ارتقای ظرفیت فردی و جمعی شهروندان و نهادهایش انجام دهد تا بتواند به دوره تغییر اقتصادی و اجتماعی، پاسخ گفته و بر آن تأثیر بگذارد (Godschalk,2003:136). تاب‌آوری شهرها وابسته به ارتباط و هماهنگی میان سیستم‌های فیزیکی و اجتماعی است و ارتباط این دو سیستم نقش تعیین‌کننده‌ای در هنگام بروز سانحه ایفا می‌کنند. در زمان بروز یک سانحه شهرها به‌عنوان دستگاهی که شامل تمام اجرای ذکرشده هستند باید توانایی تحمل شرایط پرتنش سانحه را داشته و عملکرد خود را حفظ کنند (Zimmeman,2002). اگر سیستم‌های فیزیکی به‌مثابه بدن شهر فروریزد، سایر سیستم‌ها نیز قادر به ادامه فعالیت نخواهند بود و اگر سیستم اجتماعی به‌عنوان مغز شهر از کار بیفتد، نمی‌توان عملکرد شهر را در برابر سوانح تاب‌آور خواند. جوامع و شهرهای آسیب‌پذیر، در برابر سوانح تاب‌آور نیستند، بالعکس اتخاذ اقداماتی در راستای کاهش آسیب‌پذیری، به‌طور صرف در تاب‌آور شدن شهرها در برابر سوانح کافی نیستند. شهرهای تاب‌آور بر اساس قوانین به‌دست‌آمده از تجارب سوانح گذشته در محیط‌های شهری ساخته‌شده‌اند. آن‌ها ممکن است در برابر نیروهای حاصل از مخاطرات خم شوند، ولی دچار شکست نمی‌شوند. در شهرهای تاب‌آور ساختمان‌های کم‌تری باید واژگون شوند، برق‌گرفتگی کم‌تری رخ دهد، خانوارها و مشاغل کم‌تری در معرض ریسک قرار گیرند، تلفات و جراحات کم‌تری باید وجود داشته باشد، اختلالات ارتباطی و ناهماهنگی کم‌تری به وقوع بپیوندد. ارتباط و تمرکززدایی از خصوصیات مهم شهرهای تاب‌آور است، به‌گونه‌ای که شبکه‌های اقتصادی، اجتماعی و مانند این در سطح شهر به‌صورت متناسب توزیع‌شده باشند (Vale & Campanella,2005).

روش تحقیق

مطالعه حاضر به‌لحاظ هدف کاربردی و به‌لحاظ روش توصیفی- تحلیلی است. ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی همچون استفاده از مطالعه متون مرتبط با موضوع و تحقیقات پیشین و استفاده از نظریات متخصصان در این زمینه معیارهای مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی شهر در برابر زلزله مشخص شد. در این تحقیق برای جمع‌آوری داده‌ها روش کتابخانه‌ای و اسنادی و برای تجزیه تحلیل داده‌ها از مدل‌های FANP و ویکور و

نرم‌افزارهای SUPER DISION, Exesl,Spss و ARC GIS استفاده شده است. بدین منظور پس از مرور بر متون نظری و تجربی مرتبط، شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع مورد بررسی، شناسایی و انتخاب شدند. مقادیر مربوط به هر شاخص، در محیط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و با اعمال سنجه‌های منطقی هر شاخص محاسبه‌شده و در نهایت، اعداد مبین هر شاخص استخراج شد. سپس تحلیل عاملی با شاخص‌های منتخب انجام می‌شود تا ابعاد نشانگر موضوع مورد بررسی، شناسایی و استخراج شوند. پس از استخراج ابعاد تعیین‌کننده موضوع مورد بررسی، شاخص‌های تشکیل‌دهنده هر یک از این ابعاد نیز شناسایی می‌شوند. در مرحله بعد از روش تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌شود تا نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی به یک مدل شبکه‌ای تبدیل شود تا با استفاده از روش ANP ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های تبیین‌کننده تاب‌آوری کالبدی، با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع محاسبه شوند. در نهایت، از مدل ویکور جهت تحلیل داده‌ها و محاسبه میزان تاب‌آوری منطقه ۱۲ شهر تهران استفاده شد.

مدل FANP

مدل FANP در سال ۲۰۱۳ توسط زبردست برای ساخت شاخص مرکب تعیین میزان آسیب‌پذیری اجتماعی در مقابل زلزله و در راستای به حداقل رساندن کاستی‌های روش‌های مرسوم ساخت شاخص‌های مرکب (Zebardast,2013) ارائه شد. در مدل FANP تلاش شده است تا با به‌کارگیری مزیت‌های ذاتی روش تحلیل عاملی، ابتدا موضوع موردبررسی به ابعاد تشکیل‌دهنده آن تجزیه شوند سپس با استفاده از روش ANP این ابعاد (خوشه‌ها) و عناصر آن‌ها و ارتباط و وابستگی‌های بین عناصر و خوشه‌ها به شکل شبکه‌ای مشخص شوند تا بتوان اهمیت نسبی عناصر تشکیل‌دهنده موضوع موردبررسی را محاسبه کرد. فرایند مدل FANP را می‌توان در دو مرحله و به شرح زیر خلاصه کرد (زبردست،۱۳۹۳: ۲۴):

مرحله اول: تحلیل عاملی (FA): در این مرحله پس از مرور بر متون نظری و تجربی مرتبط و تدوین چارچوب نظری تحقیق، شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع مورد بررسی شناسایی و انتخاب شدند. سپس تحلیل عاملی با شاخص‌های منتخب انجام شد تا ابعاد نشانگر موضوع مورد بررسی، شناسایی و استخراج شوند. پس از استخراج ابعاد تعیین‌کننده موضوع مورد بررسی، شاخص‌های تشکیل‌دهنده هر یک از این ابعاد و میزان بار عاملی نیز شناسایی می‌شوند.

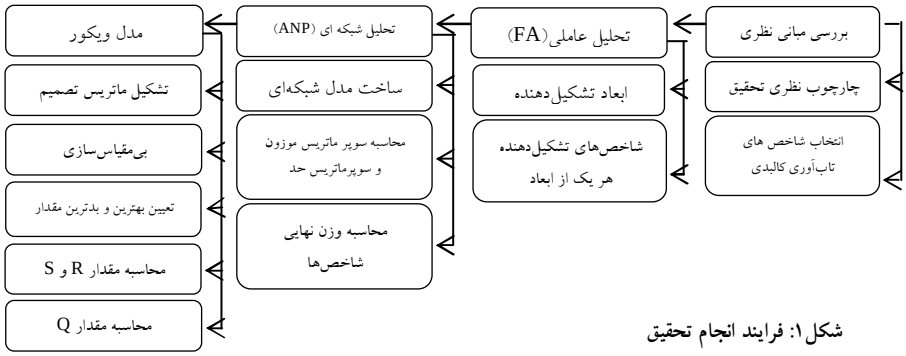
مرحله دوم: فرایند تحلیل شبکه (ANP): در مرحله دوم، از روش تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌شود تا نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی به یک مدل شبکه‌ای تبدیل شود تا نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی در مرحله اول، به یک مدل شبکه‌ای تبدیل شود تا با استفاده از روش ANP ضریب اهمیت نسبی شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع موردبررسی، با در نظر گرفتن ارتباط بین شاخص‌های تبیین‌کننده موضوع محاسبه شوند.

