

ارزیابی تاب‌آوری مناطق شهری براساس رویکرد تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره:

DEMATEL-ANP-VIKOR

آزاده جمالی (دانشجو دکتری محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران)

azadeh.jamali5880@gmail.com

مریم رباطی (استادیار محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، نویسنده مسئول)

m.robati@srbiau.ac.ir

هانیه نیکومرام (استادیار محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران)

hani.nikoo@gmail.com

فروغ فرساد (استادیار محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران)

forough.farsad@yahoo.com

حسین آقامحمدی (استادیار GIS و سنجش از دور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران)

hossein.aghamohammadi@gmail.com

چکیده

امروزه تغییرات زیادی در نگرش نسبت به خطرات ایجاد شده است؛ به گونه‌ای که جامعه جهانی تاب‌آوری را یک استراتژی مهم در تقویت ظرفیت جوامع و شهرها می‌دانند. در این راستا، در این پژوهش به ارزیابی تاب‌آوری مناطق شهری براساس رویکرد تلفیقی تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس روش‌های DEMATEL-ANP و VIKOR پرداخته شد. در مرحله اول، معیارهای تأثیرگذار بر تاب‌آوری در ۴ بعد، ۱۱ معیار و ۳۱ زیرمعیار براساس روش دلفی انتخاب شدند. یافته‌های حاصل از روش DEMATEL نشان‌دهنده آن بود که براساس مقادیر (D-R)، از بین ابعاد چهارگانه تاب‌آوری شهری بعد محیط‌زیستی با مقدار (۱/۱۸) تأثیرگذارترین معیار تاب‌آوری شهری بود. همچنین نتایج حاصل از ANP نشان داد در بین معیارهای مورد بررسی، بلایا و مخاطرات طبیعی در بعد محیط‌زیستی، زیرساخت شهری در بعد کالبدی و نرخ اشتغال در بعد اجتماعی-اقتصادی بالاترین میزان تأثیرگذاری را داشتند. همچنین نتایج حاصل از ویکور نشان داد که منطقه ۴ از میزان تاب‌آوری بالا و منطقه ۱۲ از تاب‌آوری پایینی برخوردار است. به‌طور کلی می‌توان گفت مناطق شهرداری که در مرکز شهر تهران واقع شده‌اند نسبت به دیگر مناطق شهری از تاب‌آوری کمتری در برابر بحران‌ها برخوردار می‌باشند. یافته‌ها به برنامه‌ریزان و مدیران شهری کمک می‌کند تا معیارهای گروه علت را برای تعریف برنامه‌های پیشگیری اولویت‌دار برای افزایش تاب‌آوری شهری در نظر بگیرند.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری شهری، تصمیم‌گیری چند معیاره، روش DEMATEL، روش ویکور، آسیب‌پذیری.

۱. مقدمه

شهرها به‌طور سنتی مرکز فعالیت‌های فرهنگی و اجتماعی و رشد اقتصادی بوده و نقش مهمی در توسعه منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (کلارک^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ اگوریچنکو^۲، ۲۰۱۸). در حالی که شهرها قطب نوآوری و بهره‌وری‌های اقتصادی و اجتماعی هستند با توجه به تمرکز بالای مردم و منابع (علیزاده و شریفی^۳، ۲۰۲۰، ص. ۱)، آن‌ها همچنین

¹. Clark

². Egoreichenko

³. Alizadeh & Sharifi

در معرض طیف وسیعی از خطرات طبیعی و انسانی قرار دارند (بوترو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۲۴۲). در دهه‌های اخیر، این خطرات از نظر تعداد و شدت افزایش یافته است (ریفات و لوی^۲، ۲۰۲۰، ص. ۶۹) که می‌تواند به افزایش آسیب‌پذیری شهر در ابعاد مختلف تبدیل شود و بنیان یک شهر و جوامع ساکن در آن را تهدید کند (احمدزاده و امین‌زاده، ۱۳۹۸، ص. ۳۴). در مواجهه با چنین وضعیتی، برنامه سکونت‌گاه‌های انسانی سازمان ملل متحد و مرکز فنی مدیریت ریسک بلایا، پایداری و تاب‌آوری شهری^۳ علاوه بر راهکارهای مدیریت بحران، برنامه‌ای را با عنوان «برنامه اقداماتی تاب‌آوری شهر^۴» را به‌عنوان ابزاری برای تقویت ظرفیت مدیران شهری در کشورهای در حال توسعه برای افزایش و بهبود تاب‌آوری بیان کردند تا به‌طور مؤثر خطرات را کاهش دهند (برنامه سازمان ملل متحد، ۲۰۱۸، ص. ۶).

هالینگ (۱۹۷۳) برای اولین بار واژه تاب‌آوری را به‌عنوان راه‌حلی برای درک بهتر پویایی غیرخطی در اکوسیستم وارد مباحث اکولوژی کرد. واژه تاب‌آوری از واژه «resilio» به‌معنای «به‌طور ناگهانی عقب‌نشینی کردن (to jump back) استخراج و به معنای توانایی بهبود یا بازسازی است (آنارلی^۵ و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۹۵۸). این رویکرد شامل اقداماتی جهت پیشگیری از مخاطرات و استراتژی‌هایی جهت کاهش مخاطرات است (کاتر^۶ و همکاران، ۲۰۰۸، ص. ۶۰۰). تاب‌آوری از جهات گوناگون قابل بررسی است و هر مطالعه با توجه به نگرش و دیدگاهی که از آن زاویه به موضوع می‌پردازد و تعاریفی را ارائه می‌دهند (شکری فیروزجاه، ۱۳۹۲، ص. ۲۹). به‌عنوان نمونه بلایی^۷ و همکاران (۲۰۲۰) تاب‌آوری را عملکرد یک سیستم در نتیجه یک فاجعه و سرعت سیستم در بازگشت به سطح عادی عملکرد تعریف کردند. لیو و سانگ^۸ (۲۰۲۰) تاب‌آوری را توانایی یک سیستم برای تطبیق عملکرد عملیاتی خود در مواجهه با خرابی‌ها و سایر شرایط نامطلوب توصیف می‌کنند. وجه مشترک همه تعاریف ذکرشده توانایی بازگشت به حالت اولیه، پیرو حادثه یا اتفاقی ناخوشایند است. لازمه این امر این است که مجموعه در وهله نخست بتواند در برابر حوادث مقاومت کند. تاب‌آوری یعنی توانایی مقاومت در برابر سختی‌ها، انطباق با وضعیت بحرانی و خروج از بحران به‌گونه‌ای که نه‌تنها توانایی‌ها یک فرد، سازمان یا جامعه کاهش نمی‌یابد، بلکه ضمن حفظ آن‌ها قدرت گذار به شرایط بهتر نیز فراهم می‌شود (نامجویان و همکاران، ۱۳۹۸، ص. ۱۰۱۲). شکل (۱) مفهومی از تاب‌آوری را نشان می‌دهد.

1. Bottero

2. Rifat and Liu

3. DiMSUR

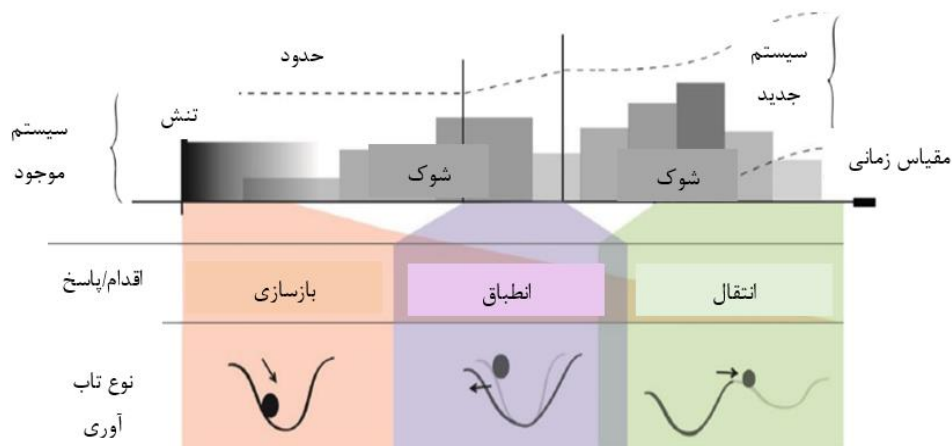
4. City Rap

5. Annarelli

6. Cutter

7. Balaei

8. Liu & Song



شکل ۱. رویکرد مفهومی از تاب آوری (چلری و اُلزابل، ۲۰۱۲، ص. ۴۸)

در زمینه تاب آوری مطالعات متعددی انجام شده که اغلب آن‌ها در مقیاس شهری انجام گرفته است. از جمله مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

جدول ۱. مرور منابع در رابطه با تاب آوری شهری

نویسندگان	عنوان	یافته‌های پژوهش
مغرب و همکاران (۱۳۹۷)	سنجش میزان تاب آوری اجتماعی - فرهنگی کاربری اراضی شهری	آن‌ها بیان کردند که منطقه یک شهر تهران تاب آوری متوسط به بالایی دارد؛ البته این منطقه در معیار کاربری آموزشی، ورزشی و مذهبی در وضعیت آسیب پذیر قرار دارد.
حیدری و همکاران (۱۴۰۱)	ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی بافت مرکزی شهرها در برابر سوانح	آن‌ها بیان کردند بخش اعظم منطقه ۸ شهر شیراز در خوشه‌های غیرتاب آور و تاب آوری متوسط قرار دارد که در صورت بروز سانحه مستعد تلفات جانی و مالی بسیار هستند.
باز ^۲ (۲۰۱۵)	تعیین میزان تاب آوری شهرها در برابر بلایا طبیعی	آن‌ها بیان کردند که عوامل فیزیکی، اجتماعی و دسترسی به اطلاعات مهم‌ترین عوامل تاب آوری هستند.
سوارز ^۳ و همکاران (۲۰۱۶)	بررسی شاخص‌های تاب آوری پنجاه شهر اسپانیا	آن‌ها به این نتیجه رسیدند که منابع درآمدی مهم‌ترین عامل در زمینه تاب آوری هستند.
اسپانس و واترهوت ^۴ (۲۰۱۷)	ایجاد تاب آوری در شهرهای جهان	ایجاد تاب آوری در شهرهای سراسر جهان با چالش‌های مربوط به توسعه اقتصادی، تضاد اجتماعی، طبقات اجتماعی و تخریب زیست محیطی همراه است.

