ارزیابی مدیریت زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر رویکرد تاب‌آوری (مطالعه موردی: محله‌ی پونک تهران)[1]

محمد زنگنه (دانشجوی دکتری گروه شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران)
eng.m.zanganeh@gmail.com
مهسا فرامرزی اصلی (استادیار گروه معماری و شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران، نویسنده مسئول)
faramarzi@iaut.ac.ir
حسن ستاری ساربانقلی (دانشیار گروه معماری و شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران)
sattari@iaut.ac.ir

چکیده

یکی از چالش‌های اساسی در جهت نیل به پایداری در شهرها مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی می‌باشد که در صورت عدم آگاهی و آمادگی لازم می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری را به ابعاد مختلف شهرها وارد کند. در این بین، زیرساخت‌های حیاتی عاملی مهم در افزایش خسارات و همچنین از ارکان اصلی بازیابی اثرات انوع مخاطرات محسوب می‌گردد و تاب‌آور ساختن آنها از ضروریات نظام برنامه‌ریزی شهرها محسوب می‌گردد. در این راستا، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی مدیریت زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر رویکرد تاب‌آوری در محله‌ی پونک تهران نگارش شده است. بنابراین روش تحقیق از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت تحلیلی–اکتشافی می‌باشد که به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos در راستای بررسی وضعیت موجود محله و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی دیمتل در راستای بررسی اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها استفاده شده است. جامعه‌ی آماری تحقیق نیز شامل کارشناسـان و متخصصین مسائل شهری منطقه ۵ شهرداری تهران و ناحیه‌ی ۳ این منطقه می‌باشد که حجم نمونه با استفاده از روش کوهن ٦٠ نفـر تعیین گردیده است. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که متغیرهای استحکام زیرساخت‌ها و استقرار و دسترسی آنها با مقدار بحرانی بیشتر از ۱/۹٦ در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای وضعیت مطلوب و متغیرهای بازیابی و ساختار مدیریت زیرساخت‌ها با مقدار بحرانی کمتر از ۱/۹٦ دارای وضعیت نامطلوبی در محله‌ی پونک تهران می‌باشند. همچنین متغیر ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها از بیشترین تأثیرگذاری و متغیر بازیابی زیرساخت‌ها از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار هستند. نتایج نیز نشان می‌دهد که متغیر بازیابی معلول و متغیرهای ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها، استحکام و استقرار و دسترسی متغیر علی می‌باشند. بنابراین در راستای ارتقاء تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی محله‌ی پونک تهران نیاز به رویکرد جامع و نظام‌مند در ساختار مدیریت زیرساخت‌ها، مقاوم‌سازی و جانمایی آنها و درنهایت تأکید بر الگوهای بازیابی مؤثر احساس می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت، تاب‌آوری، زیرساخت‌های حیاتی، محله‌ی پونک، کلان‌شهر تهران.

---

۱ – مقاله‌ی حاضر مستخرج از رساله‌ی دکتری تحت عنوان تحلیل ارتباط زیست‌پذیری و تاب‌آوری با تأکید بر زیرساخت‌های شهری، نمونه موردی محله‌ی پونک تهران با همکاری نویسندگان می‌باشد.