مدل ویکور

ویکور یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره توافقی است که توسط آپریکوویچ و زنگ (۲۰۰۸) بر مبنای روش ال پی متریک[1]

1. LP-metric

توسعه‌یافته است و بر مبنای راه‌حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد می‌باشد. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار، به‌صورت مستقل، ارزیابی می‌شوند و درنهایت، گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبه‌بندی می‌گردند (Ramachandran & Alagumurthib,2013). تفاوت اصلی این مدل با مدل‌های تصمیم‌گیری سلسله مراتبی یا شبکه‌ای این است که برخلاف آن مدل‌ها، در این مدل مقایسات زوجی بین معیارها و گزینه‌ها صورت نمی‌گیرد و هر گزینه مستقلاً توسط یک معیار سنجیده و ارزیابی می‌گردد (Opricovic & Tzeng,2007).



شکل۱: فرایند انجام تحقیق

جدول۳: شاخص‌های به‌کاررفته در تحقیق

شاخص	اختصار	منبع	جهت تأثیر
دانه‌بندی قطعات (مساحت)	X1	زیاری و داراب خانی، ۱۳۸۹؛ شریف زادگان و فتحی،۱۳۸۷؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷	منفی
تعداد طبقات	X2	Kobe city council,2008؛ Normandin et al, 2010؛Verrucci et al,2012	مثبت
مقاومت ساختمان	X3	Cutter et al,2010؛ Normandin et al, 2010؛Verrucci et al,2012	مثبت
قدمت ساختمان	X4	Cutter et al,2010؛Verrucci et al,2012	مثبت
سطح اشغال	X5	Sanferansisco department of building,2010;رضایی، ۱۳۸۹	مثبت
تراکم جمعیتی	X6	Normandin et al, 2010; Burton, 2012; Asadzadeh et al, 2015; رضایی، ۱۳۸۹	منفی
تراکم ساختمانی	X7	Asadzadeh et al, 2015؛ Normandin et al, 2010؛ Burton,2012; رضایی، ۱۳۸۹	منفی
معابر دارای عرض مناسب	X8	شریف نیا،۱۳۹۱	مثبت
معابر دارای پل	X9	Kobe city council,2008	منفی
نقش شبکه معابر	X10	Cutter et al,2010; Burton,2012;Ainuddin,2012	مثبت
فاصله از پمپ‌بنزین	X11	بحرینی،۱۳۷۵	منفی
دسترسی به فضای سبز	X12	عزیزی و اکبری، ۱۳۸۷؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷؛ رضایی، ۱۳۸۹	مثبت
دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی	X13	Asadzadeh et al, 2015; رضایی،۱۳۸۹؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۸۷	مثبت
دسترسی به کاربری‌های درمانی	X14	Asadzadeh et al, 2015;رضایی، ۱۳۸۹	مثبت
تعداد بیمارستان در هر کیلومترمربع	X15	Verrucci et al,2012	مثبت
تعداد مدارس در هر کیلومترمربع	X16	Cutter et al,2010; Burton,2012; Verrucci et al,2012	مثبت
تعداد ایستگاه آتش‌نشانی در هرکیلومترمربع	X17	Burton,2012; Verrucci et al,2012	مثبت
تعداد ایستگاه پلیس در هر کیلومترمربع	X18	Burton,2012; Verrucci et al,2012	مثبت
شیب زمین	X19	M Teo,et al, 2013;رضایی،۱۳۸۹	منفی

بحث و یافته

انجام تحلیل عاملی و شناسایی ابعاد تشکیل‌دهنده تاب‌آوری کالبدی

روش تحلیل عاملی با ۱۹ شاخص منتخب و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. بدین منظور ماتریس دارای ۶ ناحیه منطقه ۱۲ شهر تهران به‌عنوان ردیف‌های ماتریس و ۱۹ شاخص بعد کالبدی تاب‌آوری شهری به‌عنوان ستون‌های ماتریس، به‌عنوان ماتریس اولیه اطلاعات تشکیل گردید. برای اینکه پی ببریم آیا می‌توان داده‌های مربوط به مقیاس تاب‌آوری کالبدی را به چندین عامل تقلیل داد یا اینکه خیر، از دو آماره KMO و Bartlett استفاده می‌شود. مقدار KMO همواره بین ۰ و ۱ است. درصورتی‌که مقدار موردنظر کم‌تر از ۰.۵۰ باشد داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب نخواهد بود. جدول ۴ بررسی آزمون کرویت بارتلت و ضریب (KMO) را برای تحلیل موردنظر در این پژوهش ارائه می‌کند. جدول فوق نشان می‌دهد که مقدار KMO بالاتر از ۰.۵۰ بوده و برای تحلیل عاملی داده‌های مربوطه مناسب می‌باشد و همچنین مقدار آماره بارتلت نیز در حد پذیرش قرار دارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه برای رسیدن KMO به حالت نرمال تعداد شاخص‌ها از ۱۹ به ۱۷ کاهش یافت و شاخص‌های تراکم جمعیتی (X6) و تراکم ساختمانی (X7) از فرایند تحلیل حذف شدند.

جدول٤: نتایج آزمون KMO و Bartlett

مقدار کفایت نمونه‌گیری کایزر میر اولکین		۰.۵۴۳
آزمون کرویت بارتلت	کای اسکوئر	۲۱۲.۷۴
	درجه آزادی	۳۱
	سطح معناداری	۰.۰۰۰

بعد از کنترل و مناسبت آزمون‌های آماری مربوطه که داده‌های خام را برای کاربست در تحلیل عاملی آزمایش و سنجش می‌نمایند، به محاسبه ماتریس محاسبات مقدماتی پرداخته می‌شود، که در آن واریانس تبیین شده به‌وسیله هر عامل مشخص می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر ماتریس مربوطه که در قالب جدول واریانس تبیین شده نشان داده می‌شود، به‌روشنی مشخص می‌کند که برآیند تحلیل عاملی در کاهش و خلاصه‌سازی شاخص‌ها و سنجه‌های تاب‌آوری کالبدی به چند عامل نهایی منتهی شده است و مهم‌تر اینکه سهم هریک از عوامل مربوطه در تبیین تاب‌آوری کالبدی به چه میزان بوده است (جدول ۳). در ارتباط با تعیین نهایی تعداد عوامل تبیین‌کننده تاب‌آوری کالبدی، باید به لحاظ آماری سه شرط را رعایت نمود، شرط اول توجه به این نکته است که بر اساس معیار کیزر مقادیر ویژه مربوط به‌تمامی عوامل تاب‌آوری کالبدی باید بالاتر از ۱ باشد. شرط دوم رعایت مقدار واریانس تجمعی است که مجموع واریانس تجمعی عوامل استخراج‌شده نهایی باید بالاتر از ۶۰ باشد و شرط سوم اینکه واریانس تبیین شده هر عامل به‌تنهایی باید بالاتر از ۱۰ باشد تا عامل مربوطه به‌عنوان عامل مبین تاب‌آوری کالبدی شناخته شود (زیردست، ۱۳۸۶).