کلان‌شهر تهران از یک سو با توجه به مسائلی از قبیل رشد سریع جمعیت، عدم تعادل میان جمعیت و زیرساخت‌های شهری، کاهش توان باز جذب آلاینده‌ها، کاهش سرانه‌های عمومی شهری و وجود محله‌های فقیرنشین، مستعد وقوع

1. Chelleri & Olazabal
 2. Baze
 3. Suárez
 4. Spaans & Waterhout

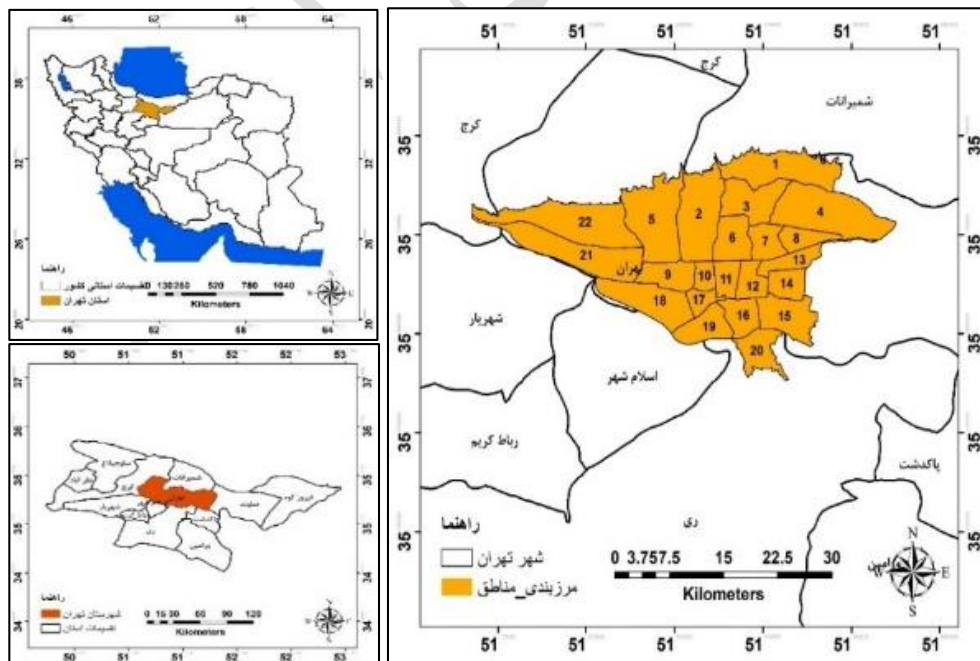
حوادث غیر مترقبه است. از این رو شناخت تاب‌آوری منطقه و برنامه‌ریزی صحیح و مناسب برای پیشگیری یا کاهش آثار خطر احتمالی بسیار حیاتی و مهم است. لذا، پژوهش حاضر با استفاده از مدل DEMATEL در رویکردی تلفیقی با ANP درصدد است تا روابط میان معیارها را شناسایی و براساس روش بهینه‌سازی چندمعیاره حل سازشی VIKOR مناطق تهران را براساس میزان تاب‌آوری رتبه‌بندی کند. هدف اصلی این تحقیق ارائه یک روش ارزیابی جامع تاب‌آوری شهری تحت روش چند شاخصه ترکیبی به منظور تعیین وضعیت تاب‌آوری شهر تهران بر اساس دیدگاه خبرگان و با هدف شناسایی نقاط قوت و ضعف شهر تهران است. لذا، این مطالعه یکی از اولین تلاش‌ها به منظور توسعه یک برآورد مبتنی بر کلیه ابعاد تاب‌آوری شامل ابعاد فیزیکی، محیط زیستی، اقتصادی اجتماعی، نهادی و کالبدی به منظور رتبه‌بندی مناطق شهر تهران از نظر میزان تاب‌آوری است. در مجموع اهداف فرعی این پژوهش را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- ارزیابی جنبه‌های تاب‌آوری با ارجاع به همه ابعاد تاب‌آوری در تهران با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM.
- بررسی روابط میان مهم‌ترین ویژگی‌های ابعاد تاب‌آوری یک شهر.
- تعیین درجه تاب‌آوری و رتبه‌بندی مناطق شهری تهران براساس میزان تاب‌آوری شهری.

۲. متدولوژی

۲.۱. محدوده و قلمرو مورد مطالعه

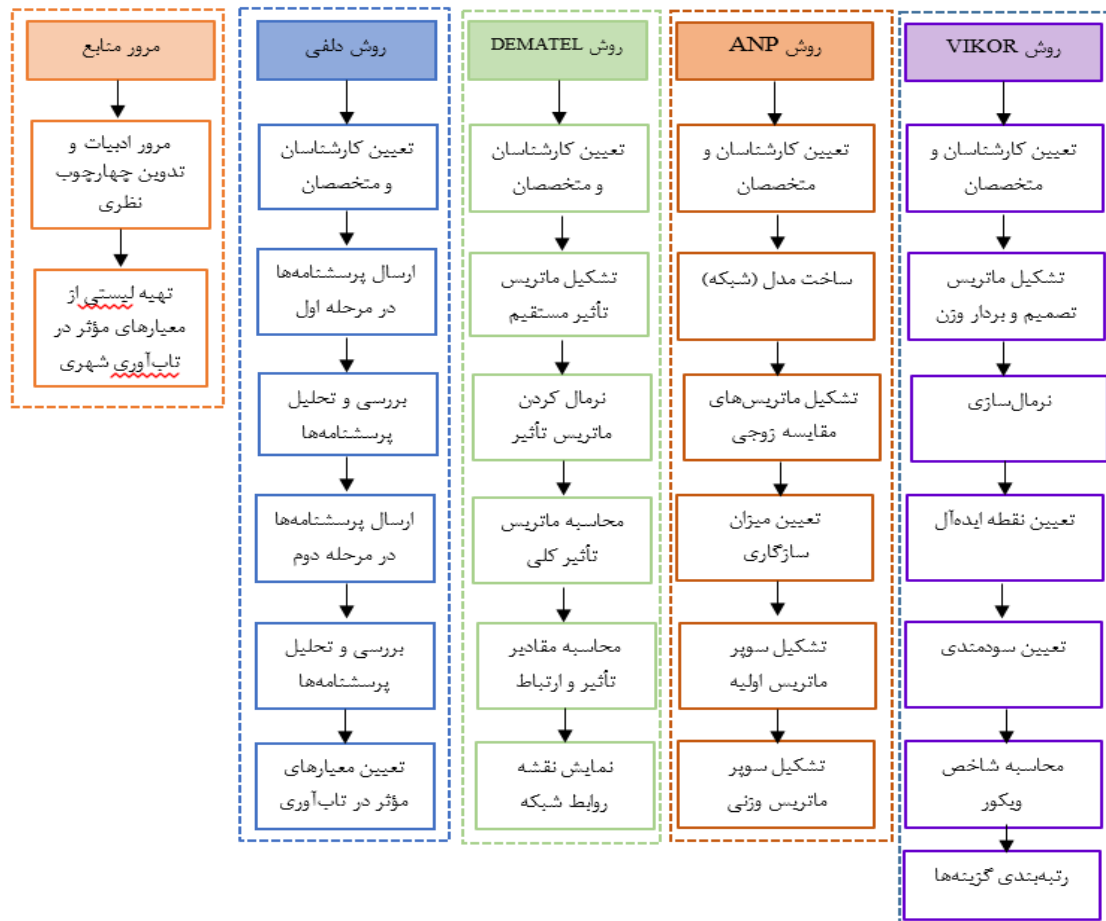
شهر تهران در حدفاصل ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی گسترده شده است (شکل ۲). جمعیت فعلی شهر تهران در حدود ۸۶۹۴۰۰۰ نفر بوده است. شهر تهران از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه تقسیم می‌شود. در بین مناطق شهر تهران، بیشترین مساحت به مناطق ۴ و کمترین مساحت به مناطق ۱۰ تعلق دارد.



شکل ۲. موقعیت شهر تهران در کشور و استان

۲.۲. روش پژوهش

این تحقیق به لحاظ روش از نوع توصیفی - تحلیلی و به لحاظ هدف از نوع کاربردی است. مراحل تحقیق مشتمل بر پنج مرحله است (شکل ۳). در مرحله اول این پژوهش پس از مرور ادبیات و تدوین چهارچوب نظری از روش دلفی به منظور غربالگری معیارهای مؤثر در تاب‌آوری استفاده گردید. سپس به منظور بررسی و ارزیابی روابط علت و معلولی میان معیارها و تعیین وزن آنها از روش DEMATEL-ANP استفاده گردید و در نهایت از روش VIKOR برای رتبه‌بندی تاب‌آوری مناطق استفاده شده است.



شکل ۳. مراحل انجام پژوهش

۳.۲. تعیین معیارهای مؤثر در تاب‌آوری شهری

در این پژوهش، جهت غربالگری معیارهای مورد مطالعه از روش دلفی استفاده شد. لذا، پس از بررسی ادبیات مربوط و نظرات خبرگان، پرسشنامه‌ای با ۵۳ زیرمعیار در ابعاد چهارگانه (اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی) طراحی گردید و در اختیار کارشناسان قرار گرفت. در اکثر تحقیقات دلفی تعداد متخصصین بین ۱۰ تا ۲۰ نفر را کافی می‌دانند و بیان می‌دارند که بیش از این تعداد منجر به تکرار نظرات می‌شود. در این پژوهش، ۲۵ پرسشنامه دلفی توزیع گردید که از این تعداد، ۲۰ پرسشنامه توسط خبرگان تکمیل گردید. در ادامه از خبرگان خواسته شد نظرات خود را در مقیاس ۵ ارزشی لیکرت بیان نمایند. در این پژوهش، تکنیک دلفی در دو مرحله ادامه یافت و در مرحله دوم ۱۱ معیار و ۳۱

زیرمعیار مؤثر بر تاب‌آوری مورد تأیید قرار گرفت. جدول‌های (۲) و (۳) معیارهای مؤثر و نحوه محاسبه زیرمعیارها و در شکل (۴) تعدادی از نقشه‌های زیرمعیارها در تاب‌آوری شهری ارائه گردیده است.

جدول ۲. معیارهای مؤثر در تاب‌آوری شهری

Literature	توضیحات	معیار
کامران‌زاد ^۱ و همکاران (۲۰۲۰)؛ علیزاده و شریفی ^۲ (۲۰۲۰)	وقوع بلایا و مخاطرات محیطی مختلف با منشأ طبیعی و انسانی و با داشتن اثرات نامطلوب انسانی و بوم‌شناختی، رویکرد افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر بلایای طبیعی ارزشمند گردیده است.	بلایا و مخاطرات طبیعی
روچ ^۳ و همکاران (۲۰۱۸)	در برنامه‌ریزی شهری، حفظ و بهبود کیفیت و کمیت منابع آب در راستای ارتقای مدیریت پایدار آب برای دستیابی به شهرهایی امن‌تر و تاب‌آورتر از اهمیت برخوردار است.	منابع آب
گارسیا ^۴ و همکاران (۲۰۱۷)	اثرات و پیامدهای ناشی از آلودگی‌های محیط‌زیستی نه تنها سلامت جسمی و روانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ بلکه با تهدید سلامت افراد به‌عنوان سرمایه‌های اجتماعی خساراتی را به ساختار جامعه وارد می‌نماید.	آلاینده‌های محیط
لارنس ^۵ و همکاران (۲۰۲۰)؛ شیم و کیم ^۶ (۲۰۱۵)	مشخصات توپوگرافی محیط به دلیل تأثیرگذاری بر مسائل هیدرولوژی، سازندهای سطحی، استقرار بناها و ایجاد تأسیسات مختلف از اهمیت برخوردار است.	توپوگرافی
طیبیان و رضاپور ^۷ (۲۰۱۶)	تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری امری ضروری در روند افزایش تاب‌آوری و بازیابی سریع عملکردهای شهری پس از بحران دارد.	زیرساخت شهری
پوراحمد و همکاران (۱۳۹۸)	شبکه شهری ناکارآمد، بافت‌های فرسوده و ساخت‌وسازهای فرسوده، توزیع نابسامان مراکز شهری از جمله عواملی است که به عدم تاب‌آوری در برابر بحران‌ها منجر می‌شود.	کاربری اراضی
لیو ^۸ و همکاران (۲۰۲۰)	فضاهای سبز با کارکردهای اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی خود، به محیط شهری کیفیت می‌بخشد و در نتیجه آن شهر، تاب‌آورتر می‌شود.	فضای سبز
طیبیان و رضاپور (۲۰۱۶)	امروزه بیکاری و افزایش فشارهای مالی مردم را مجبور به زندگی در نواحی ناامن می‌کند و آن‌ها را در گروه‌های آسیب‌پذیر قرار می‌دهد.	میزان اشتغال
نیوپورت و جواهر ^۹ (۲۰۰۳)	افزایش جمعیت مناطق شهری خارج از ظرفیت آن مشکلات کالبدی، اقتصادی و محیط‌زیستی فراهم می‌آورد. همچنین، میزان آگاهی و آموزش شهروندان در خصوص خطر و نحوه رویارویی با آن یکی از اقدامات مهم در زمینه کاهش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری شهری است.	جمعیت و آموزش
بهنداری و الینگ ^{۱۰} (۲۰۲۰)؛ توماس ^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۳)	بهبود وضعیت بهداشتی و ارائه امکانات مناسب از ارکان اساسی در ارتقا کیفیت زندگی سالم شهروندان و افزایش تاب‌آوری است.	وضعیت بهداشت و سلامت

