

تحلیل ساختاری تاب آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل

مطالعه موردی: منطقه ۴ کلان شهر تهران^۱

تاریخ دریافت مقاله: ۴۰۲/۰۵/۰۷ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۴۰۲/۰۸/۰۱

بهجت تدین (دانشجوی دکتری تخصصی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران)
مجید شمس* (استاد گروه جغرافیا، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران)
محمدعلی خلیجی (استادیار گروه شهرسازی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران)

چکیده

تقلیل میزان آسیب پذیری ها و بحران های انسان ساخت و بالا بردن سطح انعطاف پذیری محیط کالبدی شهرها در برابر تنش های ناشی از بروز تهدید و نیز به حداقل رساندن زمان بازتوانی، همچنین ارتقا و بهبود بخشی سطح زندگی افراد و به طور کلی، تاب آور ساختن شهرها در برابر تهدیدها، از جمله مهم ترین عواملی است که می بایست در شهرها مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، این مقاله کوشیده است با روش تحلیل ساختاری، محرک های تاب آوری کالبدی منطقه کلان شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل را بازشناسی و خوشه بندی کند. داده های نظری با روش اسنادی و داده های تجربی با روش پیمایشی بر پایه تکنیک دلفی تهیه شده است. جامعه آماری ۲۰ نفر از خبرگان شهری بر اساس نمونه گیری گلوله برفی می باشد. ۴۸ محرک احصاء و شناسایی گردید که با روش تحلیل اثرات متقابل ساختاری در نرم افزار MICMAC پردازش شده است. یافته ها حاکی از آن است که محرک های حفاظت از امکانات و زیرساخت های عمومی، دسترسی به نهادهای امداد رسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به شبکه معابر اصلی، شعاع دسترسی به فضاهای باز، دسترسی به آتش نشانی، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت و ساز، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، بازسازی و بهسازی ساختمان های ناپایدار، وجود مراکز اسکان موقت در منطقه، عدم قرارگیری کاربری های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران، تعداد و سطح پوشش بیمارستان ها و درمانگاه های محدوده، قابلیت نفوذپذیری و رعایت ماتریس های ظرفیت، مطلوبیت و سازگاری در برنامه ریزی کاربری اراضی منطقه به عنوان کلیدی ترین عوامل بر روند آینده تاب آوری کالبدی منطقه ۴ با رویکرد پدافند غیرعامل انتخاب شدند.

واژه های کلیدی: تحلیل ساختاری، تاب آوری کالبدی، پدافند غیرعامل، منطقه ۴، کلان شهر تهران.

^۱. این مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات می باشد.

* نویسنده رابط: fazelman362@yahoo.com

مقدمه

امروزه سوانح طبیعی و غلبه بر مخاطرات محیطی و انسان‌ساز برای جوامع شهری به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، به یک چالش کلیدی تبدیل شده است (Chen et al., 2021). وقوع مخاطرات محیطی، امروزه به‌عنوان پدیده‌ای تکرارپذیر در این کشورها بوده که در برخی از موارد با آسیب‌های شدید مادی و معنوی همراه است؛ به همین دلیل اندیشمندان، متخصصان دانشگاهی و برنامه‌ریزان تلاش می‌کنند با مبنا قرار دادن رویکردها و الگوهای مختلف، با تدوین برنامه‌ریزی‌های مناسب در راستای کاهش خسارات بلایای طبیعی گام بردارند (Roberts & Sim, 2020). مانند برنامه ۱۰۰ شهر تاب‌آور که توسط بنیاد راکفلر راه‌اندازی شد، اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ (SDGs) صادر شده توسط سازمان ملل متحد، و دستور کار "شهرهای تاب‌آور" که در کنفرانس زیستگاه سازمان ملل متحد (Croese & Morgan, 2020; Ma et al., 2020) با افزایش فشار و تهدیدها بر شهرها، تاب‌آوری شهری بهبود می‌یابد (Acuti & Manetti, 2020) بنابراین در دنیای امروز ضرورت دارد که رویکرد دفاعی و امنیتی به نظام مدیریت و برنامه‌ریزی شهری تسری داده شود، امروزه عمدتاً شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که به لحاظ مخاطرات محیطی در معرض وقوع انواع مخاطرات طبیعی و یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع مخاطرات انسان‌ساخت هستند (Xun & Yuan, 2020). نگاهی که تاکنون در مدیریت مخاطرات و مدیریت شهری وجود داشته، بیشتر نگاه مقابله‌ای و کاهش مخاطرات بوده است. در این میان، مفهوم تاب‌آوری، مفهوم جدیدی است که بیشتر در مواجهه با ناشناخته‌ها و عدم قطعیت‌ها به کار برده می‌شود (فرزاد بهتاش و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳). این مفهوم به یک اجماع جهانی جهت دستیابی به توسعه شهری پایدار تبدیل شده است (Wardekker et al, 2020: 3). در حال حاضر، تاب‌آوری در شهرها با در نظر گرفتن شهرها به‌عنوان سیستم‌های پیچیده، با اجزای به هم وابسته، تعریف می‌شود (Mera & Balijepalli, 2020). ساختارهای معماری، جمعیت، تمرکز، مراکز تجمع و سیستم‌های زیرساختی، اگرچه اجزای تشکیل دهنده شهرها هستند، اما آسیب‌پذیری شهرها را در برابر تهدیدات افزایش می‌دهند (Moore et al., 2020). در این راستا، تقلیل میزان آسیب‌پذیری‌ها و بحران‌های انسان‌ساخت و بالا بردن سطح انعطاف‌پذیری محیط کالبدی شهرها در برابر تنش‌های ناشی از بروز تهدید و نیز به حداقل رساندن زمان بازترانی، همچنین ارتقا و بهبود بخشی سطح زندگی افراد و به‌طور کلی، تاب‌آور ساختن شهرها در برابر تهدید، از جمله مهم‌ترین عواملی است که می‌بایست در شهرها مورد توجه قرار گیرد (Moloney & Doyon, 2021). افزون بر این، تاب‌آوری کالبدی در برابر بحران‌های وارده، دارای دو کیفیت اصلی معرفی شده است. اول، کیفیت ذاتی که شامل عملکردها در شرایط عادی و زمان غیر از بحران می‌شود و دوم، تطبیق‌پذیری در زمان بحران و انعطاف‌پذیری در هنگام پاسخگویی به تهدید، که می‌تواند در سیستم‌های کالبدی شهرها مانند زیرساخت‌ها و سیستم‌های اجتماعی و یا اقتصادی مانند

مؤسسات و سازمانها مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، به‌کارگیری این دو کیفیت اصلی می‌تواند از عوامل افزایش تاب‌آوری کالبدی آن‌ها در برابر تهدید گردد (Fu & Wang, 2021).

در همین راستا، موقعیت جغرافیایی کشور ایران و قرارگیری آن در منطقه حساس و راهبردی-سیاسی جهان، انرژی، ظرفیت بالای تهدیدهای محیطی مرتبط با ساختار زمین‌شناسی و قرارگیری در کمربند زلزله و وجود ده‌ها گسل فعال و همچنین تهدیدهای انسانی مرتبط با موقعیت ژئوپلیتیکی و ژئواکونومیکی، کشور را در دوران مختلف و در ابعاد و اشکال گوناگون با بحران طبیعی و انسانی روبرو کرده است (نوروزی و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۴). در حال حاضر بیش از ۷۰ درصد جمعیت کشور در شهرها ساکن هستند و این روند روزبه‌روز در حال افزایش است که این امر اهمیت پدافند غیرعامل در شهرها را بیش از گذشته نمایان می‌سازد. (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹: ۵۲). در این امتداد منطقه ۴ شهر تهران در میان مناطق ۲۲ گانه تهران وسیع‌ترین و پرجمعیت‌ترین منطقه است این منطقه به دلیل قرار گرفتن مراکز استراتژیک در آن اهمیت خاصی دارد (پناب و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۶۰). در این راستا، به علت تمرکز جمعیتی و خدماتی، استقرار کاربری‌های حساس و مهم شهری، ایوان مؤسسات مالی و بانکی، قرارگیری مراکز درمانی و بهداشتی، یکی از مناطق حیاتی شهر تهران و حتی کشور به حساب می‌آید که در صورت وقع بحران‌های انسانی می‌تواند خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری بر کالبد شهر و شهر وارد کند. پژوهش حاضر درصدد این مهم است تا با کاربست و بهره‌گیری از رویکرد پدافند غیرعامل، به شناسایی نیروهای برانگیزاننده تاب‌آوری کالبدی بپردازد. در همسویی با چنین هدف و ضرورتی، این مقاله محرک‌های مؤثر بر تاب‌آوری منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل شناسایی کرده است. این هدف با طرح و تبیین یک پرسش اصلی ردیابی و مطالعه علمی شده است؛ عوامل یا محرک‌های مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل چه هستند؟