بررسی شروط فوق در جدول ۵ نشان می‌دهد که چهار عامل به‌عنوان عوامل مبین تاب‌آوری کالبدی در محدوده موردمطالعه شناخته‌شده‌اند. دلیل این موضوع این است که مقادیر ویژه هر یک از عوامل فوق بالاتر از ۱ بود و این

مقدار در عامل اول ۷.۶۶۵، در عامل دوم ۴.۴۶۳، در عامل سوم ۲.۴۰۵ و در عامل چهارم ۱.۵۲۷ می‌باشد. بررسی شرط دوم نشان می‌دهد که واریانس تجمعی تبیین شده توسط عوامل مربوطه در محدوده موردمطالعه ۹۴.۴۷۲ می‌باشد که نشان می‌دهد عوامل مربوطه ۹۴.۴۷۲ درصد تاب‌آوری کالبدی را بیان می‌کنند. بررسی شرط سوم نیز نشان می‌دهد که هر عامل تاب‌آوری کالبدی به‌صورت مستقل بیش از ۱۰ درصد واریانس را تبیین می‌نمایند تا جایی که مقدار این موضوع در عامل اول ۳۵.۹۴۶ درصد بوده و نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل شناسایی بُعد کالبدی تاب‌آوری شهری در این عامل نهفته است و حدود یک‌سوم از تاب‌آوری کالبدی در ارتباط با این عامل بوده است. همچنین این مقدار در عامل دوم ۳۱.۶۷۹ بوده و واریانس تجمعی دو عامل اول و دوم ۶۷.۶۲۵ درصد است. به‌عبارت‌دیگر دو عامل در کنار هم ۶۵ درصد تاب‌آوری کالبدی را تبیین می‌کنند. درنهایت مقدار واریانس تبیین شده برای عامل سوم و چهارم به ترتیب ۱۵.۹۹۴ و ۱۰.۵۳ می‌باشد.

جدول۵: مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی تبیین شده

عامل	مقادیر خاص آغازین			مجموع مجذور بارهای استخراجی			مجموع مجذور بارهای چرخش یافته نهایی		
	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی
۱	۷.۶۶۵	۴۵.۰۹۰	۴۵.۰۹۰	۷.۶۶۵	۴۵.۰۹۰	۴۵.۰۹۰	۶.۱۱	۳۵.۹۴۶	۳۵.۹۴۶
۲	۴.۴۶۳	۲۶.۲۵۳	۷۱.۳۴۳	۴.۴۶۳	۲۶.۲۵۳	۷۱.۳۴۳	۵.۳۸۵	۳۱.۶۷۹	۶۷.۶۲۵
۳	۲.۴۰۵	۱۴.۱۴۷	۸۵.۴۹۰	۲.۴۰۵	۱۴.۱۴۷	۸۵.۴۹۰	۲.۷۱۹	۱۵.۹۹۴	۸۳.۶۲۰
۴	۱.۵۲۷	۸.۹۸۳	۹۴.۴۷۲	۱.۵۲۷	۸.۹۸۳	۹۴.۴۷۲	۱.۸۴۵	۱۰.۵۳	۹۴.۴۷۲

بعد از تعیین واریانس هر یک از عوامل تبیین‌کننده تاب‌آوری کالبدی، ماتریس عاملی را دوران داده تا هریک از شاخص‌های مربوطه بیشترین ارتباط را با عوامل مربوطه به‌دست آورند و شرایط را برای نام‌گذاری و شناسایی عوامل مربوطه به مدد امتیاز هر شاخص از عامل تسهیل نمایند. در واقع این ماتریس همان ماتریس عاملی است که عامل‌های آن با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استخراج‌شده و با روش چرخش واریماکس دوران یافته است. محصول این مرحله وزنی را برای هر عامل در مقابل شاخص مربوطه ایجاد می‌کند. به دلیل دشواری تفسیر ضرایب بار عاملی در ماتریس عاملی، از آن‌جهت که بسیاری از متغیرها یا شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی هم‌زمان با چندین عامل همبستگی متوسطی را نشان می‌دهند، از ماتریس دوران یافته عاملی جهت تشخیص ارتباطات، همبستگی‌ها و شفاف شدن ارتباطات، جهت تحلیل نهایی عامل‌ها استفاده می‌شود. در محاسبه ماتریس عاملی چرخش یافته، دست یافتن به بهترین ترکیب خطی متغیرها مدنظر بوده است. منظور از بهترین ترکیب خطی، ترکیبی از متغیرهای اصلی است که بیشترین واریانس را در مجموعه داده‌ها، نسبت به هر نوع ترکیب خطی دیگر، تبیین کند؛ بنابراین ممکن است اولین عامل تاب‌آوری کالبدی به‌عنوان بهترین عاملی از همبستگی‌های خطی در بین داده‌ها باشد. دومین عامل تاب‌آوری کالبدی، دومین بهترین ترکیب خطی از متغیرها است که نسبت به عامل اول قرار گیرد، این عامل باید از بخش باقیمانده واریانس یعنی پس از استخراج عامل اول، استنتاج گردد؛ بنابراین عامل دوم، ترکیبی خطی از متغیرهاست که در آن اثر اولین عامل حذف گردیده و به تبیین بخش عمده‌ای از باقیمانده واریانس می‌پردازد. به همین ترتیب سایر عامل‌های تاب‌آوری کالبدی نیز استخراج شدند.

بدین ترتیب بر اساس ماتریس عاملی چرخش یافته نهایی ۴ عامل نهایی تاب‌آوری کالبدی در محدوده موردمطالعه به دست آمد. همان‌طور که پیش‌تر نیز بدان اشاره شد ترکیب خطی متغیرهای مختلف در قالب دو عامل اول و دوم، بیانگر حدود ۶۵ درصد از ابعاد کالبدی تاب‌آوری است و تمامی عوامل در کنار هم ۹۴ درصد از واریانس را تبیین می‌کنند (جدول۶).

عامل اول: این عامل ۳۵.۹۶۴ درصد واریانس کل را تبیین می‌نماید و براساس ماتریس فیلتر شده نهایی با شاخص‌های دسترسی به معابر داری عرض مناسب، دسترسی به فضای سبز، دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی، دسترسی به کاربری‌های درمانی، فاصله مناسب از پمپ‌بنزین، فاصله مناسب از معابر دارای پل و نقش شبکه معابر همبسته است. بر این اساس می‌توان عامل اول را تحت عنوان دسترسی به خدمات شهری نام‌گذاری کرد.

عامل دوم: این عامل ۳۱.۶۷۹ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند و بر اساس ماتریس فیلتر شده نهایی با شاخص‌های دانه‌بندی قطعات، تعداد طبقات، مقاومت ساختمان، سطح اشغال همبسته بوده بر این اساس می‌توان عامل دوم را تحت‌عنوان ویژگی‌های کالبدی بافت نام‌گذاری کرد.