۱. مقدمه

طبق گزارش سازمان ملل متحد[1] (۲۰۱۸)، تقریباً ۵۵ درصد از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود که این تعداد تا سال ۲۰۵۰ به ٦٨ درصد افزایش یابد. شهرنشینی سریع و فقدان سیاست‌ها و شیوه‌های تاب‌آوری منسجم و متناسب احتمالاً تأثیرات بلایای طبیعی را در مناطق شهری در آینده تشدید خواهد کرد (کِندی[2] و همکاران، ۲۰۰۷، ص.٤٤؛ شاکِر[3] و همکاران، ۲۰۱۹، ص.۲؛ سیتکو و ماسِلا[4]، ۲۰۱۹، ص.٤). بنابراین ایجاد و افزایش تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات مختلف به یک "ضرورت ملی" به‌ویژه در مناطق شهری تبدیل شده است (پارکر[5]، ۲۰۲۰، ص.۲) و سیاست‌گذاران، متخصصان حرفه‌ای و محققان مفهوم تاب‌آوری را مطرح کرده‌اند تا توانایی جوامع خود را برای بازگشت، سازگاری و ادامه عملکرد در مواجهه با بلایا افزایش دهند (آکادمی‌های ملی علوم[6]، ۲۰۱۹، ص.۲، مؤسسه‌ی ملی استاندارد و فناوری[7]، ۲۰۱٦، ص.۱). به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که تاب‌آوری عبارت است از «توانایی آماده‌سازی و برنامه‌ریزی، جذب، بهبودی و سازگاری بیشتر با رویدادهای نامطلوب» (آکادمی‌های ملی علوم، ۲۰۱۲، ص.۱). همچنین تاب‌آوری به‌عنوان ظرفیت یک سیستم (به‌عنوان مثال، یک سازمان، جامعه، شهر یا جامعه)، آن را قادر می‌سازد تا به‌طور فعال خود را با شوک‌هایی که خارج از محدوده‌ی اختلالات عادی و مورد انتظار قرار می‌گیرند، سازگار کند و خود را بازیابی نماید (کومفورت[8] و همکاران، ۲۰۱۰، ص.۳٤). در این بین یکی از مهمترین ابعادی که بایستی در برنامه‌ها و طرح‌های تاب‌آوری به آن توجه گردد، زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد. سیستم‌های زیرساخت حیاتی، کالاها و خدمات حیاتی مانند انرژی، آب، بانک/مالی، حمل‌ونقل و زیرساخت‌های خدمات اضطراری را ارائه می‌کنند (راهبرد بین‌المللی کاهش سوانح سازمان ملل متحد[9]، ۲۰۲۰، ص.۱؛ هاینس[10]، ۲۰۲۰، ص.۱۷۵) و شبکه‌ای به هم متصل می‌باشند. اختلال یا تخریب سیستم‌های زیرساختی حیاتی می‌تواند سلامت، امنیت و اقتصاد را از مقیاس محلی تا جهانی تهدید کند (لیانگ و کانگ[11]، ۲۰۲۱، ص.۷۲). بنابراین تدوین استراتژی‌هایی که بتوانند تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی را تسهیل کنند، برای حفظ عملکرد این سیستم‌ها به‌ویژه در مقیاس محلی ضروری می‌باشد (اویانگ[12]، ۲۰۱٤، ص.٤۳). زیرا رویدادها و اثرات بلایا در وهله‌ی اول محلی هستند، و به این

1 - UN
2 - Kennedy
3 - Shaker
4 - Sitco and Massella
5 - Parker
6 - NAS (National Academies of Sciences)
7 - NIST (National Institute for Standards and Technology)
8 - Comfort
9 - UNDRR
10 - Hynes
11 - Liang and Kang
12 - Ouyang

ترتیب، نیاز به توسعه‌ی برنامه‌ها و اقدامات استراتژیک وجود دارد که ظرفیت سازگاری محلات و نهادهای محلی افزایش یابد (موساکوا[1]، ۲۰۱۷، ص.۲۰۲).