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در دهه‌های اخیر توجه مفهوم تاب‌آوری بسیاری را به‌سوی خود جلب کرده است. بسیاری از علوم نظیر بیولوژی، اکولوژی، علوم جغرافیایی، جامعه‌شناسی و به‌طور فزاینده‌ای، اقتصاد، توجه خاصی به بحث‌های رفتاری و عملکردی مدل‌های پویای غیرخطی با ارجاع به بازخوردهای مثبت و منفی روابط، واکنش‌های تلفیقی و یکپارچه و رفتارهای تطبیقی در این زمینه دارند (Zerbo et al, 2020). برابر متون واکاوی، واژه تاب‌آوری اغلب به مفهوم «بازگشت به گذشته»^۱ به کار می‌رود که از ریشه لاتین *resilio* به معنای «پرش به گذشته» گرفته شده است (Meerow & Newell, 2016). واژه (Resilience) در فرهنگ لغت،

¹. Bouncing back

توانایی بازیابی یا بهبود سریع، تغییر، شناوری و کشسانی، همچنین خاصیت فنری و ارتجاعی ترجمه شده است که البته این واژه‌ها رسایی و گویایی لازم را برای انتقال مفهوم این واژه ندارند، به همین دلیل ترجمه تاب‌آوری به عنوان معادل فارسی این واژه، اصطلاح بهتر و مناسب‌تری است (Satterthwaite, 2020: 143). واژه تاب‌آوری را می‌توان به صورت توانایی بیرون آمدن از شرایط سخت یا تعدیل آن تعریف نمود. در واقع تاب‌آوری ظرفیت افراد برای سالم ماندن و مقاومت و تحمل در شرایط سخت و پرخطر است که فرد نه تنها بر آن شرایط دشوار فائق می‌شود بلکه طی آن و با وجود آن قوی‌تر نیز می‌گردد (Ronan et al, 2005: 3). در زمینه بوم‌شناسی، این کلمه در پی انتشار اثر اصلی هالوئینگ^۱ به نام تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های اکولوژیکی در سال ۱۹۷۳ رواج پیدا کرد (Bundschuh et al, 2017: 2575). سپس ادگر^۲ (۲۰۰۰)، در نظام‌های اجتماعی، کارپنتر^۳ (۲۰۰۱)، در نظام‌های انسانی-محیطی، برکیس^۴ (۲۰۰۳) در نظام‌های اجتماعی-اکولوژیک، برنئو^۵ و همکاران (۲۰۰۳)، در مدیریت بحران کوتاه‌مدت و تیرمن^۶ (۱۹۸۱)، در پدیده‌های بلندمدت مانند تغییرات اقلیمی به کار گرفتند (Ritchie, 2007: 22). تاب‌آوری به ظرفیت‌های سیستم‌های اکولوژیکی برای جذب اختلالات و نیز برای حفظ بازخوردها، فرایندها و ساختارهای لازم و ذاتی سیستم اطلاق می‌شود (Folke, 2006: 438). یا شدت اختلالی که سیستم می‌تواند آن را جذب کند قبل از اینکه ساختار سیستم از طریق تغییر متغیرها و فرایندهایی که رفتار آن را کنترل می‌کنند، به ساختار متفاوتی تبدیل شود. توانایی یک سیستم یا یک جامعه که در معرض خطر است برای مقاومت کردن در برابر آن، اجتناب کردن از آن، جذب کردن، در خود جا دادن (جامعه می‌تواند تا یک سطحی، بحران را تحمل کند، بدون اینکه دچار فروپاشی شود و ساختارش به هم بخورد) (جامعه می‌تواند یک سری از تأثیرات سانحه را در خود جای دهد و بگنجاند) و اینکه باید بتواند به صورت مؤثر و در یک زمان‌بندی مشخص بازسازی انجام دهد (Jabareen, 2014). تاکنون هیچ مجموعه ویژه‌ای از شاخص‌ها با چارچوب‌هایی سازمان‌یافته برای کمی سازی تاب‌آوری سوانح به وجود نیامده است؛ با وجود این، در جامعه علمی، اجماعی وجود دارد مبنی بر اینکه تاب‌آوری، مفهومی چندجانبه و دارای ابعاد اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی است (جدول ۱).

-
1. Holling
 2. Adger
 3. Carpenter
 4. Berkes
 5. Bruneau
 6. Timmerman

جدول ۱- تعریف ابعاد تاب‌آوری

ابعاد	تعاریف نظری
اجتماعی	از تفاوت ظرفیت اجتماعی، در بین جوامع به دست می‌آید. به عبارت دیگر ظرفیت گروه‌های اجتماعی و جوامع در بازیابی یافتن از یا پاسخ مثبت دادن به سوانح است.
اقتصادی	واکنش و سازگاری افراد و جوامع به طوریکه آن‌ها را قادر به کاهش خسارت‌های بالقوه سانه سازد که بیشتر قابلیت حیات اقتصادی جوامع را نشان می‌دهد.
نهادی	حاوی ویژگی‌های مرتبط با تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه سوانح قبلی است. در اینجا تاب‌آوری به‌وسیله 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 تحت تأثیر قرار می‌گیرد.
کالبدی	اساساً ارزیابی واکنش جامعه و ظرفیت بازیابی بعد از سانه نظیر پناهگاه، واحدهای مسکونی خالی یا اجاره‌ای، و تسهیلات سلامتی می‌شود.

منبع: Wardekker et al, 2020; Meerow, 2016

پدافند غیرعامل به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزار خاصی نبوده و به معنای بررسی دفاعی، سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و... شهر در ارتباط با منطقه معنا می‌یابد (Favier and etal, 2012:12). یک شهر خوب و ایمن عامل «انطباق مناسب» و به‌کارگیری اصول پدافند غیرعامل نقش مهمی را ایفا می‌کند (Brandon, 2011: 19) و مجموعه اقدامات غیرمسلحانه که موجب کاهش آسیب‌پذیری نیروی انسانی، ساختمان‌ها، تأسیسات، تجهیزات و شریان‌های حیاتی شهر در برابر حملات نظامی یا مخاطرات طبیعی و انسانی می‌باشد. لذا در پدافند غیرعامل در صورت غفلت معیارهای زیر، موجب آسیب و خسارت زدن به توسعه پایدار می‌گردد و امنیت را نیز به مخاطره می‌اندازد و بر این اساس اصول، روش‌ها و موضوعات اساسی در مبحث پدافند غیرعامل شامل: اخفا- استتار - استحکامات- پوشش- ایجاد سازه‌های امن و مقاوم‌سازی- پراکندگی- تفرقه- فریب و اختلال- دسترسی‌ها- سیستم‌های ردیابی و اعلام خطر- آموزش و فرهنگ‌سازی- پناهگاه‌ها و جان پناه- پدافند در مقابل حملات ویژه- آمایش دفاعی- سلاح شناسی- مکان‌یابی- دفاع غیرنظامی می‌باشد (پورمحمدی و ملکی، ۱۳۹۵: ۶۹).

در مجموع به‌کارگیری اقدامات پدافند غیرعامل، موجب زنده ماندن و ادامه حیات و بقای نیروی انسانی می‌گردد که باارزش‌ترین سرمایه ملی کشور باشد (Cobbinah et al., 2015: 63). دفاع غیرعامل موجب صرفه‌جویی کلان اقتصادی و ارزی در حفظ تجهیزات و تسلیحات بسیار گران‌قیمت نظامی می‌گردد و همچنین مراکز حیاتی را در برابر حملات دشمن حفظ نموده و مقاومت در شرایط بحران و جنگ را ممکن می‌سازد. اقدامات دفاع غیرعامل

موجب تحمیل هزینه بیشتر به دشمن گردیده و آزادی و ابتکار عمل از دشمن سلب می‌کند (Zhou, 2011: 9).

تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل دارای پیشینه علمی محدود اما تجربه پژوهشی نسبتاً متنوعی است. هندی و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی به سنجش تاب‌آوری زیست‌محیطی در سطح محلات منطقه ۱۴ تهران پرداخته‌اند. یافته‌های این تحقیق نشان از پایین بودن سطح تاب‌آوری منطقه از جنبه زیست‌محیطی حکایت داشت. ولیکن از نظر مکانی هرچه به سمت غرب منطقه حرکت می‌کنیم، بر کاهش تاب‌آوری زیست‌محیطی افزوده می‌شود. این موضوع کاملاً با بافت فرسوده در غرب منطقه چهارده شهر تهران انطباق دارد و محلات غربی از بافت ریزدانه، نفوذناپذیر و فرسوده برخوردار هستند. لنگر نشین و همکاران (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای به سنجش شاخص کالبدی-محیطی تاب‌آوری در بافت‌های شهری تهران (مطالعه موردی محلات تجریش، جنت‌آباد شمالی و فردوسی شهر تهران) پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر این بود که شهر تهران و محلات مورد بررسی از لحاظ متغیرهای کالبدی مهم مانند مقدار شریان‌های اصلی برای تخلیه‌های پیش از حادثه و تأمین مواد حیاتی پس از سوانح تاب‌آوری بسیار ضعیفی دارد. حسین زاده دلیر و همکارانش (۱۳۹۸)، در مقاله‌ای با عنوان "مروری بر مفهوم تاب‌آوری شهری" مفهوم تاب‌آوری را در شهر به سه شکل تعریف نمودند: تاب‌آوری آینده‌نگری برای توسعه ظرفیت‌های احتمالی، تاب‌آوری هم‌زمان برای مقابله با حوادث و تاب‌آوری گذشته‌نگر، با تمرکز بر برگشت‌پذیری و بهبودی پس از سانحه. محمدی و پاشازاده (۱۳۹۶)، در پژوهشی با عنوان سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله (شهر اردبیل) به سنجش میزان تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر خطر وقوع زلزله پرداخته‌اند که نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر زلزله کمتر از حد متوسط است، که این امر گویای شرایط نامناسب شهر از نظر تاب‌آوری است. حال در این خصوص بعد کالبدی شهر نسبت بر سایر ابعاد (اقتصادی، اجتماعی و نهادی) از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار بود، هرچند که میانگین بعد کالبدی هم کمتر از حد متوسط است.

لی^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، در مقاله‌ای تحت عنوان مدل‌سازی دینامیک سیستم برای بهبود مقاومت شهری در پکن چین با هدف ساختن ابزاری برای توسعه و انعطاف‌پذیری جامع و آگاهانه برای مدیران و برنامه‌ریزان شهری برای حفظ وضعیت مطلوب بهره‌برداری از شهر و همچنین پاسخگویی مثبت به بحران پرداخته‌اند. نتایج این مقاله نشانگر این بود که رشد تاب‌آوری در شهر پکن سه سال را پشت سر گذاشته است: رشد سریع در دو سال اول که از ۱۰ درصد فراتر رفته، ولی بعد از این سال در ۵ سال گذشته سال روند آن کند گردیده است اما با

^۱. Li

هم در آینده دوباره سوق به افزایش دارد. تجزیه و تحلیل سناریوها نشان داد که کلیه زیر سیستم‌ها به‌جز مؤلفه اقتصادی و اجتماعی به تنظیم سیاست‌های شهری حساس هستند. دارکا^۱ و همکاران (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ی خود با بررسی تجربیات محلی به ارزیابی عوامل تأثیرگذار بر تحقق شاخصه‌های پدافند غیرعامل و تاب‌آوری در شهر کوماسی^۲ غنا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد زمینه‌های شکل‌گیری شهری ایمن از منظر شاخصه‌های پدافند غیرعامل و تاب‌آوری، تحقق رویکرد مشارکت نهادهای دولتی حوزه‌ی مدیریت بحران با اجتماعات محلی و مردم می‌باشد. شریفی و یاماگاتا^۳ (۲۰۱۶) در ارزیابی تاب‌آوری شهری و ابعاد و شاخص‌های آن به این نتیجه رسیدند که رویکرد تکاملی به تاب‌آوری می‌تواند مبانی نظری مناسب‌تری را برای مفهوم‌سازی تاب‌آوری شهری فراهم کند و آن را توانایی آماده‌سازی و برنامه‌ریزی، جذب و رهبری و انطباق بیشتر با وقایع ناخواسته تعریف کردند. برنئو^۴ و همکاران (۲۰۰۴)، در تحقیقی با عنوان چارچوب ارزیابی کمی و بهبود تاب‌آوری جوامع در برابر زلزله، یک چارچوب مفهومی برای تعریف تاب‌آوری جوامع در برابر زلزله ارائه می‌دهند. این چارچوب مفهومی متکی بر اندازه‌گیری تاب‌آوری و مشتمل بر «احتمال کاهش ویرانی‌ها»، «کاهش پیامدهای ناشی از ویرانی‌ها» و «کاهش زمان بازیابی و ریکاوری» است. این چارچوب همچنین شامل چهار بعد، فنی، سازمانی، اجتماعی و اقتصادی در رابطه با تاب‌آوری است که در نهایت به ترسیم نمودار سیستم وظایف مورد نیاز برای رسیدن به اهداف منتهی شده است. رُز^۵ (۲۰۰۴)، در تحقیق با عنوان تعریف و اندازه‌گیری تاب‌آوری اقتصادی در برابر زلزله، به تجزیه و تحلیل تاب‌آوری اقتصادی جوامع در برابر زلزله می‌پردازد و مشخص می‌کند عدم تعادل در تاب‌آوری اقتصادی به رفتار افراد (نحوه تصمیم‌گیری)، بازار و اقتصاد کلان منطقه‌ای بستگی دارد. همچنین در این مقاله پیشرفت‌های عمده مفهومی، عملیاتی و تجزیه و تحلیل سیاست‌گذاری‌ها در ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی فردی و منطقه‌ای در برابر زلزله ارائه شده است. با مرور پیشینه پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل قوام‌بخش این فرضیه است که تا هم‌اکنون پژوهشی با این روش، هم در مطالعات خارجی و هم داخلی صورت نگرفته است که نوآوری این مقاله محسوب می‌شود.

-
1. Darkwah
 2. Kumasi
 3. Yamagata
 4. Bruneau
 5. Rose

مواد و روش تحقیق

این مقاله از نظر روش انجام تحقیق، مقاله‌ای توصیفی-تحلیلی است که به دلیل کاربردپذیری یافته‌ها در هدف جنبه کاربردی دارد. داده‌های نظری با روش اسنادی و داده‌های تجربی به روش پیمایشی تهیه شده است. در تهیه محرک‌های تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل از روش مطالعات اسنادی و داده‌های تجربی روش پیمایشی بر اساس دلفی استفاده شده است. انتخاب گروه دلفی، با روش نمونه‌گیری گلوله برفی بوده است. معیارهای انتخاب خبرگان شامل تسلط نظری، تجربه عملی، تمایل و توانایی مشارکت در پژوهش و دسترسی به آنان است و در تعیین تعداد خبرگان، کسب اطمینان از جامعیت دیدگاه‌ها ملاک بوده است. تعداد خبرگان شرکت کننده در دلفی عموماً بین ۱۴ تا ۲۰ نفر تعیین شده و با توجه به معیارهای فوق، تعداد ۲۰ نفر از خبرگان و متخصصان مراکز دانشگاهی و پژوهشی، برای شرکت در پژوهش انتخاب شده است. در پردازش اطلاعات از روش تحلیل اثرات متقابل ساختاری در نرم‌افزار MICMAC استفاده شده است. با استفاده از روش دلفی تعداد ۴۸ محرک اولیه شناسایی شده است (جدول ۲).