¹ Kamranzad

² Alizadeh & Sharifi

³ Roach

⁴ Garcia

⁵ Lawrence

⁶ Shim & Kim

⁷ Tabibian & Rezapour

⁸ Liu

⁹ Newport & Jawahar

¹⁰ Bhandari & Alonge

¹¹ Thomas

Literature	توضیحات	معیار
دی وت و اریکسن ^۱ (۲۰۲۰)	در شرایط بحرانی، بیمه شرایط آرامش ذهن و جبران هزینه‌های اقتصادی را فراهم می‌کند و همان‌گونه که در تعریف تاب‌آوری آمده، تاب‌آوری توانایی بازگشتن از شرایط دشوار و ترمیم سیستم را فراهم می‌کند.	بیمه

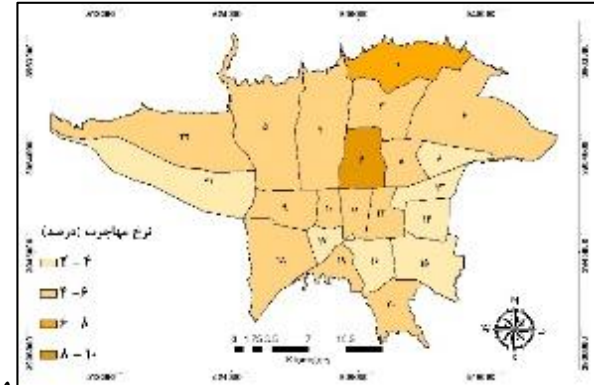
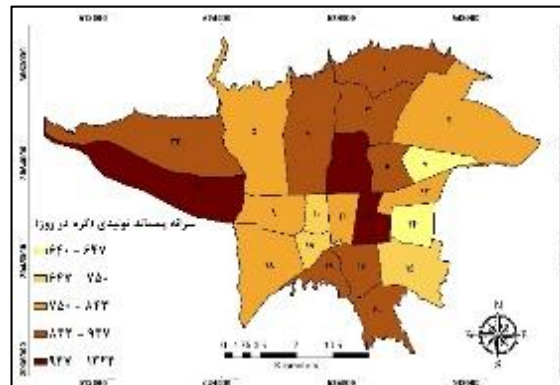
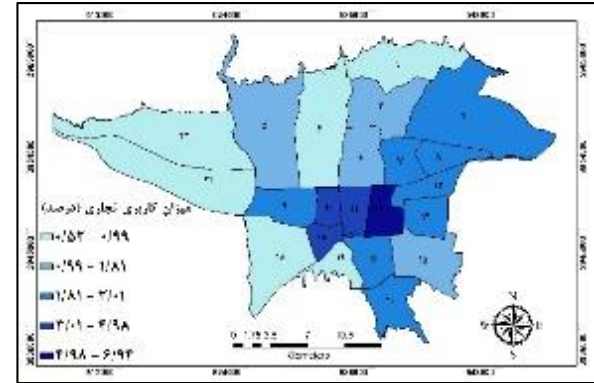
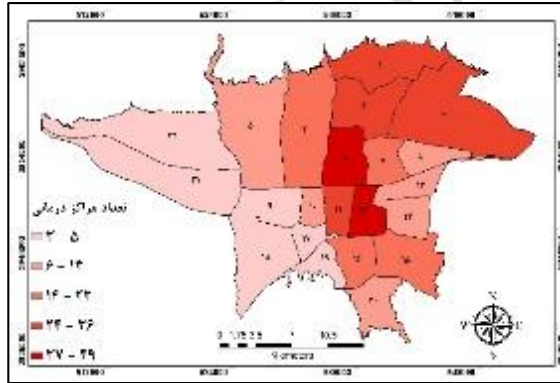
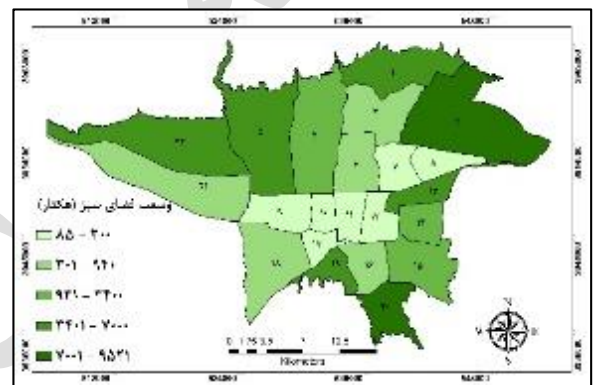
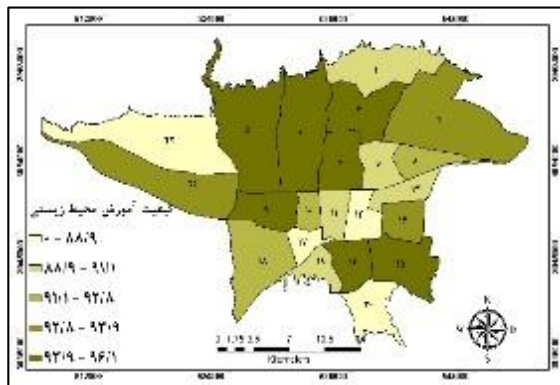
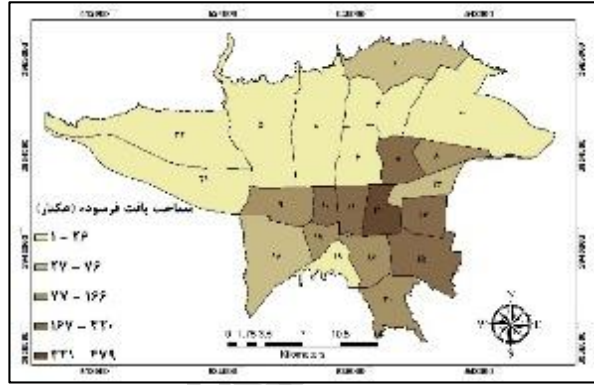
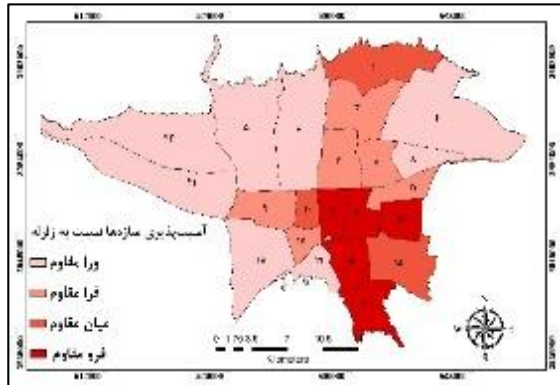
جدول ۳. زیر معیارهای مؤثر بر تاب‌آوری شهری و نحوه محاسبه آن‌ها