به‌طور کلی می‌توان عنوان کرد که تاب‌آوری موضوعی است که طی سالیان اخیر مطالعات متعددی را به خود اختصاص داده است. با این حال، بهره‌مندی از مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری پایین به بالا (محلی) که مورد تأکید سازمان دولت‌های محلی تحت عنوان (ICLEI)، «۱۰۰ شهر تاب‌آور» بنیاد راکفلر[2] (۲۰۱۹) و همچنین طرح هیوگو[3] ۲۰۰۵ (HFA)، در راهبرد بین‌المللی کاهش سوانح سازمان ملل متحد (UNISDR) بوده، در مطالعات معدودی قابل مشاهده است. همچنین بهره‌مندی از دیدگاه ترکیبی و بهره‌مندی از نظریات مختلف در ارزیابی مدیریت زیرساخت‌های شهری با تأکید بر رویکرد تاب‌آوری نوآوری پژوهش حاضر تلقی می‌گردد. در ادامه به برخی از پژوهش‌های مرتبط با موضوع تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری اشاره می‌گردد. کریمی و جلیلی صدرآباد (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ای با بررسی جایگاه شاخص‌های تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری در فرآیند چرخه‌ای تاب‌آوری و درهم‌کنش آن‌ها از نظر متخصصان به این نتایج رسیده‌اند که تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری دارای چرخه‌ی پیش‌گیری، جذب، بازیابی و سازگاری می‌باشد. همچنین از بین شاخص‌ها به ترتیب مدت زمان بازگشت به شرایط اولیه، میزان جذب، میزان وابستگی متقابل، مقاومت و کیفیت طراحی ساختاری، برخورداری از زیرساخت‌های پشتیبان و حیاتی، منابع در دسترس، توانایی جایگزینی، توزیع فضایی، موقعیت مکانی، میزان سرانه‌ی مصرف و امکان استفاده‌ی چندمنظور دارای اهمیت می‌باشند. علیزاده (۱٤۰۰)، در تحقیق خود با تحلیل و شناخت ظرفیت تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی شهری بر اساس مدل چرخه‌ی سازگاری تاب‌آوری (RAC) در کلان‌شهر اهواز به این نتایج دست یافته است که زیرساخت حیاتی برق نیازمند ایجاد ظرفیت مانایی و بازیابی مجدد، زیرساخت حیاتی مخابرات نیازمند ایجاد ظرفیت رشد و زیرساخت حیاتی حمل‌ونقل نیازمند ایجاد ظرفیت توسعه در این کلان‌شهر هستند. معصومیان و همکاران (۱٤۰۱)، در پژوهش خود تحت عنوان تحلیل مکانی بر تاب‌آوری کالبدی-زیرساختی شهر چمستان در برابر سیلاب به این نتایج دست یافته‌اند که بیشتر مساحت شهر چمستان، بخش‌های مرکزی و شمالی شهر، در سطح تاب‌آور یا نسبتاً تاب‌آور کالبدی-زیرساختی در برابر سیلاب قرار دارند. پنگ[4] و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه‌ی خود با بررسی ضرورت‌های تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری با تأکید بر سیستم چرخه‌ی سازگاری به این نتایج دست یافته‌اند که در این رویکرد تاب‌آوری سیستم از طریق بررسی ظرفیت سیستم، شدت متأثر شدن و کیفیت این تأثیرپذیری از خطرات در کنار سیر گذار از شرایط بحرانی و درنهایت رسیدن به مقاومت و سازگاری در برابر مخاطرات امکان‌پذیر

1 - Musakwa
2 - Rockefeller Foundation
3 - Hugo
4 - Peng

است. ولس[1] و همکاران (۲۰۲۲)، در تحقیق خود با عنوان مدل‌سازی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی در برابر تهدیدات ترکیبی: مروری بر ادبیات سیستماتیک با بررسی مراحل تاب‌آوری (آماده‌سازی، جذب، بازیابی و سازگاری) و حوزه‌های سیستمی (فیزیکی، اطلاعاتی، شناختی، اجتماعی) به این نتایج رسیده‌اند که ادبیات موجود بر جذب تهدیدات ترکیبی توسط زیرساخت‌های حیاتی، به‌ویژه در حوزه‌های فیزیکی و اطلاعاتی متمرکز شده است. نتایج همچنین شکاف بالقوه‌ای را در ترکیب مدل‌های علم شبکه از مراحل تاب‌آوری آماده‌سازی و انطباق شناسایی کرده است، که نشان‌دهنده‌ی فرصتی بالقوه برای روش‌های علم شبکه برای ادغام هر چهار مرحله در مدل‌های انعطاف‌پذیری زیرساخت‌های حیاتی است. کاپوکو[2] و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی تحت عنوان ایجاد تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری از طریق حاکمیت شبکه به این نتایج دست یافته‌اند از آنجایی که مقیاس و شدت بلایا همچنان در حال افزایش است، ایجاد و افزایش تاب‌آوری در برابر بلایا به یک موضوع مهم سیاستی و حاکمیتی تبدیل شده است. این موضوع برای تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری بسیار مهم است زیرا سیستم‌های زیرساختی از تداوم عملیات دولت‌ها و مشاغل پشتیبانی می‌کنند و برای اقتصاد، سلامت و امنیت عمومی ضروری هستند. شا[3] و همکاران (۲۰۲۳)، در مطالعه‌ای تحت عنوان تاب‌آوری اجتماعی به بررسی استراتژی‌های بازسازی زیرساخت‌های اجتماعی در شهرهای کوچک چین بر اساس تحلیل شبکه‌های اجتماعی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دولت‌های محلی با سرمایه‌گذاری در تاب‌آوری اجتماعی، کاهش هزینه‌ی سیاست‌های بازسازی را موجب می‌شوند. بنابراین بازسازی زیرساخت‌های اجتماعی بایستی با استقرار بودجه در یک شبکه‌ی جامع درنظر گرفته شود. علاوه بر این، برنامه‌های تاب‌آوری زیرساخت‌های اجتماعی بایستی همسو با تاب‌آوری زیرساخت‌های فیزیکی باشد تا برنامه‌ریزی پویا و ظرفیت بازسازی پایدار در دولت‌های محلی افزایش یابد.