جدول ۲- محرک‌های اولیه تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل

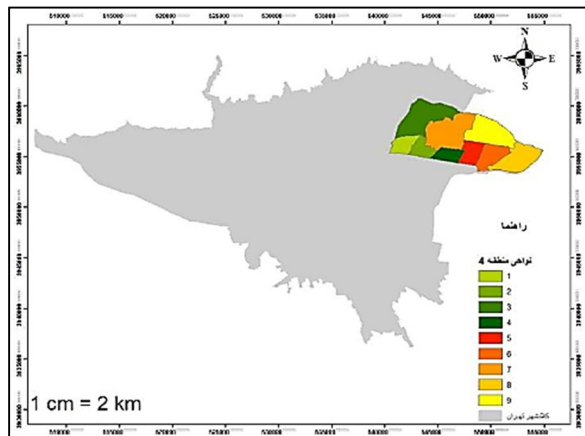
متغیرها (شاخص‌ها)	بعد
Var01. دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، Var02. دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)، Var03. دسترسی به نهادهای امدادریسان (مرکز مدیریت بحران و...)، Var04. دسترسی به آتش‌نشانی، Var05. دسترسی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی، Var06. دسترسی به پارک و فضای سبز عمومی، Var07. دسترسی به شبکه معابر اصلی، Var08. استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، Var09. کیفیت آب آشامیدنی و سیستم آب‌رسانی، Var10. ایمنی خطوط برق‌رسانی، Var11. کیفیت تأسیسات برقی، Var12. کیفیت خطوط مخابرات (تلفن منازل)، Var13. کیفیت خطوط گازرسانی، Var14. توزیع خدمات، Var15. اتصال فاضلاب اماکن به شبکه سراسری جمع‌آوری فاضلاب، Var16. کیفیت سیستم جمع‌آوری و دفع زباله، Var17. حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)، Var18. تراکم جمعیت (تراکم پایین)، Var19. تراکم ساختمانی (تراکم پایین)، Var20. نسبت راه به ساختمان در محدوده مورد مطالعه، Var21. نوع بافت شبکه حمل‌ونقل، Var22. عرض معابر، Var23. تعداد و ظرفیت پناهگاه‌ها، Var24. کاربری‌های حساس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، Var25. ابنیه و سایت‌های تاریخی و فرهنگی، Var26. درصد جمعیت	کالبدی

دارای اتصال به اینترنت، Var27. تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، Var28. نوع سازه، Var29. کیفیت ابنیه، Var30. قدمت ابنیه، Var31. مالکیت ساختمان، Var32. مصالح ساختمانی، Var33. قابلیت نفوذپذیری، Var34. شعاع دسترسی به فضاهای باز، Var35. کاربری زمین (تعداد واحدهای مسکونی)، Var36. کلاس دانه‌بندی، Var37. ویژگی‌های جغرافیایی (شیب، خصوصیات ژئوتکنیک)، Var38. ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز، Var39. بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، Var40. تأمین انرژی، Var41. درصد جمعیتی که دارای منبع تغذیه الکتریکی (در صورت قطع برق) و منبع آب (در صورت قطع آب) هستند، Var42. رعایت ماتریس‌های ظرفیت، مطلوبیت و سازگاری در برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه، Var43. وجود مسیرهای پیش‌بینی‌شده در زمان وقوع بحران برای کنترل ترافیک، Var44. رعایت مسائل ایمنی در حریم رودخانه‌ای جابرود و سد لتیان Var45. جلوگیری از تأثیرگذاری ساخت‌وسازهای سبک جدید به بافت‌های قدیمی و باغات و مزارع کشاورزی، Var46. دسترسی به تأسیسات آب تصفیه‌شده‌ی مناسب و همچنین منابع آبی متعدد و مطمئن در منطقه Var47. وجود مراکز اسکان موقت در منطقه، Var48. عدم قرارگیری کاربری‌های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران	
--	--

منبع: مطالعات کتابخانه‌ای، ۱۴۰۱

محدوده مورد مطالعه

منطقه ۴ از طرف شمال به خط ۱۸۰۰ و حریم منطقه ۱، از طرف غرب در حدود خیابان لنگری با منطقه ۱ و در پاسداران با منطقه ۳، از طرف جنوب با مرز خیابان رسالت با مناطق ۷ و ۸ و در محدوده خیابان دماوند با منطقه ۱۳، از طرف شرق به حریم منطقه ۴ محدود می‌شود. این منطقه با جمعیتی بالغ بر ۸۰۳۷۸۹ نفر در سال ۱۴۰۰، جزو مناطقی است که دارای ویژگی‌های کالبدی و عملکردی خاصی است و به‌عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین، وسیع‌ترین، مهاجرپذیرترین، پر ساخت‌وسازترین مناطق شهرداری تهران می‌باشد که ویژگی‌های خاص شهرسازی و تاریخی و عملکردی این بافت اقدامات توسعه‌ای خاصی را برای مدیریت شهری ایجاب می‌کند (جلالیان، ۱۳۹۷: ۱۱۶) (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه ۴ در کلان‌شهر تهران

مأخذ: جلالیان، ۱۳۹۷: ۱۱۶

بحث و ارائه یافته‌ها

تحلیل کلی محیط سیستم: جدول ۳ برآیند اثرات متقابل ۴۸ محرک تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل را بر اساس تشکیل ماتریس ۴۸×۴۸ نشان می‌دهد. نتایج این جدول بیانگر تعداد تکرار ۲ بار و درجه پرشدگی ۹۴/۳۲٪ است که نشان می‌دهد محرک‌های انتخاب شده تأثیر زیادی بر هم داشته است. از مجموع ۱۵۵ رابطه قابل ارزیابی در ماتریس، ۱۴۷ رابطه عدد صفر است؛ این مقدار بدان معناست که عوامل محرک بر همدیگر تأثیر نداشته و یا از همدیگر متأثر نشده است. ۳۹۸ رابطه با مقدار یک دارای تأثیر ضعیف نسبت به هم و ۸۵۵ رابطه با عدد ۲ دارای روابط اثرگذاری نسبتاً قوی است. به‌علاوه، ۸۳۸ رابطه عدد ۳ دارد و این به معنای آن است که روابط محرک‌های کلیدی بسیار زیاد بوده و از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیادی برخوردارند.

جدول ۳- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و اثرات متقابل محرک‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ با

رویکرد پدافند غیرعامل

شاخص	اندازه	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	تعداد	مجموع	درجه
	ماتریس	تکرار	صفر	یک	دو	سه		پرشدگی
مقدار	۴۸	۲	۱۴۷	۳۹۸	۸۵۵	۸۳۸	۲۰۹۱	۹۴/۳۲٪

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

ماتریس این پژوهش بر اساس محرک‌های آماری با ۲ بار چرخش از مطلوبیت و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار است که حاکی از روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن دارد (جدول ۴).

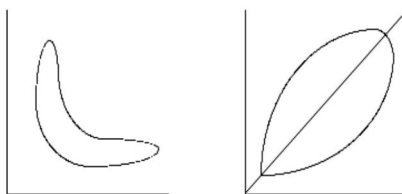
جدول ۴- درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

تأثیرپذیری	تأثیرگذاری	چرخش
۹۸٪	۹۸٪	۱
۱۰۰٪	۱۰۰٪	۲

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

ارزیابی پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری محرک‌های تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل

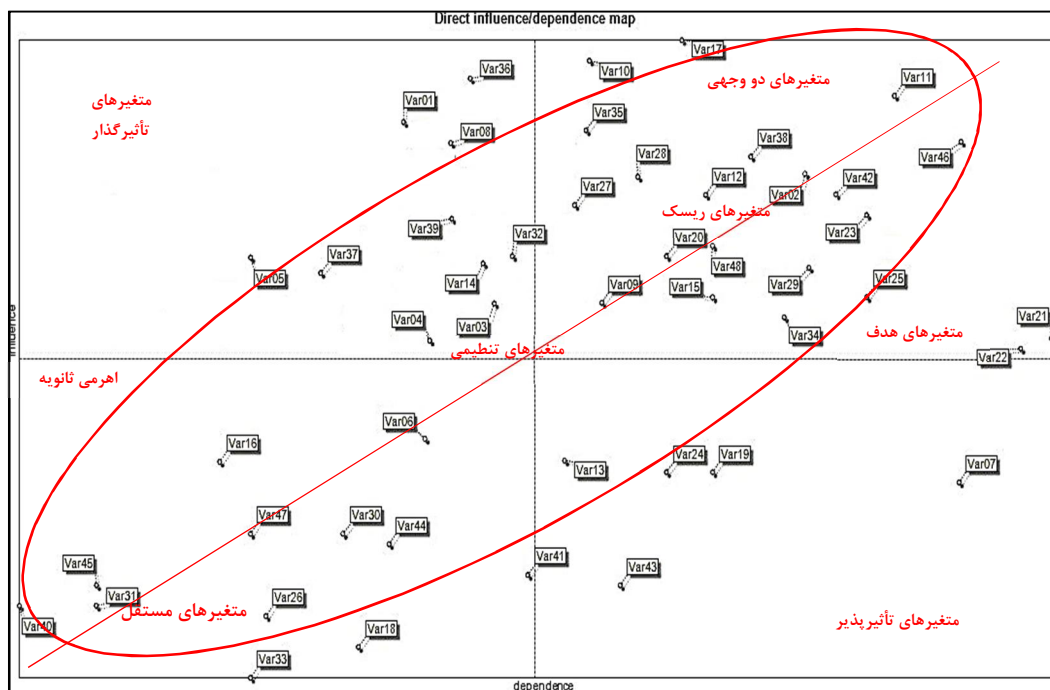
الگوی توزیع محرک‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل بر روی صفحه پراکندگی حاکی از میزان پایداری یا ناپایداری سیستم است. در روش تحلیل اثرات متقابل ساختاری با نرم‌افزار MIC MAC در مجموع دو مدل عمومی پراکندگی وجود دارد که به سیستم‌های پایدار و ناپایدار معروف است. در مدل سیستم پایدار پراکندگی متغیرها به‌صورت L است؛ در این مدل برخی متغیرها دارای اثرگذاری بالا و برخی دارای اثرپذیری بالا است. اما در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر است؛ در این سیستم نیروهای تاب‌آوری کالبدی پیرامون محور قطری صفحه پراکنده است و در بیشتر مواقع حالت بینابین از اثرگذاری و اثرپذیری دارد که شناسایی محرک‌های کلیدی را دشوار می‌سازد (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲- سیستم ناپایدار شکل ۳- سیستم پایدار