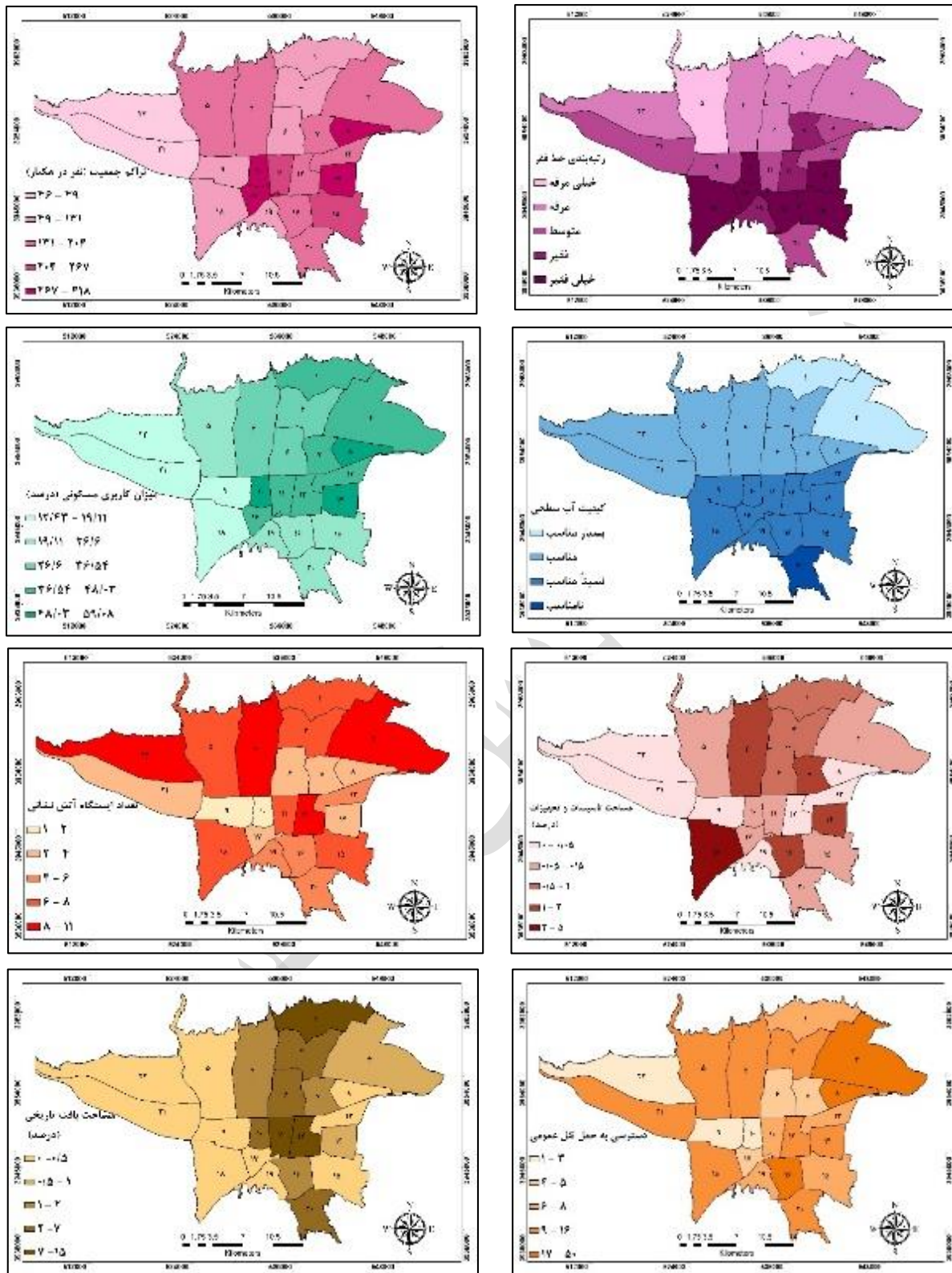
منبع	واحد	روش	زیرمعیار	معیار	محیط
کامران‌زاد و همکاران (۲۰۲۰)	درصد	تعیین آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در زمان وقوع زلزله براساس تراکم جمعیت، ارتفاع ساختمان، نوع کاربری، نوع مصالح، سن ساختمان و نزدیکی به زیرساخت‌های حیاتی	آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در زمان وقوع زلزله (A1-1)	بلایا و مخاطرات طبیعی (A1)	محیط‌زیستی (A)
زنگی‌آبادی و تبریزی (۱۳۸۵)	-	رتبه‌بندی آسیب‌پذیری سازه‌های هر منطقه از لحاظ مقاومت مصالح ساختمانی در برابر زلزله	آسیب‌پذیری سازه‌ها نسبت به زلزله (A1-2)		
سجادی و همکاران (۱۳۹۶)	لیتر در روز	رتبه‌بندی مناطق براساس میزان سرانه مصرفی آب هر منطقه تهران	سرانه آب مصرفی هر شهروند (A2-1)	منابع آب (A2)	
سجادی و همکاران (۱۳۹۶)	-	رتبه‌بندی مناطق براساس میزان آلودگی آب هر منطقه تهران	کیفیت آب سطحی (A2-2)		
سازمان محیط‌زیست، ۱۳۹۸	-	رتبه‌بندی مناطق تهران براساس شاخص PSI	میانگین غلظت آلاینده‌های هوا (A3-1)	آلاینده‌های محیط (A3)	
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۶)	مترمکعب در روز	میزان تولید پساب شهری به ازای هر هزار نفر در هر منطقه تهران	تولید پساب شهری (A3-2)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۶)	گرم به ازای هر فرد در روز	نسبت میزان تولید پسماند به جمعیت هر منطقه	سرانه پسماند تولیدی (A3-3)		
نگارندگان (۱۳۹۸)	درصد	میانگین درصد شیب هر منطقه از نقشه DEM	شیب (A4-1)	توپوگرافی (A4)	
سازمان نقشه‌برداری کشور (۱۳۹۸)	متر	میانگین ارتفاع هر منطقه از نقشه DEM	ارتفاع (A4-2)		
اطلس تهران (۱۳۸۵)	درصد	نسبت مساحت خدمات شش‌گانه آموزشی، اورژانسی، بهداشتی و درمانی، حمل‌ونقل، فرهنگی و تفریحی و ورزشی به مساحت هر منطقه تهران	دسترسی به تأسیسات شهری (B1-1)	زیرساخت شهری (B1)	
شهرداری تهران (۱۳۹۸)	-	مجموع تعداد تونل‌ها، پل‌ها، پل‌های عابر پیاده در هر منطقه تهران	معابر، پل‌ها، تونل‌ها (B1-2)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	-	تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در هر منطقه تهران	دسترسی به مراکز آتش‌نشانی (B1-3)		

¹. de Vet & Eriksen

منبع	واحد	روش	زیر معیار	معیار	محیط
شهرداری تهران (۱۳۹۸)	-	تعداد ایستگاه‌های مترو، تاکسی و اتوبوس در هر منطقه تهران	دسترسی به حمل نقل عمومی (B1-4)		
شهرداری تهران (۱۳۹۸)	-	تعداد مراکز درمانی (بیمارستان، درمانگاه، خانه بهداشت، کلینیک) در هر منطقه تهران	دسترسی به مراکز درمانی (B1-5)		
نگارندگان (۱۳۹۸)	درصد	نسبت مساحت اراضی آموزشی منطقه به مساحت هر منطقه تهران	میزان کاربری آموزشی (B2-1)	کاربری اراضی (B2)	
نگارندگان (۱۳۹۸)	درصد	نسبت مساحت اراضی تجاری منطقه به مساحت هر منطقه تهران	میزان کاربری تجاری (B2-2)		
نگارندگان (۱۳۹۸)	درصد	نسبت مساحت اراضی مسکونی منطقه به مساحت هر منطقه تهران	میزان کاربری مسکونی (B2-3)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	هکتار	مساحت بلوک‌های بافت فرسوده	بافت فرسوده (B2-4)		
اطلس تهران ، ۱۳۸۵	درصد	نسبت مساحت بافت تاریخی به مساحت منطقه	بناهای تاریخی (B2-5)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	هکتار	مساحت فضاهای سبز عمومی در هر منطقه	وسعت فضای سبز (B3-1)		فضای سبز (B3)
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	درصد	نسبت وسعت فضای سبز هر منطقه به جمعیت	تراکم فضای سبز (B3-2)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	درصد	نسبت جمعیت شاغل به جمعیت فعال ۱۰ ساله و بیشتر	نرخ اشتغال (C1-1)	میزان اشتغال (C1)	
موحد و همکاران (۱۳۹۵)	-	رتبه‌بندی مناطق براساس ۴۱ شاخص در ۴ بعد فقر مسکن، فقر اقتصادی، فقر اجتماعی و فقر فرهنگی - آموزشی	خط فقر (C1-2)		
نگارندگان (۱۳۹۸)	نفر در هکتار	نسبت جمعیت هر منطقه به مساحت	تراکم جمعیت (C2-1)	جمعیت و آموزش (C2)	
قاسمی اردهایی و کرد زنگنه (۱۳۹۶)	درصد	نسبت جمعیت مهاجر به جمعیت هریک از مناطق شهرداری تهران	نرخ مهاجرت در شهر (C2-2)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	درصد	نسبت جمعیت باسواد به جمعیت ۶ ساله و بیشتر	نرخ باسوادی - تحصیلات عمومی (C2-3)		
فرشته‌نژاد و همکاران (۱۳۸۹)	-	میزان امید به زندگی براساس متغیرهای مربوط به متوفیان همراه با متغیرهای مربوط به عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت در خانوار (شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، هزینه خانوار، سطح تحصیلات، وضعیت مسکن، پوشش بیمه‌ای، شغل سرپرست و ...	امید به زندگی (C3-1)	وضعیت بهداشت و سلامت (C3)	
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)	-	تعداد مرگ‌ومیر در هر منطقه	نرخ مرگ‌ومیر (C3-2)		

منبع	واحد	روش	زیر معیار	معیار	محیط
نگارندگان (۱۳۹۸)	-	تعداد بیمارستان در هر منطقه	تعداد بیمارستان (C3-3)		
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۶)	میلیون ریال	آمار پراکندگی حوادث و خسارات در مناطق شهری تهران	بیمه حوادث (C4-1)	بیمه (C4)	
سالنامه آماری تهران (۱۳۹۶)	-	رتبه بندی مناطق براساس کیفیت آموزش محیط زیستی شهروندان	آموزش شهروندان (D1-1)		نهادهی (D)





شکل ۵. نقشه تعدادی از زیرمعیارهای مؤثر در تاب‌آوری شهری

۲. ۴. مدل‌های مورد استفاده

در مرحله بعد، به منظور بررسی روابط علی و معلولی میان ابعاد و معیارهای مورد بررسی از روش DEMATEL استفاده گردید. DEMATEL یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای تئوری گراف است که موجب می‌شود برای درک بهتر روابط علی، نقشه روابط شبکه‌ای چندین معیار در گروه علت/معلول ترسیم شود (آقایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ چن و هو^۱، ۲۰۱۰). از برتری‌های این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه‌ی مقایسات زوجی، پذیرش بازخور روابط است. یعنی در ساختار سلسله مراتبی حاصل، هر عنصر می‌تواند بر تمام عناصر هم سطح، سطح بالاتر یا سطح پایین‌تر از خود تأثیر گذاشته و به صورت متقابل از تک‌تک آن‌ها تأثیر پذیرد (میرغفوری و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) برای برآورد وزن زیرمعیارها استفاده گردید. ANP هر موضوع و مسئله‌ای را به مثابه "شبکه‌ای" از معیارها و زیر معیارها می‌داند که با یکدیگر در خوشه‌هایی جمع شده‌اند. این قابلیت ANP امکان در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین این عناصر را فراهم آورده و در نتیجه نگرش دقیقی به مسائل پیچیده ارائه می‌کند. تأثیر عناصر بر عناصر دیگر در یک شبکه توسط یک سوپر ماتریس در نظر گرفته می‌شود (گارسیا ملون^۲ و همکاران، ۲۰۱۰، ص. ۱۴۵). در مرحله آخر، جهت رتبه‌بندی مناطق از روش VIKOR استفاده گردید. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها و تعیین راه‌حل‌های توافقی برای مسئله با معیارهای متضاد است (چن و ون^۳، ۲۰۰۹، ص. ۲۳۴). نویسندگان به دلیل محدودیت تعداد صفحات مقاله، برای بررسی فرآیند انجام روش DEMATEL-ANP و روش VIKOR مقالات ژو و همکاران^۴ (۲۰۲۰) و چن و ون^۵ (۲۰۰۹) را به محققان پیشنهاد می‌کنند.

۳. یافته‌ها

۳. ۱. نتایج تعیین روابط براساس روش DEMATEL

۳. ۱. ۱. تشکیل نمودار علی در رابطه با ابعاد و معیارهای مورد بررسی در تاب‌آوری شهری

در این مرحله، چهار مرتبه روش DEMATEL پیاده‌سازی گردید. یک مرتبه برای ابعاد اصلی و سه مرتبه برای معیارهای هر بعد این فرآیند صورت گرفت. مجموع سطرها و ستون‌ها به ترتیب ماتریس D و R نامیده می‌شود. از جمع و تفریق این دو، ماتریس برتری (D+R) و ماتریس ارتباط (D-R) به دست می‌آید. جدول‌های (۴) و (۵) میزان ارتباطها را نشان می‌دهد.