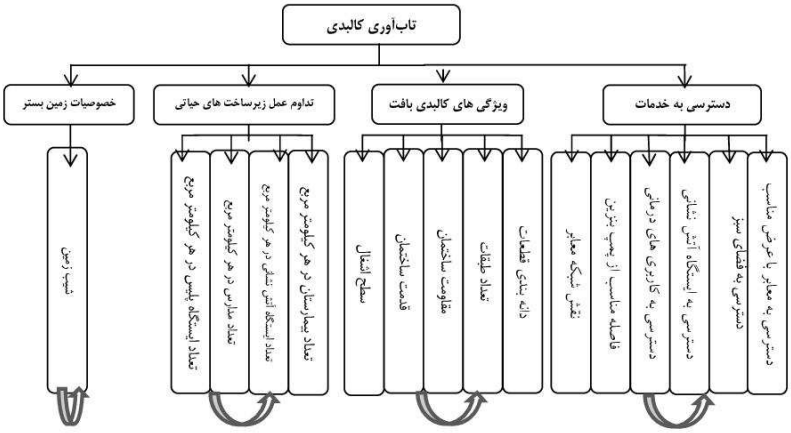
عامل سوم: این عامل ۱۵.۹۹۴ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند و بر اساس ماتریس فیلتر شده نهایی با شاخص‌های تعداد بیمارستان در هر کیلومترمربع، تعداد ایستگاه آتش‌نشانی در هر کیلومترمربع، تعداد مدارس در هر کیلومترمربع، تعداد ایستگاه پلیس در هر کیلومترمربع همبسته است. بر این اساس می‌توان این عامل را تحت عنوان تداوم عمل زیرساخت‌های اصلی نام‌گذاری کرد.

عامل چهارم: این عامل ۱۰.۸۵۳ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند و با شاخص شیب زمین همبسته است برای این اساس می‌توان این عامل را تحت‌عنوان خصوصیات زمین بستر نام‌گذاری کرد.

جدول٦: عوامل استخراج‌شده از تحلیل عاملی، میزان بار عاملی آن‌ها و نیز نام‌گذاری آن‌ها

نام عامل	درصد تغییرات	بار عاملی	اختصار	شاخص‌ها
دسترسی به خدمات شهری AUS	۳۵.۹۶۴	۰.۸۶۷	AWR	دسترسی به معابر دارای عرض مناسب
		۰.۹۱۰	AGS	دسترسی به فضای سبز
		۰.۸۷۷	AFS	دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی
		۰.۸۷۲	AT	دسترسی به کاربری‌های درمانی
		۰.۸۱۴	DPS	فاضله مناسب از پمپ‌بنزین
		۰.۶۵۷	DRB	فاصله مناسب از معابر دارای پل
		۰.۹۹۸	RSN	نقش شبکه معابر
ویژگی‌های کالبدی بافت PCUF	۳۱.۶۷۹	۰.۹۷۸	AHU	دانه‌بندی قطعات
		۰.۹۵۲	NF	تعداد طبقات
		۰.۶۵۸	BR	مقاومت ساختمان
		۰.۹۵۵	OB	قدمت ساختمان
		۰.۸۴۱	OL	سطح اشغال
تداوم عمل زیرساخت‌های اصلی COMI	۱۵.۹۹۴	۰.۷۱۰	NH	تعداد بیمارستان در هر کیلومترمربع
		۰.۸۴۴	NFS	تعداد ایستگاه آتش‌نشانی در هر کیلومترمربع
		۰.۹۳۲	NS	تعداد مدارس در هر کیلومترمربع
		۰.۹۴۶	NP	تعداد ایستگاه پلیس در هر کیلومترمربع
خصوصیات زمین بستر GFP	۱۰.۸۵۳	۰.۸۴۴	ES	شیب زمین

فرایند تحلیل شبکه‌ای(ANP)



شکل۲: مدل شبکه‌ای

شاخص‌های تاب‌آوری کالبدی

در این مرحله در چارچوب مدل FANP عوامل استخراج‌شده از تحلیل عاملی (مرحله اول) و شاخص‌های آن‌ها با استفاده از مدل ANP مورد تحلیل قرار می‌گیرند تا ضریب اهمیت نسبی آن‌ها محاسبه شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی، مدل شبکه‌ای برای ساخت شاخص تاب‌آوری کالبدی تنظیم می‌شود (شکل ۲). در این شکل خوشه اول هدف مطالعه و خوشه دوم ابعاد تاب‌آوری کالبدی را نشان می‌دهند. خوشه سوم شاخص‌های ذیل هریک از ابعاد چهارگانه مستخرج از تحلیل عاملی را شامل می‌شود. شاخص‌های تشکیل‌دهنده هریک از ابعاد (خوشه سوم) وابسته به‌هم‌اند و این امر در شکل ۲ باکمان نشان داده‌شده است.

با توجه به مدل شبکه‌ای ساخته‌شده، سوپر ماتریس اولیه تشکیل‌شده و ماتریس‌های انفرادی آن ساخته خواهند شد. سوپر ماتریس اولیه برای مدل شبکه‌ای در سه سطح (متناظر با ۳ خوشه مدل شبکه‌ای) به شرح زیر است:

$$W=\begin{array}{c} \\ \text{هدف} \\ \text{معیار های اصلی} \\ \text{زیر معیار ها} \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \text{خوشه ها} & & \\ \text{هدف} & \text{معیار های اصلی} & \text{زیر معیار ها} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ W_{21} & 0 & 0 \\ 0 & W_{32} & W_{33} \end{bmatrix} \end{array}$$

محاسبه بردار W_{21}

بردار W_{21} رابطه بین اهداف مطالعه و ابعاد چهارگانه تاب‌آوری را نشان می‌دهد؛ بنابراین برای محاسبه بردار W_{21} همانند مراحل مرسوم در ANP، باید مقایسه دودویی بین ابعاد چهارگانه تاب‌آوری به‌منظور دستیابی به اهداف مطالعه صورت پذیرد. در مدل ANP این مقایسه دودویی بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی و بر پایه نظرات کارشناسی (قضاوت ذهنی) صورت می‌پذیرد؛ اما در مدل FANP برای بررسی رابطه بین اهداف مطالعه و ابعاد نشانگر موضوع، از درصد تغییراتی که هریک از عوامل استخراج‌شده در تحلیل عاملی توضیح می‌دهند به‌عنوان معیاری برای محاسبه

ضریب اهمیت آن‌ها در مقایسه‌های دودویی استفاده می‌شود؛ یعنی در ساخت ماتریس مقایسه دودویی A_{21} بجای استفاده از مقیاس ۹ کمیتی ساعتی از درصد تغییراتی که هریک از عوامل توضیح می‌دهند، استفاده می‌شود (جدول ۷).

جدول۷: بردار W_{21}

	میانگین هندسی	F4	F3	F2	F1	عوامل		درصد تغییرات
۰.۳۸۱	۱.۷۰۵	۳.۳۱۴	۲.۲۴۹	۱.۱۳۵	۱	F1		۳۵.۹۶۴
۰.۳۳۵	۱.۵۰۲	۲.۹۱۹	۱.۹۸۱	۱	۰.۸۸۱	F2		۳۱.۶۹۷
۰.۱۶۹	۰.۷۵۸	۱.۴۷۴	۱	۰.۵۰۵	۰.۴۴۵	F3		۱۵.۹۹۴
۰.۱۱۵	۰.۵۱۵	۱	۰.۶۷۹	۰.۳۴۳	۰.۳۰۲	F4		۱۰.۸۹۳

محاسبه ماتریس W_{32}

عناصر ماتریس W_{32} ارتباط بین عوامل و شاخص‌های آن‌ها را نشان می‌دهد. در مدل FANP بارهای عاملی متغیرها (ضرایب همبستگی متغیرها با عوامل) به‌عنوان میزان اهمیت آن‌ها در ماتریس مقایسه دودویی $[A_{32}]$ ،در نظر گرفته می‌شوند. با توجه به اینکه، به‌جای تشکیل ماتریس مقایسه دودویی می‌توان ضریب اهمیت را مستقیماً از طریق نرمالیزه کردن بردار ذی‌ربط به‌دست آورد، بنابراین، بردار وزن عناصر مربوط به عوامل از طریق نرمالیزه کردن بار عاملی شاخص‌های آن‌ها به دست می‌آید (جدول ۸).