(Godet, et al., 2003: 22)

شکل ۴ الگوی پراکندگی محرک‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل را نشان می‌دهد. این الگوی پراکندگی به‌طور کلی بیانگر وضعیت یک سیستم ناپایدار است. محرک‌های مورد مطالعه به جزء چند محرک که دارای اثرگذاری بالا در سیستم است عموماً با وضعیت تقریباً مشابهی در اطراف محور قطری استقرار یافته‌اند (شکل ۴).



شکل ۴- پراکندگی محرک‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل در پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

جدول ۵- میزان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر

رتبه	متغیر	تأثیرگذاری مستقیم	متغیر	تأثیرپذیری مستقیم	متغیر	تأثیرگذاری غیرمستقیم	متغیر	تأثیرپذیری غیرمستقیم
1	Var17	293	Var21	321	Var17	289	Var21	318
2	Var03	287	Var22	315	Var03	283	Var22	317
3	Var07	275	Var07	302	Var07	274	Var07	301
4	Var34	272	Var01	284	Var04	269	Var25	294
5	Var04	269	Var06	284	Var34	265	Var23	290
6	Var38	263	Var23	284	Var47	264	Var06	290
7	Var08	263	Var25	284	Var38	263	Var01	288
8	Var39	260	Var42	278	Var08	259	Var02	275
9	Var47	257	Var02	272	Var39	258	Var42	274
10	Var48	257	Var34	260	Var33	257	Var19	264
11	Var27	253	Var15	253	Var48	254	Var34	262
12	Var33	253	Var19	253	Var42	251	Var24	257
13	Var42	247	Var48	253	Var27	249	Var20	255
14	Var23	241	Var11	247	Var23	241	Var48	254

رتبه	متغیر	تأثیر گذاری مستقیم	متغیر	تأثیر پذیری مستقیم	متغیر	تأثیر گذاری غیر مستقیم	متغیر	تأثیر پذیری غیر مستقیم
15	Var28	238	Var17	247	Var36	238	Var15	250
16	Var29	238	Var20	244	Var28	236	Var17	246
17	Var36	238	Var24	244	Var20	235	Var43	245
18	Var10	235	Var43	235	Var10	233	Var11	242
19	Var46	232	Var03	229	Var14	233	Var03	225
20	Var14	229	Var41	217	Var46	230	Var32	216
21	Var20	229	Var32	214	Var29	228	Var41	214
22	Var32	229	Var09	211	Var12	228	Var09	205
23	Var01	226	Var05	205	Var01	225	Var05	202
24	Var12	220	Var08	201	Var15	225	Var39	196
25	Var15	217	Var39	201	Var09	224	Var08	194
26	Var25	217	Var12	189	Var32	221	Var18	194
27	Var02	217	Var44	189	Var25	221	Var44	186
28	Var09	214	Var10	183	Var02	219	Var12	184
29	Var35	214	Var18	183	Var35	217	Var30	181
30	Var21	205	Var30	180	Var37	210	Var10	181
31	Var37	205	Var13	174	Var22	205	Var13	176
32	Var06	205	Var14	171	Var06	205	Var14	175
33	Var22	201	Var35	171	Var21	195	Var35	171
34	Var16	168	Var04	168	Var16	174	Var04	169
35	Var19	165	Var26	165	Var19	166	Var47	163
36	Var24	165	Var33	162	Var24	165	Var26	161
37	Var11	162	Var47	162	Var11	153	Var33	157
38	Var30	146	Var16	156	Var13	144	Var36	156
39	Var13	146	Var36	156	Var44	144	Var37	151
40	Var44	143	Var37	156	Var41	134	Var16	150
41	Var41	134	Var27	143	Var30	133	Var46	146
42	Var43	131	Var46	143	Var45	132	Var28	142
43	Var45	131	Var28	140	Var43	130	Var29	136
44	Var31	125	Var29	134	Var31	129	Var27	135
45	Var40	125	Var38	134	Var26	126	Var31	127
46	Var26	122	Var31	131	Var40	122	Var38	125
47	Var18	113	Var45	131	Var18	115	Var45	123
48	Var05	104	Var40	116	Var05	105	Var40	113

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

خوشه‌بندی محرک‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل

محرک‌های تأثیرگذار: این دسته از محرک‌ها بیانگر کلیدی‌ترین محرک‌ها یا محرک‌های دارای اهمیت راهبردی در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل است. محرک‌های این بخش باید در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل مورد توجه قرار گیرند. این محرک‌ها شامل دسترسی به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به آتش‌نشانی، دسترسی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، توزیع خدمات، مصالح ساختمانی، کلاس دانه‌بندی، ویژگی‌های جغرافیایی (شیب، خصوصیات ژئوتکنیک) و بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار است (جدول ۴).

محرک‌های فوق بیشترین تأثیرگذاری و کمترین تأثیرپذیری دارند و به‌عنوان بحرانی‌ترین محرک‌ها، وضعیت کلان و تغییرات سیستم به عملکرد آن وابسته است. محرک‌های تأثیرگذار ورودی سیستم محسوب می‌شود و توسط سیستم قابل کنترل نیست؛ زیرا خارج از سیستم قرار دارد و به‌صورت محرک‌های باثبات عمل می‌کند.

محرک‌های دوگانه: این محرک‌ها هم‌زمان به‌صورت تأثیرپذیر و تأثیرگذار عمل می‌کند. این محرک‌ها شامل دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)، کیفیت آب آشامیدنی و سیستم آبرسانی، ایمنی خطوط برق‌رسانی، کیفیت تأسیسات برقی، کیفیت خطوط مخابرات (تلفن منازل)، اتصال فاضلاب اماکن به شبکه سراسری جمع‌آوری فاضلاب، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)، نسبت راه به ساختمان در محدوده مورد مطالعه، نوع بافت شبکه حمل‌ونقل، عرض معابر تعداد و ظرفیت پناهگاه‌ها، ابنیه و سایت‌های تاریخی و فرهنگی، تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، نوع سازه، کیفیت ابنیه، شعاع دسترسی به فضاهای باز، کاربری زمین (تعداد واحدهای مسکونی)، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز و عدم قرارگیری کاربری‌های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران است. هرگونه تغییر و تحول این محرک‌ها می‌تواند پایداری سیستم را تحت‌الشعاع قرار دهد. این نیروها خود به دودسته محرک‌های ریسک و محرک‌های هدف به شرح زیر تقسیم می‌شود:

۱- **محرک‌های ریسک:** فرم و تراکم شهری، مشارکت عمومی در فرایند تصمیم‌سازی و

دسترسی به پهنای باند محرک‌های ریسک سیستم هستند. محرک‌های ریسک ظرفیت

بسیار بالایی برای تبدیل‌شدن به بازیگران کلیدی در سیستم دارد. زیرا به علت ماهیت ناپایدار، پتانسیل تبدیل شدن به نقطه انفعال سیستم را دارد.

۲- **محرك‌های هدف:** عرض معابر تنها محرك هدف در محیط سیستم است. این محرك بیش از آنکه تأثیرگذار باشد، تأثیرپذیر است و می‌توان آن را با ضریب قطعیت قابل قبول، به عنوان نتیجه تکامل سیستم شناسایی و معرفی کرد. با دستکاری این محرك می‌توان به تغییرات و تکامل سیستم در جهت مورد نظر دست یافت. بنابراین، بیش از آنکه نتیجه‌ای از پیش تعیین شده را به نمایش بگذارد، نمایانگر اهداف ممکن در سیستم است.