با توجه به ادبیات نظری می‌توان عنوان کرد که زیرساخت‌های هر نظام یا سیستم، چه در سطح کلان آن به‌عنوان یک کشور و چه در سطح خرد آن به‌منزله‌ی شهر یا روستا نقشی حیاتی در ادامه‌ی جریان حیات و پویایی در آن نظام یا سیستم برعهده دارند (اسپانس و واترهوت[4]، ۲۰۱۷، ص.۱۱۰). درواقع زیرساخت‌های یک سیستم را می‌توان مانند شریان‌های حیاتی آن سیستم قلمداد کرد که از حساسیت بالایی برای حفاظت و پشتیبانی برخوردار بوده و نیازمند برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های راهبردی برای تأمین ایمنی فضایی آنها در شهرها است (حق‌پناه[5]، ۲۰۱۵، ص.۹؛ پورسایِن[6]، ۲۰۱۸، ص.٦٣٤). با توجه به مطالعات صورت‌گرفته، زیرساخت‌ها و شریان‌های حیاتی یک شهر را فراتر از مباحث کالبدی و توسعه‌دهنده می‌توان در دو دسته‌ی

1 - Wells
2 - Kapucu
3 - Sha
4 - Spaans and Waterhout
5 - Haghpanah
6 - Pursiainen

عمده‌ی شریان‌های حیاتی مبتنی بر انرژی (برق، آب، گاز) و شریان‌های حیاتی مبتنی بر ارتباطات (حمل‌ونقل و مخابرات) تقسیم‌بندی کرد (کولیر و ونابلس[1]، ۲۰۱٦، ص.۳۲۲). بر اساس گزارش کمیته‌ی حفاظت زیرساخت حیاتی ریاست جمهوری آمریکا[2] (PCCP) که در سال ۱۹۹٦ به‌منظور بررسی زیرساخت‌های حیاتی کشور ایجاد گردید، زیرساخت به‌عنوان یک شبکه از سامانه‌ها و فرآیندهای مستقل و ساخته‌ی دست بشر تعریف می‌شود که با همکاری یکدیگر مجموعه‌ای از خدمات و وسایل ضروری را فراهم نموده، به این معنی که آنها را تولید یا توزیع می‌کنند. همچنین زیرساخت‌های حیاتی[3] (CIP) به گونه‌ای از زیرساخت‌ها اطلاق می‌گردد که عدم عملکرد آنها یا کمبود آنها موجب ناتوانی در امنیت اقتصادی و دفاعی می‌شود (فاندیشینز[4]، ۱۹۹۷، ص.۱). اگرچه در کشورهای مختلف، موارد متفاوتی به‌عنوان زیرساخت‌های حیاتی شناخته می‌شود، اما زیرساخت‌های مخابراتی، قدرت، حمل‌ونقل، سامانه‌های تأمین آب، نفت و گاز، خدمات دولتی و مالی و خدمات اضطراری تقریباً در تمام دنیا در این فهرست قرار گرفته‌اند (کومفورت، ۲۰۲۰، ص.۱۷؛ راس[5] و همکاران، ۲۰۲۰، ص.۲٤). این زیرساخت‌های حیاتی تا حد زیادی به یکدیگر متصل و درواقع وابسته هستند (امینی[6] و همکاران، ۲۰۱۸، ص.۳).