جدول۸ : ماتریس W_{32}

	AUS	PCUF	COMI	GEF
AWR	۰.۱۵۷	۰	۰	۰
AGS	۰.۱۷۸	۰	۰	۰
AFS	۰.۵۵۳	۰	۰	۰
AT	۰.۳۵۱	۰	۰	۰
DPS	۰.۵۹	۰	۰	۰
DRB	۰.۲۶۴	۰	۰	۰
RSN	۰.۱۸۱	۰	۰	۰
AHU	۰	۰.۱۷۷	۰	۰
NF	۰	۰.۱۸۶	۰	۰
BR	۰	۰.۱۲۹	۰	۰
OB	۰	۰.۳۸۴	۰	۰
OL	۰	۰.۱۶۵	۰	۰
NH	۰	۰	۰.۴۷۷	۰
NFS	۰	۰	۰.۱۶۰	۰
NS	۰	۰	۰.۱۲۸	۰
NP	۰	۰	۰.۱۷۱	۰
ES	۰	۰	۰	۰.۱۵۳

محاسبه ماتریس W_{33}

عناصر ماتریس W_{33}، وابستگی درونی بین شاخص‌های تشکیل‌دهنده هر یک از عوامل را نشان می‌دهند. در مدل FANP قدر مطلق ضریب همبستگی بین متغیرهای هر عامل به‌عنوان نشانگر میزان اهمیت آن‌ها در ماتریس مقایسه دودویی معیارها در نظر گرفته می‌شوند (زبردست، ۱۳۹۳). با توجه به اینکه، بجای تشکیل ماتریس مقایسه دودویی می‌توان ضریب اهمیت را مستقیماً از طریق نرمالیزه کردن بردار ذی‌ربط به‌دست آورد، بدین ترتیب ماتریس W_{33} محاسبه می‌شود[1](جدول۹).

جدول۹: بار عاملی شاخص‌های عامل اول (الف) و ضریب اهمیت شاخص‌های عامل اول(ب)

		AWR	AGS	AFS	AT	DPS	DRB	RSN
الف) بار عاملی شاخص‌های عامل اول AUS	AWR	۱	۰.۳۸۸	۰.۰۸۷	۰.۰۶۸	۰.۱۸۱	۰.۴۲۲	۰.۸۸۷
	AGS	۰.۳۸۸	۱	۰.۰۸۱	۰.۲۰۰	۰.۷۹۴	۰.۸۹۴	۰.۳۲۲
	AFS	۰.۰۸۷	۰.۰۸۱	۱	۰.۵۱۴	۰.۳۴۳	۰.۱۲۹	۰.۲۵۴
	AT	۰.۰۶۸	۰.۲۰۰	۰.۵۱۴	۱	۰.۳۷۷	۰.۴۶۳	۰.۱۰۴
	DPS	۰.۱۸۱	۰.۷۹۴	۰.۳۴۳	۰.۳۷۷	۱	۰.۶۱۵	۰.۱۳۱
	DRB	۰.۴۲۲	۰.۸۴۹	۰.۱۲۹	۰.۴۶۳	۰.۶۱۵	۱	۰.۴۵۰
	RSN	۰.۸۸۷	۰.۳۲۲	۰.۲۵۴	۰.۱۰۴	۰.۱۳۱	۰.۴۵۰	۱
		AWR	AGS	AFS	AT	DPS	DRB	RSN
ب) ضریب اهمیت شاخص‌های عامل اول AUS	AWR	۰.۱۲۸	۰.۰۴۲	۰.۰۱۸	۰.۰۱۲	۰.۰۲۳	۰.۰۴۷	۰.۱۰۴
	AGS	۰.۰۴۹	۰.۱۰۹	۰.۰۱۶	۰.۰۳۶	۰.۱۰۱	۰.۰۹۶	۰.۰۳۸
	AFS	۰.۰۱۱	۰.۰۰۹	۰.۲۰۳	۰.۰۹۲	۰.۰۴۴	۰.۰۱۵	۰.۰۳۰
	AT	۰.۰۰۹	۰.۰۲۲	۰.۱۰۴	۰.۱۷۹	۰.۰۴۸	۰.۰۵۲	۰.۰۱۲
	DPS	۰.۰۲۳	۰.۰۸۷	۰.۰۷۰	۰.۰۶۸	۰.۱۲۸	۰.۰۶۹	۰.۰۱۵
	DRB	۰.۰۵۴	۰.۰۹۳	۰.۰۲۶	۰.۰۸۳	۰.۰۷۹	۰.۱۱۳	۰.۰۵۳
	RSN	۰.۱۱۳	۰.۰۳۵	۰.۰۵۲	۰.۰۱۹	۰.۰۱۷	۰.۰۵۱	۰.۱۱۷

پس از محاسبه عناصر تشکیل‌دهنده سوپر ماتریس اولیه، آن‌ها را در سوپر ماتریس اولیه جایگزین می‌کنیم تا سوپر ماتریس موضوع به‌دست آید. سوپر ماتریس به‌دست‌آمده موزون است (جمع عناصر ستون آن برابر با ۱ است)، پس آن را به حد می‌رسانیم تا ضریب اهمیت نسبی شاخص‌ها به‌دست آید. ضریب اهمیت شاخص‌ها از ستون هدف در سوپر ماتریس حد قابل استحصال است. این بردار را نرمالیزه می‌کنیم تا اهمیت نسبی شاخص‌ها به‌دست آید (جدول ۱۰).

۱. به دلیل محدویت صفحه فقط محاسابات مربوط به عامل اول آورده شده است.

جدول۱۰: وزن شاخص‌های به‌دست آمده از مدل FANP

عامل	اختصار	ضریب اهمیت	شاخص	اختصار	ضریب اهمیت
دسترسی به خدمات شهری	AUS	۰.۳۸۱	دسترسی به معابر دارای عرض مناسب	AWR	۰.۰۲۰۶
			دسترسی به فضای سبز	AGS	۰.۰۰۹۶
			دسترسی به ایستگاه آتش‌نشانی	AFS	۰.۰۵۷۵
			دسترسی به کاربری‌های درمانی	AT	۰.۰۳۰۴
			فاصله مناسب از پمپ‌بنزین	DPS	۰.۰۳۷۱
			فاصله مناسب از معابر دارای پل	DRB	۰.۰۶۵۵
			نقش شبکه معابر	RSN	۰.۱۳۱۵
ویژگی‌های کالبدی بافت	PUCF	۰.۳۳۵	دانه‌بندی قطعات	AHU	۰.۰۱۱۵
			تعداد طبقات	NF	۰.۰۶۵۴
			مقاومت ساختمان	BR	۰.۰۱۶۶
			قدمت ساختمان	OB	۰.۰۷۳۱
			سطح اشغال	OL	۰.۱۱۶۲
تداوم عمل زیرساخت‌های حیاتی	COMI	۰.۱۶۹	تعداد بیمارستان در هر کیلومترمربع	NH	۰.۰۵۷۵
			تعداد ایستگاه آتش‌نشانی در هر کیلومترمربع	NFS	۰.۰۶۸۴
			تعداد مدارس در هر کیلومترمربع	NS	۰.۰۹۰۱
			تعداد ایستگاه پلیس در هر کیلومترمربع	NP	۰.۱۰۸۰
خصوصیات زمین بستر	GEF	۰.۱۱۵	شیب زمین	ES	۰.۰۴۱۰

نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که عامل دسترسی به خدمات شهری با ضریب اهمیت ۰.۳۸۱ و عامل ویژگی‌های کالبدی با ضریب اهمیت ۰.۳۳۵ بیشترین تأثیر را برتاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران داشتند و در میان شاخص‌ها نیز شاخص نقش شبکه معابر با ضریب ۰.۱۳۱۵ و سطح اشغال با ضریب ۰.۱۱۶۲ بیشترین تأثیر را برتاب آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران دارند.