محرك‌های تأثیرپذیر: دسترسی به شبکه معابر اصلی، کیفیت خطوط گازرسانی، تراکم ساختمانی (تراکم پایین)، کاربری‌های حساس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، درصد جمعیتی که دارای منبع تغذیه الکتریکی (در صورت قطع برق) و منبع آب (در صورت قطع آب) هستند، وجود مسیرهای پیش‌بینی‌شده در زمان وقوع بحران برای کنترل ترافیک، دسترسی به تأسیسات آب تصفیه‌شده‌ی مناسب و همچنین منابع آبی متعدد و مطمئن در منطقه، با تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بسیار بالا محرك وابسته سیستم است که به تکامل محرك‌های تأثیرگذار و دو وجهی بسیار حساس است. این محرك خروجی سیستم به شمار می‌رود.

محرك‌های مستقل: دو محرك فرم و تراکم شهری، مشارکت عمومی در فرایند تصمیم سازی و دسترسی به پهنای باند، محرك‌های مستقل و مستثنی سیستم است. این نیروهای محرك از سایر محرك‌های سیستم تأثیر چندانی نمی‌پذیرد و بر آنها نیز تأثیر کمی دارد و یا بی‌تأثیر است. آنها ارتباط کمی با سیستم دارد، زیرا نه باعث توقف محرك اصلی و نه باعث تکامل و پیشرفت یک محرك در سیستم می‌شود.

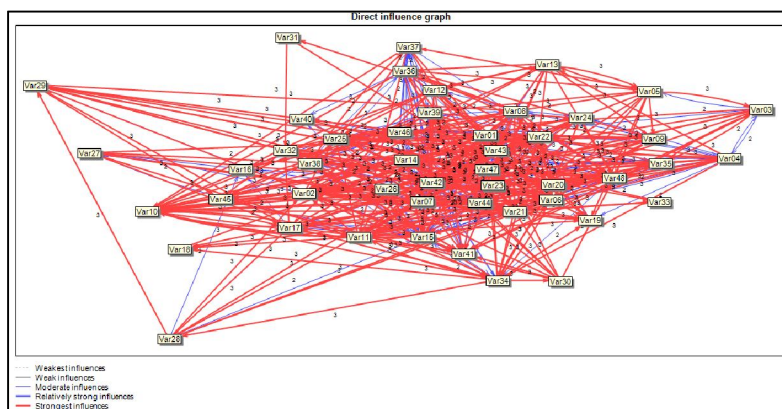
جدول ۶- خوشه‌بندی محرك‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل

نوع محرك	محرك‌ها
تأثیرگذار	دسترسى به مراکز درمانی (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، دسترسی به نهادهای امداد رسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به آتش‌نشانی، دسترسی به سرویس‌های حمل‌ونقل عمومی، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، توزیع خدمات، مصالح ساختمانی، کلاس دانه‌بندی، ویژگی‌های جغرافیایی (شیب، خصوصیات ژئوتکنیک) و بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار

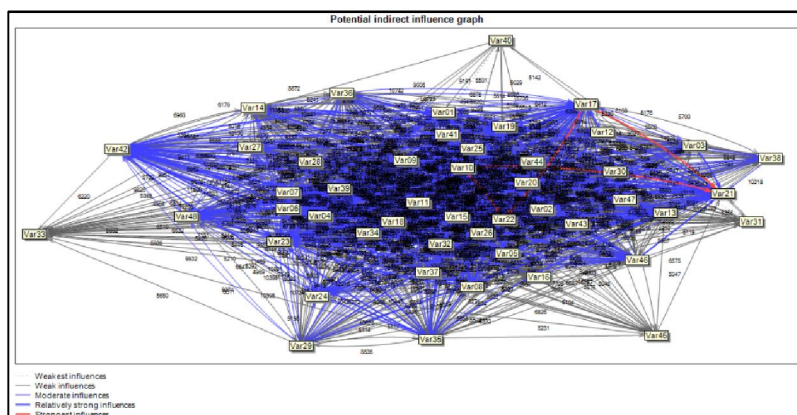
دوگانه	دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)، کیفیت آب آشامیدنی و سیستم آب‌رسانی، ایمنی خطوط برق‌رسانی، کیفیت تأسیسات برقی، کیفیت خطوط مخابرات (تلفن منزل)، اتصال فاضلاب اماکن به شبکه سراسری جمع‌آوری فاضلاب، حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)، نسبت راه به ساختمان در محدوده مورد مطالعه، نوع بافت شبکه حمل‌ونقل، عرض معابر و تعداد و ظرفیت پناهگاه‌ها، ابنیه و سایت‌های تاریخی و فرهنگی، تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، نوع سازه، کیفیت ابنیه، شعاع دسترسی به فضاهای باز، کاربری زمین (تعدد واحدهای مسکونی)، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز و عدم قرارگیری کاربری‌های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران
تنظیمی	-
تأثیرپذیر	دسترسی به شبکه معابر اصلی، کیفیت خطوط گازرسانی، تراکم ساختمانی (تراکم پایین)، کاربری‌های حساس (جایگاه‌های سوخت، صنایع و...)، درصد جمعیتی که دارای منبع تغذیه الکتریکی (در صورت قطع برق) و منبع آب (در صورت قطع آب) هستند، وجود مسیرهای پیش‌بینی‌شده در زمان وقوع بحران برای کنترل ترافیک، دسترسی به تأسیسات آب تصفیه‌شده‌ی مناسب و همچنین منابع آبی متعدد و مطمئن در منطقه
مستقل	دسترسی به پارک و فضای سبز عمومی، کیفیت سیستم جمع‌آوری و دفع زباله، تراکم جمعیت (تراکم پایین)، درصد جمعیت دارای اتصال به اینترنت، قدمت ابنیه، مالکیت ساختمان، قابلیت نفوذپذیری، تأمین انرژی، رعایت مسائل ایمنی در حریم رودخانه‌ی جاجرود و سد لتیان، جلوگیری از تأثیرگذاری ساخت‌وسازهای سبک جدید به بافت‌های قدیمی و باغات و مزارع کشاورزی و وجود مراکز اسکان موقت در منطقه
هدف	عرض معابر
ریسک	فرم و تراکم شهری، مشارکت عمومی در فرایند تصمیم‌سازی و دسترسی به پهنای باند

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

شکل‌های ۵ و ۶ نمایش گرافیکی محرک‌های تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم محرک‌ها بر سایر محرک‌های سیستم مشخص شده است. چگونگی تأثیرگذاری محرک‌ها به‌صورت ضعیف‌ترین تأثیر، تأثیرات ضعیف، تأثیرات میانه، تأثیرات قوی و قوی‌ترین تأثیرات است.



شکل ۵- روابط مستقیم بین متغیرها (از بسیار ضعیف تا بسیار قوی)؛ منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱



شکل ۶- روابط غیرمستقیم بین متغیرها (از بسیار ضعیف تا بسیار قوی)

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

محرك‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، برای شناسایی محرك‌های اولیه مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل، با استفاده از روش دلفی از نظرات خبرگان و متخصصین استفاده گردید. با بررسی پرسشنامه‌های دریافتی از این جامعه آماری، درمجموع ۴۱ عامل تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل استخراج شدند. در ادامه به تحلیل کلی محیط سیستم پرداخته شد و میزان تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم این محرك‌های بر یکدیگر و بر مؤثر بر تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل شناسایی شد. درنهایت از مجموع ۴۱ عامل اولیه تأثیرگذار، ۱۳ عامل به‌عنوان

محرك‌های کلیدی مؤثر بر روند آینده سیستم انتخاب شدند که همه این محرك‌های کلیدی در هر دو روش تأثیرگذاری مستقیم و غیرمستقیم تکرار شده‌اند (جدول ۷).