1. Chen & Hu
2. Garcia-Melon
3. Chen & Wan
4. Xu
5. Chen & Wan

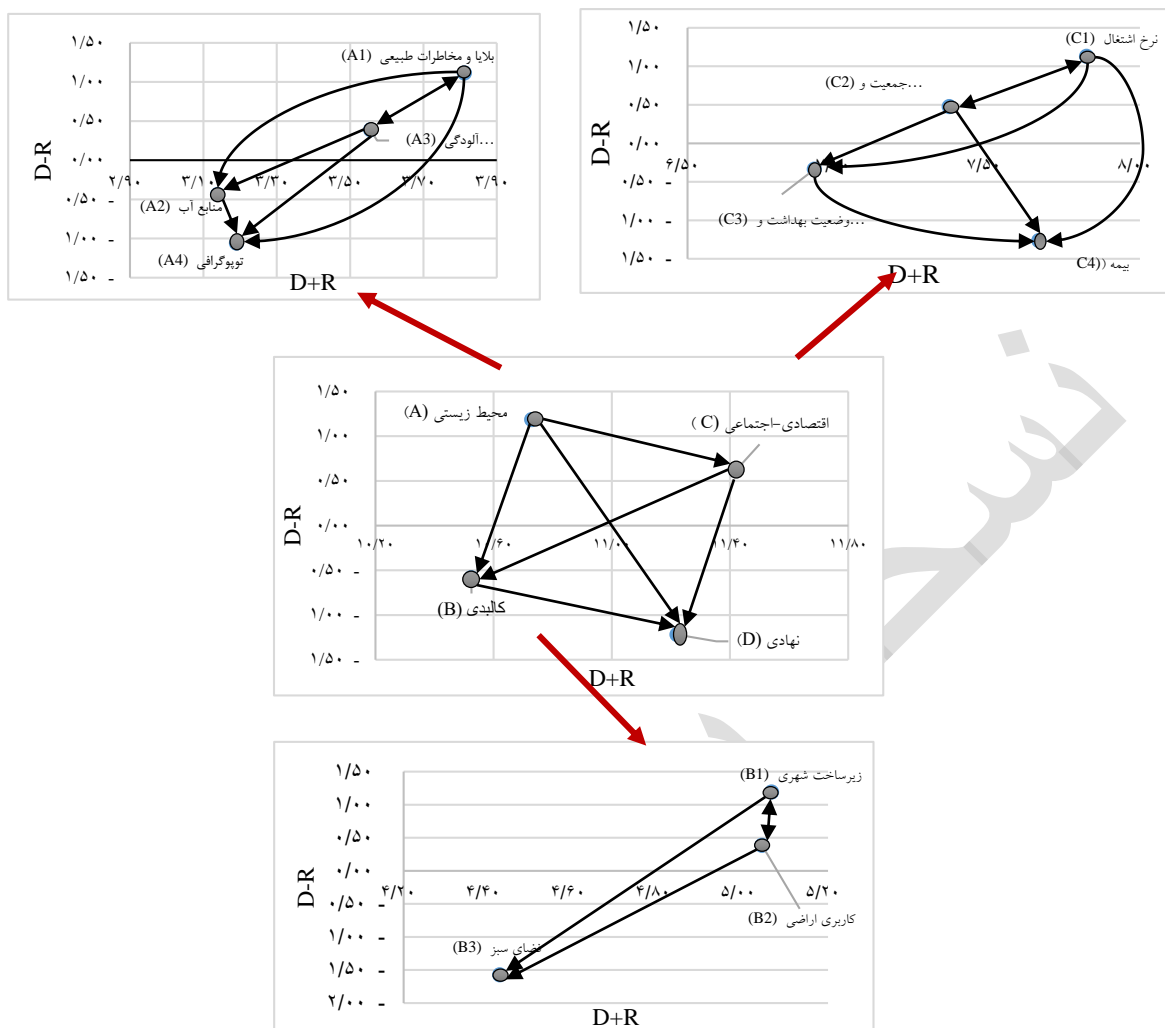
جدول ۴. ماتریس اهمیت و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ابعاد تاب‌آوری شهری

Di-Ri	Di+Ri	Ri	Di	بعد
۱/۱۸	۱۰/۷۳	۴/۷۷	۵/۹۶	محیط‌زیستی
-۰/۵۸	۱۰/۵۲	۵/۵۵	۴/۹۷	کالبدی
۰/۶۲	۱۱/۴۲	۵/۴۰	۶/۰۲	اقتصادی- اجتماعی
-۱/۲۲	۱۱/۲۲	۶/۲۲	۵	نهادی

جدول ۵. ماتریس اهمیت و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری معیارهای تاب‌آوری شهری

Di-Ri	Di+Ri	Ri	Di	معیار
۱/۱۱	۳/۸۱	۱/۳۵	۲/۴۶	بلایا و مخاطرات طبیعی
-۰/۴۴	۳/۱۴	۱/۷۹	۱/۳۵	منابع آب
۰/۳۹	۳/۵۶	۱/۵۸	۱/۹۷	آلاینده‌های محیط
-۱/۰۶	۳/۱۹	۲/۱۳	۱/۰۶	توپوگرافی
۱/۱۹	۵/۰۷	۱/۹۴	۳/۱۳	زیرساخت شهری
۰/۳۸	۵/۰۴	۲/۳۳	۲/۷۱	کاربری اراضی
-۱/۵۷	۴/۴۳	۳	۱/۴۳	فضای سبز
۱/۱۳	۷/۸۲	۳/۳۵	۴/۴۷	میزان اشتغال
۰/۴۸	۷/۳۷	۳/۴۵	۳/۹۲	جمعیت و آموزش
-۰/۳۴	۶/۹۲	۳/۶۳	۳/۲۹	وضعیت بهداشت و سلامت
-۱/۲۶	۷/۶۷	۴/۴۶	۳/۲۰	بیمه

در جدول (۴) و (۵) مقادیر مربوط میزان اهمیت معیارها و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آن‌ها ارائه شده است، براساس مقادیر $D+R$ و $D-R$ جدول (۵) می‌توان نمودار علی معیارها را رسم نمود (شکل ۶). معیارهایی که در بالای محور X قرار دارند دارای $(D-R)$ مثبت هستند این معیارها جنبه علت دارند و تأثیرگذاری آن‌ها از تأثیرپذیری آن‌ها بیشتر است و معیارهایی که در پایین محور X هستند دارای $(D-R)$ منفی هستند این معیارها در پژوهش جنبه معلول دارند یعنی از تأثیرپذیری بالاتری برخوردارند.



شکل ۶. نمودار علی ابعاد و معیارهای تاب‌آوری شهر

براساس شکل (۶)، روند تأثیرگذاری ابعاد مورد بررسی به صورت $(A \rightarrow [C B D])$ است. به عبارتی معیار محیط‌زیستی با بیشترین مقدار (D-R) در قسمت بالای نمودار قرار گرفته و نشان می‌دهد این معیار تأثیرگذارترین معیار است و پس از آن معیارهای اقتصادی-اجتماعی، فیزیکی و نهادی قرار دارد. درک این روابط علت و معلولی به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا برای حل مسائل تاب‌آوری تصمیم‌گیری کنند. به عنوان مثال، برنامه‌ریزان شهری ابتدا باید نسبت به توسعه بعد محیط‌زیستی (A) و سپس ابعاد اجتماعی-اقتصادی (C)، کالبدی (B) و نهادی (D) اقدام کنند. علاوه بر این در شکل (۶) جایگاه هر یک از معیارها در بعد محیط‌زیستی، اقتصادی-اجتماعی و کالبدی را مشخص می‌کند. در بعد محیط‌زیستی بر معیارهای A1، A2 و A3 تأثیر می‌گذارد. با توجه به اینکه مقدار (D-R) معیار بلایا و مخاطرات طبیعی و آلودگی (A1) مثبت است از این‌رو، این زیرمعیار در گروه علت قرار می‌گیرد و معیارهای منابع آب و توپوگرافی با توجه به منفی بودن میزان مقادیر (D-R) در گروه معلول قرار می‌گیرند. همچنین با توجه به مقدار (D-R)، معیار توپوگرافی به عنوان تأثیرپذیرترین معیار محیط‌زیستی تاب‌آوری شهری شناخته شد. براساس شکل (۶) در بخش اقتصادی-اجتماعی، معیارهای نرخ اشتغال و جمعیت و آموزش با توجه به مثبت بودن مقدار (D-R) در

گروه علت قرار می‌گیرد. همچنین، مقدار (D-R) برای معیارهای وضعیت بهداشت و سلامت و بیمه منفی است از این رو این دو معیار در گروه معلول قرار می‌گیرند. همچنین با توجه به مقدار (D-R) نرخ اشتغال تأثیرگذارترین معیار اقتصادی-اجتماعی در تاب‌آوری شهری شناخته می‌شوند. روند تأثیرگذاری معیارهای اقتصادی-اجتماعی به صورت (C1→[C2 C3 C4]) است. همچنین در بعد کالبدی، روند تأثیرگذاری معیارها به صورت B1 بر معیارهای B2 و B3 (B1→[B2 B3]) است. این یافته نشان می‌دهد که مقادیر B1 (زیرساخت شهری) و B2 (کاربری زمین) بین این معیارها مثبت است و می‌تواند بر همه معیارها تأثیر بگذارد. معیار زیرساخت شهری دارای بالاترین مقدار (D-R) با ۱/۱۹ است که بر سایر معیارهای بعد کالبدی تأثیر می‌گذارد. نتایج نشان می‌دهد که معیار فضای سبز (B3) منفی است و تحت تأثیر معیارهای دیگر است. بنابراین مدیران شهری می‌توانند با رعایت استانداردهای بین‌المللی طراحی و برنامه‌ریزی برای تأمین زیرساخت‌ها و امکانات، تاب‌آوری شهری را در بعد کالبدی ارتقا دهند.

۳.۲. نتایج روش ANP

در روش ANP، نرخ ناسازگاری محاسبه شده ماتریس‌ها کمتر از ۰/۱ بود، بنابراین ماتریس‌ها از سازگاری مناسب برخوردار هستند. در مرحله بعد برای تعیین وزن روابط درونی، ماتریس ارتباطات کل DEMATEL نیز به صورت ستونی نرمال شده به عنوان روابط درونی عوامل در سوپرماتریس ANP قرار می‌گیرند که نتایج آن در شکل - ارائه شده است.