در مرحله بعد، پس از تعیین عامل‌های مهم در مفهوم تاب‌آوری کالبدی از طریق تحلیل عاملی و پی‌بردن به اهمیت هر یک از عامل‌ها و شاخص‌ها از طریق فرایند تحلیل شبکه، میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران با استفاده از مدل ویکور موردسنجش قرار گرفت. روش ویکور با استفاده از ۱۷ شاخص منتخب انجام شد. نخست ماتریسی دارای ۶ ناحیه منطقه ۱۲ شهر تهران به‌عنوان ردیف‌های ماتریس و ۱۷ شاخص بعد کالبدی تاب‌آوری شهری به‌عنوان ستون‌های ماتریس، به‌عنوان ماتریس اولیه اطلاعات تشکیل گردید. ماتریس تصمیم باید بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده و مراحل خاص مدل ویکور بی مقیاس گردد که برای این کار از روش نرم استفاده گردید. در مرحله بعد وزن‌های به‌دست‌آمده از مدل FANP در مدل ویکور جایگذاری شد تا ماتریس وزن‌دار به دست آید. در نهایت میزان شاخص مطلوبیت (S_i) ،شاخص نارضایتی (R_i) و مقدار Q برای هر ناحیه محاسبه شد (جدول ۱۱).

جدول۱۱: میزان شاخص مطلوبیت، نارضایتی، مقدار ویکور و رتبه نهایی

				رتبه
ناحیه ۱	۰.۳۸۱۰	۰.۰۶۴۸	۰.۰۰۱	۲
ناحیه ۲	۰.۴۷۲۸	۰.۱۰۳۲	۰.۴۷۰	۳
ناحیه ۳	۰.۵۸۷۹	۰.۱۳۱۵	۰.۹۳۵	۶
ناحیه ۴	۰.۴۸۰۷	۰.۱۱۶۲	۰.۵۸۹	۴
ناحیه ۵	۰.۶۱۸۶	۰.۱۰۸۰	۰.۸۱۴	۵
ناحیه ۶	۰.۳۸۰۵	۰.۰۶۸۴	۰	۱

تحلیل ناشی از ارزیابی نواحی منطقه ۱۲ ازنظر تاب‌آوری کالبدی بر اساس مدل ویکور نشان داد که تفاوت زیادی از لحاظ تاب‌آوری کالبدی در بین نواحی منطقه ۱۲ شهر تهران وجود دارد. به‌طورکلی بر اساس محاسبات صورت گرفته مشخص شد که ناحیه ۶ با Q_i =۰ ، R_i =۰.۰۶۴۸ و S_i =۰.۳۸۰۵ تاب‌آورترین ناحیه منطقه ۱۲ شهر تهران است و پس‌از آن ناحیه ۱ با Q_i =۰.۰۰۱ ، R_i =۰.۰۶۴۸ و S_i =۰.۳۸۱۰ بیشترین میزان تاب‌آوری را به‌خود اختصاص داد. به‌طورکلی این دو ناحیه منطبق بر بخش شمالی منطقه می‌باشد. در این مطالعه ناحیه ۳ با Q_i =۰.۹۳۵ ، R_i =۰.۱۳۱۵ و S_i = ۰.۵۸۷۹ دارای کم‌ترین میزان تاب‌آوری بود. این ناحیه منطبق بر هسته اولیه شهر تهران (که در دوره صفویه از دو محله سنگلج و سیروس تشکیل‌شده) و بازار تهران با جمعیت شناور بیش از یک و نیم میلیون نفری می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر کم بودن میزان تاب‌آوری این ناحیه را می‌توان در ارتباط با قدمت زیاد این ناحیه جست‌وجو کرد. به‌طورکلی بعد از ناحیه ۶ و ۱ به ترتیب نواحی ۲، ۴، ۵ و ۳ ازنظر میزان تاب‌آوری کالبدی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. به‌عبارت‌دیگر هر چه از قسمت‌های شمالی منطقه به‌طرف جنوب حرکت کنیم از میزان تاب‌آوری منطقه کاسته می‌شود. واکنش هر نوع بافت شهری در هنگام وقوع زمین‌لرزه در قابلیت‌های گریز و پناه‌گیری ساکنان، امکانات کمک‌رسانی، چگونگی پاک‌سازی و بازسازی و حتی اسکان موقت دخالت مستقیم دارد. لذا دامنه تأثیر این ویژگی‌ها نه‌تنها در طراحی ساختمان‌ها، بلکه در طراحی و برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران نیز گسترده شده است. ابعاد کالبدی را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابعاد در کاهش اثرات زلزله دانست. تاب‌آور ساختن شهرها در این بعد راهی مناسب و کارا جهت تقویت ساختار شهر برای مقابله با بحران‌ها و مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی است. دسترسی به فضاهای باز عمومی (پارک‌ها) حکایت از وجود معضل در این منطقه دارد. نقش فضاهای باز به‌عنوان تغییردهنده الگوی بافت منطقه در کاهش آسیب‌های وارد به کالبد، در این منطقه بسیار ضعیف است؛ و فقط در چند نقطه مانند پارک شهر و پارک‌های سه‌گانه شمال محور شوش متمرکزشده و دیگر بافت‌های متراکم منطقه از فضاهای سبز و باز تهی است. کاهش تعداد و بخصوص وسعت این فضاها، موجب شکل‌گیری الگوی فشرده در بافت منطقه ۱۲ شده است. این الگو امکان وقوع خسارت به مکان‌های دارای پایداری را افزایش می‌دهد و به‌این‌ترتیب از ضریب تاب‌آوری منطقه می‌کاهد. به‌علاوه این فضاها به‌عنوان یکی از عوامل تسهیل‌کننده در نجات و امدادرسانی مطرح است. الگوی فشرده و کاهش تعداد فضای باز فرایند امداد و نجات را نیز با کندی مواجه خواهد ساخت. بررسی کاربری‌های عمده