همچنین با بررسی ادبیات نظری می‌توان گفت که دیدگاه‌های مختلفی در راستای زیرساخت‌های تاب‌آور بیان شده است. برونئو[7] و همکاران (۲۰۰۳)، استواری، افزونگی، تدبیر و سرعت را از ویژگی‌های زیرساخت‌های تاب‌آور عنوان کرده‌اند. اویانگ و همکاران (۲۰۱۲)، بیان داشته‌اند که تاب‌آوری زیرساخت‌ها ناشی از سه عامل اساسی یعنی بازیابی ساختاری، بازیابی عملکردی و بازیابی تحول‌گرا می‌باشد. به عقیده‌ی کیملارو[8] (۲۰۱٦)، یکی از مهم‌ترین کارکردهای تاب‌آوری یک سیستم یا جامعه، توان بازیابی زیرساخت‌های آن پس از شرایط بحرانی است. بازیابی نقطه عطفی در فرایند کارکردی و کارایی زیرساخت‌های سیستم تاب‌آور است که سرعت عمل و بازگشت به شرایط اولیه را ارزیابی می‌کند. در این فرایند سرعت عمل و زمان سپری‌شده در مانایی و ضعف سیستم‌ها برای ارزیابی توان بازگشت یا بازیابی آنها نقشی اساسی دارد.

درنهایت می‌توان بیان داشت که با توجه به اهمیت تاب‌آور نمودن زیرساخت‌های حیاتی به‌ویژه در مقیاس محلی با توجه به ضرورت برنامه‌ریزی پایین به بالا، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی مدیریت زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر رویکرد تاب‌آوری در محله‌ی پونک تهران می‌باشد. محله‌ی پونک در شمال غرب تهران یکی از مناطق نسبتاً جدید با زیرساخت‌های نسبتاً مناسب، مانند شبکه معابر عریض، تراکم جمعیت پایین و

1 - Collier and Venables
2 - U.S. President's Commission on Critical Infrastructure Protection
3 - Critical infrastructure systems
4 - Foundations
5 - Rass
6 - Amini
7 - Bruneau
8 - Cimellaro

فضاهای باز شهری گسترده می‌باشد. با این حال، افزایش سریع جمعیت و تراکم ساختمانی آن از یک‌سو و نبود رویکرد برنامه‌ریزی پایین به بالا (محلی) با ظرفیت‌سنجی و برنامه‌ریزی استراتژیک از سوی دیگر می‌تواند آسیب‌پذیری محله را در برابر انواع بحران‌ها افزایش دهد. همچنین در رویکرد تاب‌آوری نیاز به زیرساخت‌های حیاتی با مانایی بالا، توانایی بازیابی و سرعت مناسب در بازگشت به حالت اولیه نیاز است و با توجه با این موضوع، پاسخگویی به سؤال‌های زیر اساس کار پژوهش حاضر می‌باشد:

- مدیریت و برنامه‌ریزی زیرساخت‌های حیاتی در محله‌ی پونک در چه وضعیتی قرار دارند؟
- مهمترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بر تحقق مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی در محله‌ی پونک تهران کدامند؟

۲. روش‌شناسی

با توجه به اینکه تحقیق حاضر به‌دنبال بررسی وضعیت موجود مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری محله‌ی پونک کلان‌شهر تهران از منظر زیرساخت‌های حیاتی می‌باشد، بنابراین روش پژوهش از منظر هدف کاربردی و از منظر ماهیت تحلیلی–اکتشافی است. جامعه‌ی آماری پژوهش نیز کارشناسـان و متخصصین مسائل شهری منطقه ۵ شهرداری تهران و ناحیه‌ی ۳ این منطقه را شامل می‌شود که بـا توجه به مشخص نبودن تعداد جامعه‌ی آماری، حجم نمونه با استفاده از روش کوهن ٦٠ نفـر تعیین گردیده است که روش دسترسی به آنها بر مبنای الگوی گلوله‌برفی می‌باشد. قابل ذکر است که با توجه به روش گلوله‌برفی ابتدا ٦ نفر به‌عنوان حجم نمونه‌ی اولیه انتخاب شده، سپس ۱۹ نفر از طریق گروه اول و درنهایت ۳۵ نفر از طریق گروه دوم به‌عنوان حجم نمونه معرفی شده‌اند که در مجموع ٦٠ نفر را شامل می‌شود. همچنـین در راستای تجزیه و تحلیل اطلاعات از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Amos و تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی دیمتل[1] استفاده شده است.