جدول ۷- محرك‌های کلیدی تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل و تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم

پیشران‌های کلیدی (مستقیم و غیرمستقیم)			
تأثیرگذاری غیرمستقیم	تأثیرگذاری مستقیم	متغیر	ردیف
۲۸۹	۲۹۳	حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاوم‌سازی تا بازسازی)	۱
۲۸۳	۲۸۷	دسترسی به نهادهای امداد رسان (مرکز مدیریت بحران و...)	۲
۲۷۴	۲۷۵	دسترسی به شبکه معابر اصلی	۳
۲۶۵	۲۷۲	شعاع دسترسی به فضاهای باز	۴
۲۶۹	۲۶۹	دسترسی به آتش‌نشانی	۵
۲۶۳	۲۶۳	ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز	۶
۲۵۹	۲۶۳	استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)	۷
۲۵۸	۲۶۰	بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار	۸
۲۶۴	۲۵۷	وجود مراکز اسکان موقت در منطقه	۹
۲۵۴	۲۵۷	عدم قرارگیری کاربری‌های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران	۱۰
۲۴۹	۲۵۳	تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده	۱۱
۲۵۷	۲۵۳	قابلیت نفوذپذیری	۱۲
۲۵۱	۲۴۷	رعایت ماتریس‌های ظرفیت، مطلوبیت و سازگاری در برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه	۱۳

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱

بررسی مقادیر روابط غیرمستقیم محرك‌های کلیدی در جدول ۷ حاکی از آن است که مقادیر رتبه‌ای تأثیرات مستقیم محرك‌های کلیدی، در تأثیرات غیرمستقیم با تغییرات اندک تکرار شده است.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

این مقاله عوامل و نیروهای محرک را در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل شناسایی و خوشه‌بندی کرده است. کاربست این محرک‌ها به‌عنوان بسترساز و راهنمای تدوین سناریوهای تاب‌آوری منطقه ۴، بسیار اهمیت دارد. نتایج مقاله نشان می‌دهد الگوی کلی پراکندگی محرک‌های مورد مطالعه از نظر تحلیل اثرات متقابل، در مجموع بیانگر وضعیت یک سیستم محیطی ناپایدار است که در آن محرک‌های تاب‌آوری کالبدی با رویکرد پدافند غیرعامل از نظر اثرگذاری و اثرپذیری، حالت پیچیده و بینابین دارد. وضعیت خوشه‌بندی محرک‌ها گویای تمرکز خوشه‌ای در محرک دوگانه است. از میان ۴۸ محرک اولیه یا نیروی پیش‌برنده تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل، ۱۴ محرک کلیدی حفاظت از امکانات و زیرساخت‌های عمومی (از مقاومت‌سازی تا بازسازی)، دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران و...)، دسترسی به شبکه معابر اصلی، شعاع دسترسی به فضاهای باز، دسترسی به آتش‌نشانی، ضوابط فنی، اصول و الگوهای ساخت‌وساز، استحکام بناهای با کاربری عمومی (مدرسه، بیمارستان)، بازسازی و بهسازی ساختمان‌های ناپایدار، وجود مراکز اسکان موقت در منطقه، عدم قرارگیری کاربری‌های حیاتی و حساس در مناطق مستعد بحران، تعداد و سطح پوشش بیمارستان‌ها و درمانگاه‌های محدوده، قابلیت نفوذپذیری و رعایت ماتریس‌های ظرفیت، مطلوبیت و سازگاری در برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه شناسایی گردید.

نیروهای کلیدی از نظر عملکرد سیستمی در محیط سیستم تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل، نقش اثرگذاری بالا و اثرپذیری اندک دارد. در نتیجه، به‌عنوان محرک‌های باثبات، وضعیت کلان سیستم و تغییرات آن را کنترل می‌کند؛ محرک‌های کلیدی اثرگذار ورودی سیستم تاب‌آوری کالبدی محسوب می‌شود و تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل به عملکرد آن‌ها وابسته است. پیش‌برنده‌های تاب‌آوری کالبدی منطقه ۴ کلان‌شهر تهران با رویکرد پدافند غیرعامل در همه پلان تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم پراکنده است. بنابراین نهادهای سازمان‌های دخیل در امر موضوع پژوهش از جمله شهرداری تهران، سازمان حفاظت از محیط‌زیست، جمعیت هلال‌احمر تهران، سازمان نظام مهندسی، سازمان پدافند غیرعامل کشور و... می‌توانند با تمرکز و تأکید بر این عوامل در برنامه‌ریزی‌ها، گامی مثبت در جهت کاهش اثرات مخرب زلزله چه قبل از وقوع و چه پس از وقوع بردارند و زمینه را برای تاب‌آور ساختن مناطق شهر کلان‌شهر تهران فراهم سازند. بر اساس یافته‌های پژوهش، به نظر می‌رسد تدابیر زیر می‌تواند به‌عنوان اقدامات عام در بافت‌های فرسوده‌ای همچون منطقه ۴ تهران به کار گرفته شوند؛

- جانمایی اصولی کاربری‌ها به‌خصوص کاربری‌های خطرآفرین و توجه مناسب به سازگاری کاربری‌های؛
- نظارت بر ساخت‌وساز واحدهای مسکونی از نظر آسیب‌پذیری در مقابل بلایای طبیعی و انسانی؛
- عرض معابر متناسب با دسترسی بهینه نهادهای امداد رسان طراحی گردد.
- بافت شهری قابلیت نفوذپذیری مطلوب را داشته باشد.
- رعایت فواصل دسترسی متوازن و استاندارد در پراکنش مراکز امداد و نجات نظیر بیمارستان‌ها، آتش‌نشانی و...
- حفظ استحکام و بقای سازه‌های جانبی معابر اصلی و شریان‌های حیاتی در اولویت قرار گیرند.
- فضاهای پشتیبان مدیریت بحران به‌منظور امداد و نجات و اسکان موقت، در نظر گرفته شوند.
- افزایش فضاهای باز و اسکان موقت در منطقه.
- دسترسی‌های باز و گشوده (باقابلیت عبور وسائل نقلیه امدادی) برای مراکز محلات در بافت‌های فشرده فراهم گردد.
- ارتقای سرانه‌ی تشکیلات و ساختارهای قانونی مبتنی بر فرایندهای آمادگی در برابر بحران؛
- نگرش طراحان و برنامه‌ریزان در زمینه طراحی مناسب معابر از لحاظ مدیریت بحران تعدیل گردد.
- نظارت بر قوانین و مقررات مناسب با استانداردهای لرزه‌ای مخصوصاً در ساختمان‌های جدیدالحداث بیش از پیش تقویت گردد.
- تشکیل پایگاه‌های اطلاعاتی پویا مبتنی بر آمار و اطلاعات بحران‌ها؛
- برای مشارکت مردم و آماده‌سازی افراد بومی در مواجهه با بحران برنامه اجرایی تهیه گردد.

منابع و مآخذ:

- ۱- پنام، رضا، رجبی، آریتا، عزت پناه، بختیار (۱۳۹۷)، بررسی پدافند غیرعامل در منطقه ۴ شهرداری، شهر تهران، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، ۱۱ دوره ۱۱، شماره ۱، صص ۳۷۵-۳۵۹.
- ۲- پورمحمدی، محمدرضا، ملکی، کیومرث، ۱۳۹۵، پدافند غیرعامل؛ استراتژی‌های توسعه و امنیت منطقه شهری، انتشارات: موسسه نشر شهر با همکاری معاونت امور اجتماعی و فرهنگی شهرداری تهران، چاپ اول زمستان.
- ۳- جلالیان، سید اسحاق (۱۳۹۷)، ارزیابی تاب‌آوری ساختاری-طبیعی کاربری اراضی شهری مطالعه موردی: منطقه ۴ کلان‌شهر تهران، فصلنامه شهر پایدار، دوره ۱، شماره ۴، صص ۱۲۲-۱۰۹.
- ۴- حسین‌زاده دلیر، کریم، محمدیان، مهرداد، سرداری، روسا (۱۳۹۸)، مروری بر مفهوم تاب‌آوری شهری، مطالعات طراحی شهری و پژوهش‌های شهری، سال دوم، شماره ۳: ۶۹-۷۸.
- ۵- سارا توتونچی، حسن بحرینی، منوچهر طیبیان، طراحی مدل تاب‌آوری کالبدی شهر در مقابل با زلزله با تأکید بر تئوری انتقادی و رویکرد نظریه داده بنیاد شماره ۶۵ دوره ۱۷ تابستان ۱۴۰۳.
- ۶- صادقی، علی، نظری، ولی‌الله، بیگدلو، رضا، میرحیدری (۱۳۹۹)، بررسی تاب‌آوری جوامع شهری در مواجهه با مخاطرات طبیعی (نمونه موردی: منطقه ۴ کلان‌شهر تهران)، پژوهشنامه جغرافیای انتظامی، دوره ۱۳۹۹، شماره ۲۹، صص ۸۰-۵۱.
- ۷- فرزادبهباش، محمدرضا، کی‌نژاد، علی، پیربابایی، محمدتقی، عسگری، علی (۱۳۹۲)، ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی، دوره ۱۸، شماره ۳، صص ۳۳-۴۲.
- ۸- لنگرشنین، علی، ارغان، عباس، کرکه‌آبادی، زینب (۱۳۹۸)، سنجش شاخص‌ها و الگوهای اثرگذار در تاب‌آوری بافتهای شهری (مطالعه موردی محلات تجریش، جنت آباد شمالی و فردوسی شهر تهران)، فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ۱۱، شماره ۳، صص ۲۷۰-۲۴۵.
- ۹- محمدی، علیرضا، پاشازاده، اصغر (۱۳۹۶)، سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر وقوع زلزله مطالعه موردی: شهر اردبیل، پژوهش‌های دانش زمین، دوره ۸، شماره ۲، صص ۱۲۶-۱۱۲.