مانند ایستگاه آتش‌نشانی، پلیس و کاربری‌های درمانی از عدم تعادل در توزیع و پراکنش این خدمات در سطح منطقه و به‌تبع آن کاهش دسترسی و درنتیجه عدم واکنش سریع به هنگام بروز بحران حکایت دارد. وجود مدارس، پمپ‌بنزین و ایستگاه‌های تقویت فشار برق و گاز، انبارهای شیمیایی و کالاهای قابل اشتعال بخصوص در محدوده ناصرخسرو سبب ایجاد شرایط مخاطره‌آمیز در صورت وقوع زلزله خواهد شد. از طرف دیگر اکثر معابر منطقه دارای عرض کم‌تر از شش متر و محلی می‌باشند بنابراین در هنگام وقوع زلزله به‌واسطه ریزش ساختمان‌ها مسدود می‌شوند و امکان تردد عملاً کاهش می‌یابد. بررسی الگوی بافت شهری منطقه ۱۲ نشان می‌دهد که قطعه‌بندی اراضی منطقه، ریزدانه است و معابر در بافت این منطقه، شبکه نامنظم را شکل داده است. این امر بخصوص در ناحیه ۳ و چهار شدیدتر است. نحوه قرارگیری فضاهای باز در درون قطعات نیز الگویی نامنظم را به وجود آورده است. از سوی دیگر، در این منطقه به دلیل مهاجرت افراد از شهرهای دیگر و اقامت در سکونت‌گاه‌های موقت باعث شده است تا نسبت به ارتقاء سکونت‌گاه‌ها اقدام نشود که این امر فرسودگی بیشتر این منطقه را به ارمغان آورده است. در این منطقه به دلیل قرارگیری بازار، طیف وسیعی از فعالیت‌ها، ادارات مرکزی و دفاتر صنایع بزرگ مستقر است. ساختار اقتصادی منطقه عمدتاً بر فعالیت‌های تجاری، بازرگانی و صنعت ساخت استوار است. علاوه بر این تعدادی از وزارتخانه‌ها و ساختمان‌های مهم دولتی نیز در این منطقه قرار دارند. تمرکز حجم انبوهی از فعالیت‌ها تولیدی، تجاری و خدماتی، ضمن افزایش تراکم جمعیت موقت، در تلفیق با افزایش شرایط فرسودگی منطقه استانداردهای ایمنی منطقه را کاهش داده است. به‌طوری‌که می‌توان گفت با وقوع زلزله بخصوص در طول روز، به دلیل کثرت مراجعه‌کنندگان و شرایط فرسودگی منطقه، تعداد آسیب‌دیدگان در مراحل اولیه زلزله بیشتر و در مراحل بعدی مدیریت بحران امکان امدادرسانی کاهش می‌یابد که این نیز به‌نوبه خود موجب کاهش تاب‌آوری منطقه می‌شود؛ بنابراین سکونت‌گاه‌های منطقه ۱۲ شهر تهران با توجه به قدمت بناها و مصالح به‌کاررفته در آن‌ها، دسترسی‌های کم‌عرض، قطعه‌بندی ریزدانه و افزایش سطح اشغال و کمبود فضای باز که همگی زمینه‌ها و عوامل تهدیدکننده جان انسان‌های ساکن این منطقه است، در تقابل با تاب‌آوری شهری قرار دارند.

نتیجه‌گیری

امروزه «تحلیل و افزایش تاب‌آوری نسبت به سوانح طبیعی» به حوزه‌ای مهم و گسترده تبدیل‌شده است به‌طوری‌که در حال حاضر از حرکت هم‌زمان و متقابل توسعهٔ پایدار و مدیریت سوانح به سمت افزایش تاب‌آوری بحث می‌شود. بر این اساس، تحلیل و افزایش تاب‌آوری سیستم‌های انسانی و محیطی در برابر سوانح طبیعی در مسیر نیل به آرمان توسعهٔ پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. در سطح جهانی، تغییرات چشمگیری در نگرش نسبت به مخاطرات دیده می‌شود، به‌طوری‌که دیدگاه غالب از تمرکز بر روی صرفاً کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر پیداکرده است. بر اساس این نگرش برنامه های کاهش مخاطرات، باید به دنبال ایجاد و تقویت ویژگی‌های جوامع تاب‌آور باشند و در زنجیره مدیریت سوانح به مفهوم تاب‌آور توجه نمایند. ورود واژه تاب‌آوری به مباحث مدیریت سوانح از سال ۲۰۰۵ در کنفرانس هیوگو مطرح شد و به‌تدریج در هر دو زمینه نظری و عملی کاهش خطرات سوانح، جایگاه بیشتری را به خود اختصاص داد. در سال‌های اخیر مفاهیمی چون جوامع تاب‌آور، معیشت

تاب‌آور و ایجاد جوامع تاب‌آور به‌صورت معمول در مقالات علمی مورداستفاده قرارگرفته‌اند. به علت عدم پیش‌بینی کامل آسیب‌پذیری سیستم‌های اجتماعی، فراهم کردن ارزیابی‌های جامع و کلی‌نگر در مقابل مخاطرات، تاب‌آوری می‌تواند به‌عنوان توانایی سازگاری سیستم‌ها در برابر تغییرات، بدون فروپاشی در هنگام سوانح مطرح شود. علیرغم توجهات اخیر استفاده فراوان از واژه تاب‌آوری در حوزه‌های مختلف، درک نظری و علمی محدودی از این مفهوم در ارزیابی اندازه‌گیری و یا ایجاد آن وجود دارد. بسیاری از تناقضات موجود بر سر معنای تاب‌آوری از تمایلات شناختی، روش‌های متدولوژیک و تفاوت‌های مفهومی بنیادی موجود و همچنین دیدگاه‌هایی که بر تحقیق در سیستم‌های اکولوژیکی، اجتماعی و یا ترکیبی از هر دو تمرکز می‌کنند ناشی می‌شود.

با توجه به مباحث مطرح‌شده سؤال اصلی که این پژوهش به دنبال پاسخگویی به آن بود این است که «وضعیت منطقه ۱۲ شهر تهران از لحاظ پارامترها و مؤلفه‌های بعد کالبدی تاب‌آوری به چه صورت است؟» پاسخ به این سؤال، پایه و اساس نظری و روش‌شناسی لازم برای تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران را فراهم کرد. نتایج حاصل از تحلیل عاملی نشان داد که می‌توان ۱۷ شاخص تاب‌آوری کالبدی در چهار عامل خلاصه کرد به‌طوری‌که در میان عوامل، عامل دسترسی به خدمات اصلی و ویژگی‌های کالبدی بیشترین تأثیر را در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران داشتند. با جایگذاری بارهای عاملی به‌دست‌آمده از تحلیل عاملی در فرایند تحلیل شبکه ضریب اهمیت شاخص‌ها به دست آمد به‌طوری‌که شاخص‌های نقش شبکه معابر و سطح اشغال در بین شاخص‌های هفده‌گانه بیشتر تأثیر را بر میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران داشتند. درنهایت، نتایج حاصل از مدل ویکور برای سنجش میزان تاب‌آوری منطقه ۱۲ نشان داد که نواحی شش‌گانه منطقه ۱۲ شهر تهران از لحاظ میزان تاب‌آوری کالبدی در سطوح متفاوتی قرار دارند به‌طوری‌که نواحی ۶ و ۱ دارای بیشترین میزان تاب‌آوری بودند؛ و پس‌ازآن های به ترتیب نواحی ۲، ۴،۵ و ۳ دارای کم‌ترین میزان تاب‌آوری بودند. به‌طورکلی هر چه از شمال منطقه به‌طرف جنوب حرکت کنیم از میزان تاب‌آوری منطقه کاسته می‌شود به‌خصوص ناحیه ۳ که دارای کم‌ترین میزان تاب‌آوری بوده و منطبق بر هسته اولیه شهر تهران و بازار تهران است به‌عبارت‌دیگر پایین بودن میزان تاب‌آوری در این ناحیه را می‌توان در این عامل جست‌وجو کرد.