شکل ۷- مقایسه زوجی ابعاد و معیارهای مورد بررسی

۳.۲.۱. اوزان نهایی معیارها

با استفاده از اوزان به دست آمده از سوپر ماتریس حدی می توان عوامل پژوهش را اولویت بندی نمود زیرا اوزان موجود در این سوپر ماتریس همان اوزان نهایی عوامل است (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. وزن نهایی معیارها

رتبه	وزن نهایی	زیر معیار	رتبه	وزن نهایی	معیار	رتبه	وزن نهایی	بعد
۱	۰/۰۷۷	A1-1	۲	۰/۱۲۰	A1	۱	۰/۲۷	A
۲	۰/۰۶۱	A1-2						
۷	۰/۰۴۴	A2-1	۹	۰/۰۷۳	A2			
۱۷	۰/۰۲۷	A2-2						
۱۶	۰/۰۲۸	A3-1	۵	۰/۰۹۹	A3			
۱۴	۰/۰۳۱	A3-2						
۱۴	۰/۰۳۱	A3-3						
۲۷	۰/۰۰۳	A4-1	۱۱	۰/۰۵۸۳	A4			
۲۶	۰/۰۰۴	A4-2						
۲۳	۰/۰۲۰	B1-1	۱	۰/۱۲۶	B1			
۱۶	۰/۰۲۸	B1-2						
۲۲	۰/۰۲۱	B1-3						
۲۳	۰/۰۲۰	B1-4						
۸	۰/۰۴۱	B1-5						
۲۴	۰/۰۱۴	B2-1	۳	۰/۱۰۹	B2			
۲۵	۰/۰۱۱	B2-2						
۲۶	۰/۰۱۰	B2-3						
۳	۰/۰۵۸	B2-4						
۱۸	۰/۰۲۵	B2-5						
۱۲	۰/۰۳۴	B3-1	۱۰	۰/۰۶۲	B3			
۱۶	۰/۰۲۸	B3-2						
۴	۰/۰۵۴	C1-1	۴	۰/۱۰۵	C1	۲	۰/۲۶	C
۵	۰/۰۵۰	C1-2						
۶	۰/۰۴۷	C2-1	۶	۰/۰۹۳	C2			
۱۰	۰/۰۳۷	C2-2						
۹	۰/۰۴۰	C2-3						
۱۹	۰/۰۲۴	C3-1	۷	۰/۰۷۸	C3			
۲۰	۰/۰۲۳	C3-2						
۱۵	۰/۰۳۰	C3-3						
۱۳	۰/۰۳۲	C4-1	۸	۰/۰۷۷	C4			
۲۱	۰/۰۲۲	D1-1						

در بین ابعاد مورد بررسی، بعد محیط زیستی با وزن ۰/۲۷ رتبه اول را کسب کرده و ابعاد اقتصادی-اجتماعی، کالبدی و نهادی با وزن ۰/۲۶، ۰/۲۴ و ۰/۲۳ رتبه های دوم تا چهارم را کسب کرده اند. همچنین در بین معیارهای محیط زیستی،

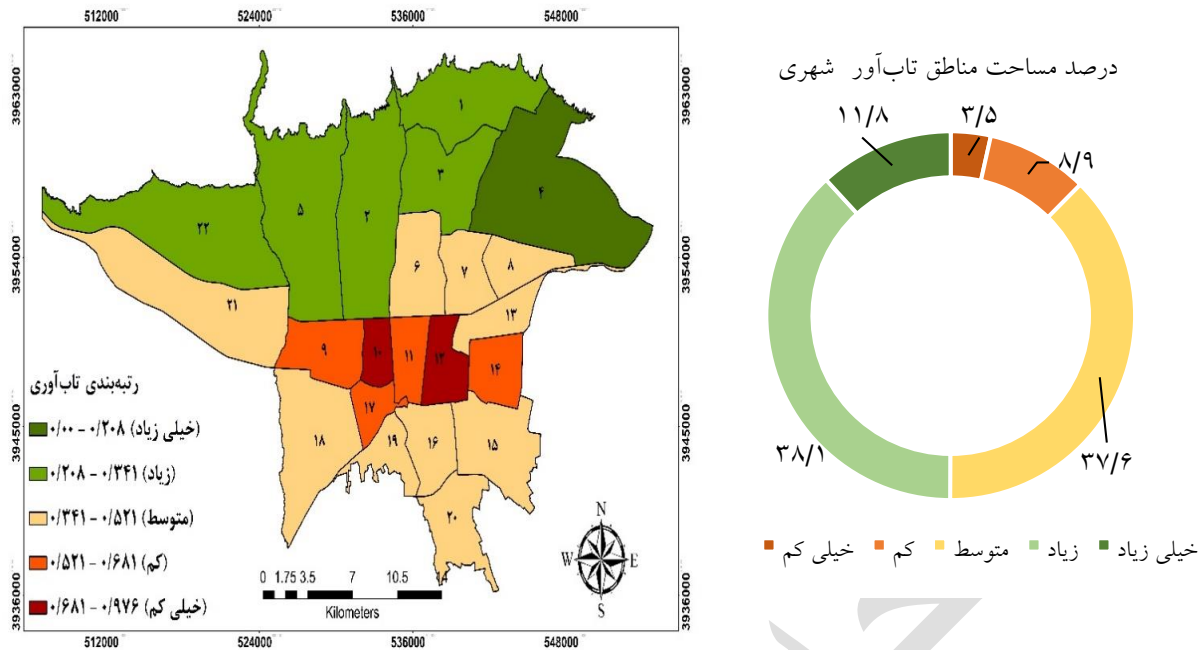
بلایا و مخاطرات طبیعی با وزن ۰/۱۲ و آلاینده‌های محیط با وزن ۰/۰۹۹ رتبه‌های اول و دوم را دارند. در بین معیارهای کالبدی، زیرساخت شهری و کاربری اراضی با وزن ۰/۱۲۶ و ۰/۱۰۹ رتبه‌های اول و دوم را کسب کرده اند. در بین معیارهای محیط اقتصادی-اجتماعی، نرخ اشتغال با وزن ۰/۱۰۵ رتبه اول را کسب کرده است. جمعیت و آموزش با وزن ۰/۰۹۳ و وضعیت بهداشت و سلامت با وزن ۰/۰۷۸ رتبه‌های دوم و سوم را کسب کرده است. در بین معیارهای نهادی، آموزش شهروندان وزن ۰/۰۲۲ را کسب کرده است.

۳.۳. نتایج حاصل از روش VIKOR

میزان تاب‌آوری مناطق شهری تهران با استفاده از مدل ویکور مورد سنجش قرار گرفت. در ابتدا، ماتریس تصمیم‌گیری شامل ۲۲ منطقه تهران به‌عنوان ردیف‌های ماتریس و ۳۱ زیرمعیار تشکیل و براساس روش نرم بی‌مقیاس گردیدند (جدول ۱۱). شکل (۱۰) نمایش بصری تاب‌آوری مناطق شهری نمایش داده شده است.

جدول ۱۱. رتبه‌بندی تاب‌آوری مناطق شهر تهران با روش ویکور

رتبه	Q	R	S	منطقه	رتبه	Q	R	S	منطقه
۲۲	۰/۹۷۶	۰/۰۷۷	۰/۶۷۷	۱۲	۲	۰/۲۰۸	۰/۰۴۴	۰/۲۹۲	۱
۸	۰/۴۰۰	۰/۰۴۴	۰/۴۶۲	۱۳	۴	۰/۳۲۴	۰/۰۵۴	۰/۳۰۲	۲
۲۰	۰/۶۸۱	۰/۰۵۸	۰/۵۸۴	۱۴	۳	۰/۳۰۹	۰/۰۴۴	۰/۳۸۱	۳
۱۴	۰/۴۷۲	۰/۰۴۴	۰/۵۲۶	۱۵	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲۷	۰/۲۵۶	۴
۱۶	۰/۵۲۱	۰/۰۵۰	۰/۵۱۴	۱۶	۵	۰/۳۳۰	۰/۰۵۴	۰/۳۰۷	۵
۱۸	۰/۶۰۹	۰/۰۵۰	۰/۵۹۲	۱۷	۹	۰/۴۰۲	۰/۰۴۴	۰/۴۶۳	۶
۱۲	۰/۴۵۲	۰/۰۵۰	۰/۴۵۳	۱۸	۱۱	۰/۴۱۵	۰/۰۴۴	۰/۴۷۵	۷
۱۰	۰/۴۰۶	۰/۰۴۴	۰/۴۶۷	۱۹	۱۵	۰/۵۰۲	۰/۰۴۷	۰/۵۲۵	۸
۷	۰/۳۹۱	۰/۰۵۴	۰/۳۶۱	۲۰	۱۹	۰/۶۰۹	۰/۰۵۴	۰/۵۵۴	۹
۱۳	۰/۴۶۹	۰/۰۵۴	۰/۴۳۰	۲۱	۲۱	۰/۸۴۲	۰/۰۶۱	۰/۶۹۸	۱۰
۶	۰/۳۴۱	۰/۰۴۴	۰/۴۳۶	۲۲	۱۷	۰/۵۴۲	۰/۰۵۸	۰/۴۶۲	۱۱



شکل ۱۰. نقشه رتبه‌بندی تاب‌آوری مناطق شهرداری تهران

۴. بحث

براساس نتایج ANP، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در زمان وقوع زلزله (۰/۰۷۷)، آسیب‌پذیری سازه‌ها (۰/۰۶۱)، بافت فرسوده (۰/۰۵۸)، نرخ اشتغال (۰/۰۵۴) و خط فقر (۰/۰۵۰) از مهم‌ترین زیرمعیارها در ارزیابی تاب‌آوری شهری هستند. براساس نتایج، آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی و سازه‌ها نسبت به زلزله اولین و دومین معیار مهم در بررسی تاب‌آوری شهر تهران است. مناطق ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۲۰ از لحاظ مقاومت مصالح ساختمانی و میزان آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در برابر زلزله آسیب‌پذیری بیشتری داشته و در صورت وقوع احتمالی حوادث با بحران شدیدتری نسبت به سایر مناطق روبرو خواهند بود. براساس مطالعه زنگی‌آبادی و تبریزی (۱۳۸۵) متأسفانه درصد واحدهای مسکونی با اسکلت بتون آرمه در اکثر مناطق شهر تهران بسیار پایین بوده است و تنها در منطقه ۲۲ به صفر می‌رسد. همچنین، میزان بافت فرسوده در شهر تهران سومین معیار اثرگذار در تاب‌آوری شناخته شد. براساس گزارش سالنامه آماری تهران (۱۳۹۸)، بیشترین میزان بافت فرسوده در مناطق ۱۲، ۱۰، ۱۱ و ۱۴ به ترتیب با مساحت ۴۷۹، ۳۲۰، ۲۷۰، ۱۸۷ و ۱۹۰ هکتار قرار دارد. به لحاظ عددی بیشترین میزان بافت فرسوده را منطقه ۱۲ با حدود ۴۷۹ هکتار دارد و به لحاظ نسبت بافت فرسوده نیز بیشترین میزان بافت فرسوده نسبت به مساحت در منطقه ۱۰ قرار دارد یعنی ۴۰ درصد منطقه ۱۰ بافت فرسوده است.

سومین و چهارمین معیار پراهمیت، معیار اشتغال و فقر است که با یکدیگر ارتباط مستقیم دارند. مناطق ۱۶، ۱۴ و ۱۵ در میزان فقر و محرومیت بسیار زیاد به سر می‌برند. در واقع تمرکز فقر شهر تهران بیشتر در بخش جنوبی و در حاشیه شهر واقع شده است و این مسئله در مناطق حاشیه‌ای منجر به ایجاد سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل میزان درآمد پایین مردم شده است که منجر به فرسودگی و ناپایداری ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها و مصالح غیراستاندارد شده است که آن‌ها را در برابر وقوع بحران‌ها آسیب‌پذیرتر می‌کند. در این پژوهش جهت بررسی فقر شهر تهران از فقر چندبعدی بر اساس

چهار ویژگی درآمد، مسکن و آموزش و سلامت عمومی با استناد به نتایج موحد و همکاران (۱۳۹۵) بهره گرفته شده است. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در تمام عوامل فقر مسکن، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و آموزشی، مناطق ۱۸، ۱۷، ۱۶، ۱۵ و ۱۰ بالاترین رتبه‌ها را داشته‌اند. همچنین، همپوشانی نقشه بافت فرسوده با نقشه فقر نشان داد که مناطق ۱۲، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ با بیشترین بافت فرسوده با شاخص‌های فقر شهری همپوشانی داشته‌اند. در واقع، می‌توان گفت فقر شهری در محله‌های شهر تهران تمرکز فضایی پیدا کرده و بیشتر در بافت‌های فرسوده و سکونتگاه‌های غیررسمی رخساره نموده است. بنابراین بین محله‌های فقیرنشین و بافت فرسوده، در شهر تهران نوعی همپوشانی وجود دارد.