۱۰- محمود امیری، مجید شمس، بررسی و تحلیل مؤلفه‌های شکل دهنده سرزندگی شهری (مورد مطالعه پیاده راه بوعلی شهر همدان) آمایش محیط شماره ۶۵ دوره ۱۷ تابستان ۱۴۰۳.

۱۱- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵.

۱۲- نوروزی، حسن، محمدی دوست، سید سلیمان، حسینی خواه، حسین، خانی زاده، محمد علی (۱۳۹۸)، شناسایی و ارزیابی پیشران‌های شگفت‌انگیز در تاب‌آوری کالبدی کاربری‌های شهری با رویکرد پدافند غیرعامل (مورد پژوهی: ناحیه یک شهر یاسوج). فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۰ (۳۶)، صص ۳۳-۴۶.

۱۳- هندی، هوشنگ، اقبالی، ناصر، سرور، رحیم، پیشگاهی‌فرد، زهرا (۱۳۹۹)، سنجش تاب‌آوری زیست محیطی در سطح محلات منطقه ۱۴ تهران، فصلنامه آمایش محیط، دوره ۱۳، شماره ۴۸، صص ۱-۲۰.

14- Acuti, D., Bellucci, M., & Manetti, G. (2020). Company disclosures concerning the resilience of cities from the Sustainable Development Goals (SDGs) perspective. *Cities*, 99, Article 102608. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102608>. November 2019.

15- Brandon, P. (2011). *The inheritors: French student and their relations to culture*, Chicago University press, Chicago.

16- Bruneau, M. & et al., 2004, Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities, 13th Word Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, pp 733-752.

17- Bundschuh, M., Schulz, R., Schäfer B., Allen, CR., & Angeler, DG. (2017). Resilience in ecotoxicology—towards a multiple equilibrium context, *Environ Toxicol Chem*, NO 36: 2574–2580.

18- Chapin F. Stuart, (1972). *urban land use planning*; university of Illinois press; 56-57.

19- Chen, Y., Zhu, M., Zhou, Q., & Qiao, Y. (2021). Research on spatiotemporal differentiation and influence mechanism of urban resilience in China based on MGWR model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031056>.

20- Cobbinah, P.B., Erdiaw-Kwasie, M.O., Amoateng, P., (2015). Africa's urbanisation: implications for sustainable development. *Cities* 47, 62–72.

- 21- Croese, S., Green, C., & Morgan, G. (2020). Localizing the sustainable development goals through the lens of urban resilience: Lessons and learnings from 100 resilient cities and cape town. Sustainability (Switzerland), (2), 12. <https://doi.org/10.3390/su12020550>
- 22- Darkwah, R. M. Cobbinah, P. B. Anokye, P. A. (2018). Contextualising urban resilience in Ghana: Local perspectives and experiences, *Geoforum*, 94, 12-23.
- 23- Favier, P., Bertrand, D., Eckert, N., Naaïm, M. (2012). Optimal design of defense structures using reliability. *Journal of Reliability and Statistics*.
- 24- Folke, C. (2006). "Resilience: The emergence of a perspective for social ecological systems analyses", *Global Environmental Change* 16, 3, Pp. 253-267.
- 25- Fu, X., Hopton, M. E., & Wang, X. (2021). Assessment of green infrastructure performance through an urban resilience lens. *Journal of Cleaner Production*, 289, Article 125146. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125146>
- 26- Godet, A. J., Meunier, M. F., Roubelat, F. (2003). Structural analysis with the MICMAC method & actors' strategy with MACTOR method, *Futures Research Methodology*, No. 2
- 27- Heinzle, C., Robert, B., Hémond, Y., & Serre, D. (2020). Operating urban resilience
- 28- Jabareen, Y. (2014). Planning the resilient city: Concepts and Strategies for coping with climate change and environmental risk. In: *Cities*, In press, Retrieved from: <http://dx.doi.org.ezp.sub.su.se/10.1016/j.cities.2012.05.004>.
- 29- Karlinsky, S. (2010), "The Resilient City Part 1: Before the Disaster", *Urbanist* 479, pp. 4-21.
- 30- Li, G., Kou, C., Wang, Y., & Yang, H. (2020). System dynamics modelling for improving urban resilience in Beijing, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104954. [doi:10.1016/j.resconrec.2020.104954](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104954).
- 31- Ma, F., Wang, Z., Sun, Q., Yuen, K. F., Zhang, Y., & Xue, H. (2020). Spatial – Temporal evolution of urban resilience and its influencing factors : Evidence from the Guanzhong Plain Urban Agglomeration.

- 32- Meerow, S., & Newell, J. P. (2015). Resilience and complexity: A bibliometric review and prospects for industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology*, 19(2), 236–251.
- 33- Mera, A. P., & Balijepalli, C. (2020). Towards improving resilience of cities: An optimisation approach to minimising vulnerability to disruption due to natural disasters under budgetary constraints. In *Transportation*, 47. <https://doi.org/10.1007/s11116-019-09984-8>.
- 34- Moloney, S., & Doyon, A. (2021). The Resilient Melbourne experiment: Analyzing the conditions for transformative urban resilience implementation. *Cities*, 110, Article 103017. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103017>. June 2019.
- 35- Moore, E. A., Russell, J. D., Babbitt, C. W., Tomaszewski, B., & Clark, S. S. (2020). Spatial modeling of a second-use strategy for electric vehicle batteries to improve disaster resilience and circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, Article 104889. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104889>. April.
- 36- Ritchie, B. W. (2007). *Crisis and disaster management for tourism*, Channel View Publications.
- 37- Roberts, D., Douwes, J., Sutherland, C., & Sim, V. (2020). Durban's 100 resilient cities journey: Governing resilience from within. *Environment and Urbanization*, 32(2), 547–568. <https://doi.org/10.1177/0956247820946555>
- 38- Ronan, K., & Johnston, D., (2005). Promoting community resilience in disaster, *springer*, 1-232.
- 39- Rose, A. (2004). Defining and measuring economic resilience to disasters. *Disaster Prevention and Management*, 13, 307-314.
- 40- Rose, A., 2004. Defining and measuring economic resilience to disasters", *Disaster Prevention and Management*, Vol. 13, Pp. 307-314.
- 41- Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). Building Resilience to Climate Change in Informal Settlements. *One Earth*, 2(2), 143–156.
- 42- Schoemaker, P. J. H. (1995). Scenario planning: a tool for strategic thinking. *Sloan Management Review*, 36: 25-40.
- 43- Sharifi, Ayyoob & Yamagata, Yoshiki. (2016). "Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators". *Urban Resilience* , 259- 276. [10.1007/978-3-319-39812-9_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39812-9_13)

- 44- Wardekker, A., Wilk, B., Brown, V., Uittenbroek, C., Mees, H., Driessen, P., & Runhaar, H. (2020). A diagnostic tool for supporting policymaking on urban resilience. *Cities*, 101, 1-13.
- 45- Wardekker, A., Wilk, B., Brown, V., Uittenbroek, C., Mees, H., Driessen, P., & Runhaar, H. (2020). A diagnostic tool for supporting policymaking on urban resilience. *Cities*, 101, 1-13.
- 46- Xun, X., & Yuan, Y. (2020). Research on the urban resilience evaluation with hybrid multiple attribute TOPSIS method: An example in China. *Natural Hazards*, 103(1), 557–577. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04000-0>
- 47- Zerbo, A., Delgado, R. C., & González, P. A. (2020). Vulnerability and everyday health risks of urban informal settlements in Sub-Saharan Africa. *Global Health Journal*. doi:10.1016/j.glohj.2020.04.003.
- 48- Zhou, W. (2011). Emergency Management of Urban Major Hazards Based on Information Synergy, *Journal of Procedia Engineering*, 15(2): 1-3.