کتابشناسی

۱. **بحرینی، حسین (۱۳۷۵)؛ برنامه‌ریزی کاربری زمین در مناطق زلزله‌خیز نمونه موردی شهرهای منجیل لوشان و رودبار، تهران: بنیاد مسکن انقلاب اسلامی؛**

۲. **حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد؛ مشکینی، ابوالفضل؛ عسگری، علی و نظری عدلی، سعید (۱۳۸۷)؛ تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و Fuzzy Logic، نشریه هنرهای زیبا، شماره ۳۳، صص ۲۷-۳۶؛**

۳. **رضایی، محمدرضا (۱۳۹٤)؛ سنجش و ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی اجتماع های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ٤٧، شماره ٤، صص ٦٢٣-٦٠٩؛**

٤. **رضایی، محمدرضا. تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به‌منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله)؛ مطالعه موردی کلاتشهر**

تهران، رساله دوره دکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۹؛

۵. رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزگار، اکبر و شایان، سیاوش (۱۳۸۹)؛ تبیین مفهـومی تـاب‌آوری و شاخص سازی آن در مدیریت بحران سوانح اجتماع‌محور (**CBDM**)، نشریه برنامه‌ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)، دوره ۱، شماره ٤، صص ٤١-١٩؛

٦. زبردست، اسفندیار (١٣٨٦)؛ درس‌نامه روش‌های برنامه‌ریزی شهری، دانشکده شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران؛

۷. زبردست، اسفندیار (۱۳۹۳)؛ کاربرد مدل **FANP** در شهرسازی، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، دوره ۱۹، شمار ۲، صص ۲۳-۳۸؛

۸. زیاری، کرامت الله؛ داراب خانی، رسول (۱۳۸۹)؛ بررسی آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله (موردمطالعه: منطقه ۱۱ شهرداری تهران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ٤، صص ٤٨-۲۵؛

۹. شریف زادگان، محمدحسین؛ فتحی حمید (۱۳۸۷)؛ طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مجله صفه، دوره ۱۷، شماره ٤٦، ١٢٤-١٠٩؛

۱۰.شریف‌نیا، فاطمه(۱۳۹۱)؛ بررسی رابطه کاربری زمین شهری و میزان تاب‌آوری در برابر زلزله و ارائه راهکارها در زمینه برنامه‌ریزی شهری نمونه موردی: منطقه ۱۰ تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته شهرسازی، دانشکده شهرسـازی، دانشگاه تهران؛

۱۱.عزیزی، محمدمهدی؛ اکبری، رضا (۱۳۸۷)؛ ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله با بکارگیری روش تحلیل سلسه‌مراتب مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیای، نشریه هنرهای زیبا، شماره ٣٤، صص ٣٦-۲۵؛

۱۲.فرزاد بهتاش، محمدرضا (۱۳۹۱)؛ ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری شهر تبریـز، رسـاله دکتـری رشـته شهرسازی، دانشکده شهرسازی، دانشگاه هنر تبریز؛

13. **Allan, p., Bryant, M. (2010),The Critical role of Open Space in Earthquake Recovery: A Case study, NZSEE Conference, Victoria university of Wellington, Wellington New Zealand;**
14. **Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012), L Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2, 25-36;**
15. **Asadzadeh, A., Kötter, T., & Zebardast, E. (2015), an augmented approach for measurement of disaster resilience using connective factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. International Journal of Disaster Risk Reduction, 14, 504-518;**
16. **Batabyal, A. A. (1998), on some aspects of ecological resilience and the conservation of species. Journal of Environmental Management, 52(4), 373-378;**
17. **Burton. C. G. (2012),The Development of Metrics for Community Resilience to Natural Disasters, Ph.D. Thesis, Geography college of Arts and Sciences, University of South Carolina;**
18. **Colten, C.E. et al. (2008), Community resilience: lessons from New Orleans and Hurricane Katrina, CARRI Research Report 3, Community and Regional Resilience Initiative, pp.1-5;**
19. **Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008), A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global environmental change, 18(4), 598-606;**
20. **Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010), Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. Journal of Homeland Security and Emergency Management, 7(1), 14;**
21. **Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002), Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. AMBIO: A journal of the human environment, 31(5), 437-440.**
22. **Godschalk, D. R. (2003), urban hazard mitigation: creating resilient cities. Natural hazards review, 4(3), 136-143;**

23. **Holling, C. S. (1973), Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics, 4, 1-23;**
24. **Johnson, J. L., & Wiechelt, S. A. (2004), Introduction to the special issue on resilience. Substance Use & Misuse, 39(5), 657-670;**
25. **Klein, R. J., Nicholls, R. J., & Thomalla, F. (2003), Resilience to natural hazards: How useful is this concept? Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards, 5(1), 35-45;**
26. **Kobe city council. (2008), Lessons Learned from the great Hanshin Awaji earthquake case, Kobe, Japan;**
27. **León, J., & March, A. (2014), urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile. Habitat International, 43, 250-262.**
28. **Mahdinia, M. H., Reicher, C., & Greiving, S. (2016), Analyzing of resilience components in Iran (case study: Mashhad metropolitan). International Journal of Humanities and Cultural Studies (IJHCS) ISSN 2356-5926, 3(1), 774-788;**
29. **Mayunga.J.S. (2007), Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital based approach. A draft working paper prepared for the summer academy for social vulnerability and resilience building,22-28 July 2007, Munich;**
30. **Mitchell, T., & Harris, K. (2012), Resilience: A risk management approach. ODI Background Note. Overseas Development Institute: London;**
31. **Normandin, J. M., Therrien, M. C., & Tanguay, G. A. (2009), City strength in times of turbulence: strategic resilience indicators. In Proc. of the Joint Conference on City Futures, Madrid (pp. 4-6);**
32. **Opricovic, S., & Tzeng, G. H. (2007), Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. European journal of operational research, 178(2), 514-529;**
33. **Ramachandrana, L., & Alagumurthib, N. (2013), Lean manufacturing facilitator selection with VIKOR under fuzzy environment. International Journal of Current Engineering and Technology, 3(2), 2277-4106;**
34. **San Francisco Department Building Inspection. (2011), under the community Action Plan for Seismic Safety (CAPSS) Project. Here today- Here tomorrow: The road to Earthquake Resilience in San Francisco a Community Action Plan for Seismic Safety. Community Action Plan for Seismic Safety. USA;**
35. **Teo, M., Goonetilleke, A., & Ziyath, A. M. (2015), an integrated framework for assessing community resilience in disaster management. In Proceedings of the 9th Annual International Conference of the International Institute for Infrastructure Renewal and Reconstruction (8-10 July 2013) (pp. 309-314). Queensland University of Technology;**
36. **Vale, L. J., & Campanella, T. J. (2005), the resilient city: How modern cities recover from disaster. Oxford University Press;**
37. **Verrucci, E., Rossetto, T., Twigg, J., & Adams, B. J. (2012), Multi-disciplinary indicators for evaluating the seismic resilience of urban areas. In Proceedings of 15th world conference earthquake engineering, Lisbon;**
38. **Zimmerman, R. (2001), 'Resiliency, vulnerability, and criticality of human systems. In Research theme from the New York University Workshop on Learning from Urban Disasters;**
39. **Zebardast, E. (2013), constructs a social vulnerability index to earthquake hazards using a hybrid factor analysis and analytic network process (F'ANP) model. Natural hazards, 65(3), 1331-1359**.