همچنین، نتایج تحلیل مناطق براساس مدل ویکور نشان داد که منطقه ۴ با درجه مطلوبیت ۰/۰۰ تاب‌آورترین منطقه است. پس از آن منطقه ۱ با شاخص مطلوبیت ۰/۲۰۸، منطقه ۳ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۰۹ و منطقه ۲ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۲۴، منطقه ۵ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۳۰ و منطقه ۲۲ با شاخص مطلوبیت ۰/۳۴۱ در رتبه‌های دوم تا ششم با سطح تاب‌آوری بالا قرار دارند به‌طور کلی این مناطق منطبق بر بخش شمالی شهر تهران می‌باشند و در مجموع ۴۹/۹۷ درصد از مساحت تهران را شامل می‌شوند. همچنین مناطق ۶، ۷، ۸، ۱۶، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۱۳ و ۱۵ در سطح تاب‌آوری متوسط قرار دارند که ۳۷/۶۳ درصد از مساحت شهر را شامل می‌شوند. مناطق ۹، ۱۴، ۱۱ و ۱۷ و مناطق ۱۰ و ۱۲ به ترتیب در سطح تاب‌آوری کم و خیلی کم قرار دارند و در مجموع ۸/۸۶ و ۳/۵۳ درصد از مساحت شهر را شامل می‌شوند. براساس نتایج، منطقه ۱۰ و ۱۲ شهر تهران به‌عنوان مناطقی با تاب‌آوری خیلی کم شناخته شد. این مناطق به ترتیب با ۴۷۹ و ۳۲۰ هکتار بافت فرسوده جزو مناطقی با بیشترین بافت فرسوده در تهران هستند که به دلیل نوع مصالح ساختمانی آسیب‌پذیری بالایی در هنگام بحران دارند. از طرفی ارزش بالای زمین و سود بالای کاربری‌های تجاری در این منطقه که قلب تجاری تهران و ایران است باعث شده تا تغییرات کاربری به سمت کاربری‌های تجاری شکل بگیرد که این مسئله در کاهش اختلاط کاربری، افزایش حجم ترافیک و کاهش تاب‌آوری این مناطق مؤثر بوده است. همچنین، بررسی تعداد مراکز درمانی از عدم تعادل در توزیع و پراکنش این خدمات در سطح این مناطق و به تبع آن کاهش دسترسی و عدم واکنش سریع به هنگام بروز بحران حکایت دارد.

در این پژوهش، مطالعه پژوهش‌هایی که در زمینه تاب‌آوری انجام شده است، نشان می‌دهد که تاکنون رتبه‌بندی جهانی بر مبنای تاب‌آوری شهرها در جهان انجام نشده است، اما مطالعاتی برای رتبه‌بندی شهرها براساس شاخص‌های کیفیت شهری و زیست‌پذیری صورت گرفته است که از نظر معیار تا حدود زیادی شبیه به معیارهای تاب‌آوری است. مؤسسه مرکز^۱ (۲۰۱۹) گزارشی را منتشر کرد و ۴۵۰ شهر را در سراسر جهان بر اساس ۹ شاخص مورد ارزیابی قرار داده است. در این سال وین، زوریخ و ونکوور در رتبه‌های اول تا سوم و تهران در جایگاه ۱۹۹ قرار دارد. این بررسی در دو سال اخیر به دلیل شیوع کرونا در جهان انجام نشده است. همچنین، در مقایسه با نتایج سایر پژوهش‌ها، نامجویان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی بیان کردند که زیرمعیار درصد آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در زمان وقوع زلزله (۰/۰۷۷) بیشترین اهمیت را دارند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. باقرنژاد و عزیزی (۱۳۹۹) در پژوهشی بیان کردند محلات شمالی و مرکزی تهران به نسبت محلات جنوبی در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارند که با نتایج این پژوهش هم راستا است. البته آن‌ها تاب‌آوری شهر تهران را در سطح محلات و در ۵ بعد (اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی، همسایگی

^۱. Mercer

و مشارکت) و بدون در نظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی رتبه‌بندی کردند. این پژوهش از نظر سطح مقیاس و معیارهای به کار گرفته شده متفاوت با پژوهش فوق است. خزاعی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی بیان کردند الگوی کلی زیست‌پذیری نامطلوب منطقه ۱۲ تهران تحت تأثیر بازار به‌عنوان مهم‌ترین عنصر اقتصادی، کالبدی و اجتماعی در شهر تهران است که با نتایج این پژوهش در این منطقه هم راستا است. البته آن‌ها زیست‌پذیری شهر تهران را در سطح یک منطقه تهران و با استفاده از روش پرسشنامه و روش‌های آماری در یک منطقه تهران به‌دست آوردند که از نظر سطح مقیاس، روش تحقیق و نحوه توزیع مکانی داده‌ها متفاوت با پژوهش فوق است. تحقیقی در مورد ارزیابی تاب‌آوری شهری با روش TOPSIS فازی در چین توسط ژوان و یوان^۱ (۲۰۲۰) صورت گرفته است. تفاوت این پژوهش با پژوهش ذیل در استفاده از نظریه مجموعه فازی برای کنترل عدم قطعیت ذاتی درگیر در نظرات ذهنی کارشناسان بوده است. هوانگ و لو^۲ (۲۰۲۱) در پژوهشی از Z-DEMATEL برای تعیین روابط تأثیرگذار متقابل میان معیارها برای ارزیابی تاب‌آوری شش شهر تایوان استفاده کرد. مزیت پژوهش آنها استفاده از روش فازی دوزنقه‌ای برای انعکاس عدم قطعیت کارشناسان بوده است؛ در حالی که در این پژوهش، نویسندگان علاوه بر روش DEMATEL از روش ANP برای تعیین وزن معیارها و از روش ویکور نیز برای رتبه‌بندی مناطق استفاده کردند. اورنسیو و فوجی^۳ (۲۰۱۳) به بررسی تاب‌آوری شهر ساحلی فیلیپین با روش AHP پرداختند. در این پژوهش نیز مانند پژوهش فوق از پرسشنامه دلفی به‌منظور استخراج معیارها و از روش AHP برای تعیین وزن معیارها استفاده کردند در حالی که در این پژوهش، نویسندگان از روش دیمتل به‌منظور تجزیه و تحلیل کمی روابط متقابل میان معیارها و از روش ANP به‌دلیل لحاظ کردن روابط درونی معیارها و زیرمعیارها و مزیت‌های بیشتر نسبت به روش AHP برای تعیین وزن معیارها استفاده کردند.

۵. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تاب‌آوری شهری به‌منظور استفاده از برنامه‌های مدیریتی و پیشگیری قبل از وقوع مخاطرات با استفاده از روش تلفیقی دلفی و ترکیب DEMATEL-ANP برای تعیین روابط متقابل بین معیارها و اهمیت آن‌ها و از روش ویکور برای رتبه‌بندی مناطق شهر تهران استفاده شد. نتایج حاصل از مدل ویکور نشان داد که ۵۰ درصد از منطقه (۳۰۵۹۵ هکتار) از تاب‌آوری خیلی زیاد و زیاد، ۳۷/۶ درصد (۲۳۰۴۱ هکتار) از تاب‌آوری متوسط، ۸/۹ درصد (۵۴۲۵ هکتار) از تاب‌آوری کم، ۳/۵ درصد (۲۱۶۲ هکتار) از تاب‌آوری خیلی کم برخوردار است. لذا نیاز است برنامه‌ریزان شهری با شناخت نقاط ضعف و قوت هر منطقه برنامه‌های بهسازی را در راستای ارتقا تاب‌آوری انجام دهند. شایان ذکر است که براساس نتایج پژوهش، برنامه‌های بهسازی اولیه در ارتقا تاب‌آوری باید مربوط به معیارهایی با وزن‌های با اهمیت بالا اما عملکرد پایین همچون آسیب‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی در زمان وقوع زلزله، میزان آسیب‌پذیری سازه‌ها نسبت به زلزله، میزان بافت فرسوده، نرخ اشتغال و خط فقر باشد؛ زیرا بهبود این معیارها می‌تواند سهم بسزایی در افزایش سطح تاب‌آوری شهر تهران داشته باشد. در این پژوهش از معیارهای مختلفی در چند بعد برای نشان دادن میزان تاب‌آوری در برابر تنش‌ها و تکانه‌های غیرقابل پیش‌بینی استفاده شد. با این حال، در دسترس نبودن

¹ Xun & Yuan

² Huang & Lo

³ Orenco & Fujii

داده‌ها برای برخی معیارها از محدودیت‌های مطالعه بود. در نتیجه، برخی از معیارها باید حذف شوند زیرا ممکن است بر نتایج به‌دست‌آمده تأثیر بگذارند. به‌عنوان مثال، بعد نهادی، که نقش مهمی در مرحله آمادگی و برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری در برابر خطر ایفا می‌کند، تنها با یک زیرمعیار بررسی شد. در نهایت پیشنهاد می‌شود تحقیقات بیشتری در مورد تاب‌آوری عوامل مؤثر در هر یک از ابعاد معرفی شده انجام شود. در عین حال، می‌توان از سایر روش‌های دیگر MADM برای بررسی دقیق‌تر تفاوت بین این روش‌ها استفاده کرد. علاوه بر این، عدم قطعیت ذاتی درگیر در نظرات ذهنی کارشناسان را می‌توان از طریق تئوری مجموعه‌های فازی (به‌عنوان مثال استفاده از تکنیک‌های MADM فازی) در چارچوب پیشنهادی گنجانند.

کتاب‌نامه

۱. احمدزاده، ح.، و امین‌زاده، ب. (۱۳۹۸). ارزیابی ابعاد تاب‌آوری شهری با استفاده از روش میانگین مجموع فواصل از حد بهینه. هویت شهر، ۱۴(۱)، ۳۳-۴۴.
۲. آقای، ر.، آقای، ا.، حسینی ناجی‌زاده، ر. (۱۳۹۴). شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های کلیدی مؤثر بر نگهداری و تعمیرات چابک با استفاده از رویکرد دلفی فازی و دیمتل فازی. مدیریت صنعتی، ۷(۴)، ۶۴۱-۶۷۲.
۳. باقرنژاد، ا.، و عزیزی، م. م. (۱۳۹۹). توزیع فضایی تاب‌آوری در برابر سوانح در سطح محلات کلان‌شهر تهران. هویت شهر، ۱۴(۴۲)، ۱-۱۵.
۴. بهتاش، م. ر.، کی‌نژاد، م. ع.، پیربابایی، م. ت.، و عسگری، ت. (۱۳۹۲). ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز. هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی، ۱۸(۳)، ۴۲.
۵. پوراحمد، ا.، زیاری، ک. ا.، ابدالی، ی.، و صادقی، ع. (۱۳۹۸). تحلیل معیارهای تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری در برابر زلزله با تأکید بر تاب‌آوری کالبدی (منطقه ۱۰ شهرداری تهران). برنامه‌ریزی شهری، ۱۰(۳۶)، ۱-۲۱.
۶. حیدری، م. ت.، طهماسبی مقدم، ا.، و اکبری، ب. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی بافت مرکزی شهرها در برابر سوانح (نمونه موردی: منطقه ۸ شهر شیراز، جغرافیا و توسعه فضای شهری، انتشار آنلاین از ۳۱ فروردین ۱۴۰۱).
۷. خزاعی‌نژاد، ف.، سلیمانی مهرنجانی، م.، و زنگانه، ا. (۱۳۹۷). ارزیابی زیست‌پذیری محله‌های منطقه ۱۲ شهر تهران، جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۱۵(۱)، ۷۰-۴۵.
۸. زنگی‌آبادی، ع.، و تبریزی، ن. (۱۳۸۵). زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری. پژوهش‌های جغرافیایی، ۵۶، ۱۳۰-۱۱۵.
۹. سالنامه آماری شهر تهران. (۱۳۹۶). آمارنامه شهر تهران. تهران: سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران.
۱۰. سالنامه آماری شهر تهران. (۱۳۹۸). آمارنامه شهر تهران. تهران: سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران.
۱۱. سجادی، ژ.، افراسیابی‌راد، م. ص.، توکلی‌نیا، ج.، و یوسفی، ح. (۱۳۹۶). ارزیابی و تحلیل وضعیت منابع آب و خاک در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با استفاده از مدل نیروی محرکه، فشار، وضعیت و پاسخ. اکوهیدرولوژی، ۴(۱)، ۱۱۸-۱۰۳.
۱۲. شکری فیروزجاه، پ. (۱۳۹۶). تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی. برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۶(۲)، ۲۷-۴۴.
۱۳. فرشته‌نژاد، ف.، اسدی لاری، م.، مرادی لاکه، م.، واعظ مهدوی، م. ر.، متولیان، ع.، و افکاری، م. ا. (۱۳۸۹). برآورد امید زندگی و ارتباط آن با عوامل اجتماعی مؤثر بر سلامت در جمعیت شهری مناطق مختلف شهر تهران در سال ۱۳۸۷. طب و تزکیه، ۷۷، ۴۰-۲۵.
۱۴. قاسمی اردهایی، ع.، و کردزنگنه، ج. (۱۳۹۶). تحلیل جریان‌های مهاجرت به مناطق ۲۲ گانه شهر تهران. بررسی‌های آمار رسمی ایران، ۲۸(۲)، ۲۷۱-۲۴۷.

۱۵. معرب، ی.، صالحی، ا.، امیری، م. ج.، و نارویی، ب. (۱۳۹۷). سنجش میزان تاب آوری اجتماعی- فرهنگی کاربری اراضی شهری، جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۱۵(۱)، ۱۳۰-۱۱۳.
۱۶. موحد، ع.، ولی نوری، س.، حاتمی نژاد، ح.، زنگانه، ا.، و کمانرودی کجوری، م. (۱۳۹۵). تحلیل فضایی فقر شهری در کلان شهر تهران. اقتصاد و مدیریت شهری، ۴(۱۵)، ۳۶-۱۹.
۱۷. نامجویان، ف.، رضویان، م. ت.، و سرور، ر. (۱۳۹۸). ارتقای سطح تاب آوری کلان شهر تهران در برابر سوانح طبیعی با تأکید بر زلزله. پژوهش های جغرافیای انسانی، ۵۱(۴)، ۱۰۳۱-۱۰۱۱.
18. Alizadeh, H., Sharifi, A. (2020). Assessing resilience of urban critical infrastructure networks. *Sustainability*, 12(9), 3691.
19. Annarelli, A., Battistella, C., Nonino, F. (2020). A framework to evaluate the effects of organizational resilience on service quality. *Sustainability*, 12(3), 958-973.
20. Balaei, B., Wilkinson, S., Potangaroa, R., McFarlane, P. (2020). Investigating the technical dimension of water supply resilience to disasters. *Cities Soc*, 56, 10.
21. Bhandari, S., & Alonge, O. (2020). Measuring the resilience of health systems in low-and middle-income countries: a focus on community resilience. *Health research policy and systems*, 18(1), 1-19.
22. Bottero, M., Datola, G., De Angelis, E. (2020). A system dynamics model and analytic network process: an integrated approach to investigate urban resilience. *Land*, 99(8), 242.
23. Clark, J., Harrison, J., Miguelez, E. (2018). Connecting cities, revitalizing regions: the centrality of cities to regional development. *Regional Studies*, 52(8), 1025.
24. Chelleri, L., Olazabal, M. (2012). *Multidisciplinary perspectives on urban resilience: A workshop report. BC3*. Basque Centre for Climate Change.
25. Chen, L.Y. & Wang, T.C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR, *Production Economics*, 120(1), 233-242
26. Chen, P.T., Hu, H.H. (2010). The effect of relational benefits on perceived value in relation to customer loyalty: An empirical study in the Australian coffee outlets industry. *Hospitality Management*, 29, 405-412.
27. 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.
28. de Vet, E., & Eriksen, C. (2020). When insurance and goodwill are not enough: Bushfire Attack Level ratings, risk calculations and disaster resilience in Australia. *Australian Geographer*, 51(1), 35-51.
29. Egoreshenko, A.B. (2018). *Cities of the future: Socio-cultural aspect of urban innovations*. In European Proceedings of Social & Behavioural Sciences.
30. Garcia, P., Butler, D., Comas, J., Darch, G., Sweetapple, C., Thornton, A., & Corominas, L. (2017). Resilience theory incorporated into urban wastewater systems management. *State of the art. Water research*, 115, 149-161.
31. Garcia-Melon, M., Ferris-Onate, J., Aznar-Bellver, J., Aragonés-Beltran, P., Poveda-Bautista, R. (2008). Farmland appraisal based on the analytic network Process. *Global Optimization*, 42, 143-155.
32. Kamranzad, F., Memarian, H., & Zare, M. (2020). Earthquake risk assessment for Tehran, Iran. *Geo-Information*, 9(7), 430.
33. Lawrence, A., Hoffmann, S., & Beierkuhnlein, C. (2020). Topographic diversity as an indicator for resilience of terrestrial protected areas against climate change. *Global Ecology and Conservation*, 25.
34. Liu, W., & Song, Z. (2020). Review of studies on the resilience of urban critical infrastructure networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 193, 106617.
35. Liu, Z., Xiu, C., & Ye, C. (2020). Improving Urban Resilience through Green Infrastructure: An Integrated Approach for Connectivity Conservation in the Central City of Shenyang, China. *Complexity*, 5, 1-15.

36. Huang, C. N., & Lo, H. W. (2021). A Hybrid Z-Based MADM Model for the Evaluation of Urban Resilience. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021.
37. Mercer. (2019). Quality of living city ranking. <https://mobilityexchange.mercer.com/insights/quality-of-living-rankings>
38. Newport, J. K., & Jawahar, G. G. P. (2003). Community participation and public awareness in disaster mitigation. *Disaster Prevention and Management*, 12(1), 33-36.
39. Orencio, P. M., & Fujii, M. (2013). A localized disaster-resilience index to assess coastal communities based on an analytic hierarchy process (AHP). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 3, 62-75.
40. PourAhmad, A., Ziari, K., Abdali, Y., & Sadeghi, A. (2019). Analysis of resiliency criteria in urban worn out texture of Tehran 10 municipality against earthquake with emphasis on physical resilience.
41. Rifat, S.A., & Liu, W. (2020). Measuring community disaster resilience in the conterminous coastal United States. *Geo-Information*, 9(8), 469.
42. Roach, T., Kapelan, Z., & Ledbetter, R. (2018). A resilience-based methodology for improved water resources adaptation planning under deep uncertainty with real world application. *Water resources management*, 32(6), 2013-2031.
43. Shi, C., Zhang, Y., Li, C., Li, P., & Zhu, H. (2020). Using the Delphi Method to Identify Risk Factors Contributing to Adverse Events in Residential Aged Care Facilities. *Risk Management and Healthcare Policy*, 13, 523-537.
44. Shim, J. H., & Kim, C. I. (2015). Measuring resilience to natural hazards: towards sustainable hazard mitigation. *Sustainability*, 7(10), 14153-14185.
45. Spaans, M., & Waterhout, B. (2017). Building up resilience in cities worldwide Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Program. *Cities*, 61, 109-116.
46. Suárez, M., Gómez-Baggethun, E., Benayas, J., & Tilbury, D. (2016). Towards an urban resilience Index: a case study in 50 Spanish cities. *Sustainability*, 8(8), 774.
47. Tabibian, M., & Rezapour, M. (2016). Assessment of urban resilience; a case study of Region 8 of Tehran city, Iran. *Scientia Iranica*, 23(4), 1699-1707.
48. Thomas, S., Keegan, C., Barry, S., Layte, R., Jowett, M., & Normand, C. (2013). A framework for assessing health system resilience in an economic crisis: Ireland as a test case. *BMC health services research*, 13(1), 1-8.
49. Un-Habitat. (2018). *CityRAP Tool: Action Planning Tool City Resilience*. Sub-regional Technical Centre for Disaster Risk Management, Sustainability, and Urban Resilience.
50. Xu, H., Li, Y., & Wang, L. (2020). Resilience assessment of complex urban public spaces. *International Environmental Research and Public Health*, 17(2), 524.
51. 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.
52. Yang, J.L., & Tzeng, G.H. (2011). An integrated MCDM technique combined with DEMATEL for a novel cluster weighted with ANP method. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1417-1424.

Assessment of urban resilience based on an integrated multi-criteria decision-making approach: DEMATEL-ANP-VIKOR

Abstract

There have been many changes in attitudes regarding risks in recent years, to the point that the international community now views resilience as an important strategy for enhancing communities and cities' ability. In this regard, the DEMATEL method was used to evaluate the cause-and-effect relationships between the criteria, the ANP method was utilized to assess the importance of each criterion, and the VIKOR method was used to rank urban regions of Tehran. In the first step, the criteria affecting resilience in 4 dimensions (environmental, economic, physical, and institutional), 11 criteria, and 31 sub-criteria were selected based on the Delphi method. In the next step, the DEMATEL method was used to investigate the causal relationships of criteria. The findings of the study showed that based on the values (D-R), the environmental dimension with a value of (1.18) was the most effective measure of urban resilience among the four dimensions of urban resilience. Furthermore, the results of ANP showed that disasters and natural hazards in the environmental dimension, urban infrastructure in the physical dimension, and employment rate in the socio-economic dimension had the highest impact among the sub-criteria. Also, the results of the VIKOR method showed that region 4 has a high level of resilience and region 12 has a low level of resilience. In general, it can be said that municipal areas located in the center of Tehran have less resilience to crises than other urban areas. Findings help urban planners and managers consider the criteria of the cause group to define priority prevention programs to increase urban resilience.

Keyword: Urban resilience, Multi-criteria decision making, DEMATEL method, VIKOR method, Vulnerability.