فرمول کوهن:

رابطه‌ی (۱):

$$n = (z^2 \times s^2)/ d^2$$

در این فرمول Z یک مقدار ثابت است که به فاصله‌ی اطمینان و سطح خطا (α) بستگی دارد. با توجه به تعیین فاصله‌ی اطمینان ۹۵ درصد بنابراین d برابر ۰/۰۵ و Z برابر با ۱/۹٦ می‌باشد. S نیز واریانس نمونه‌ی اولیه می‌باشد که با پرسشگری از ۲۰ نمونه‌ی اولیه از حجم نمونه به‌دست می‌آید. بر مبنای محاسبات صورت گرفته واریانس نمونه‌ی اولیه ۰/۱۹۷ به‌دست آمده و با جاگذاری در فرمول فوق حجم نمونه ٦٠ نفر برآورد شده که روش دسترسی به این حجم نمونه بر مبنای روش نمونه‌گیری غیرتصادفی هدفمند بوده است.

1 - DEMATEL

$$n= (3/8416 \times 0/03884) \div 0/0025= 60$$

لازم به ذکر است که قلمرو این پژوهش در ابعاد زمانی و مکانی به پاییز ۱۴۰۲ در محله‌ی پونک مربوط می‌باشد. همچنین برای سهولت کار تمام متغیرهای موجود در پژوهش کدبندی شده‌اند. این متغیرها با توجه به مبانی نظری تحقیق انتخاب شده‌اند.

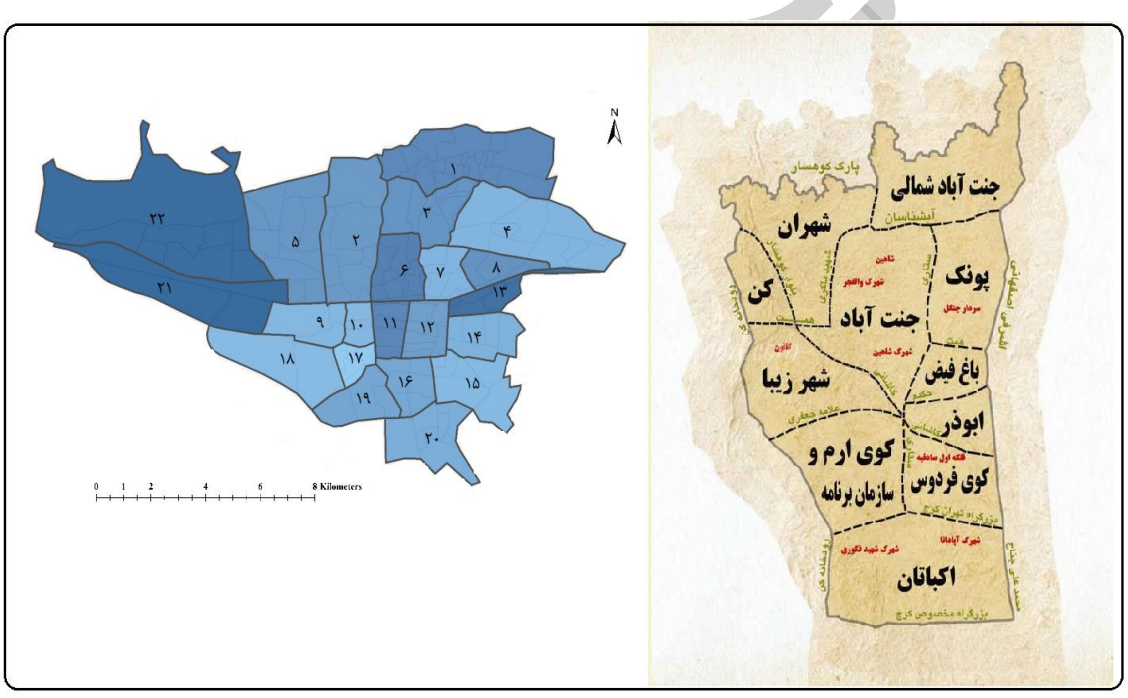
شاخص‌های استخراج‌شده به‌منظور بررسی وضعیت مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری محدوده‌ی مورد مطالعه از منظر زیرساخت‌های حیاتی به شرح جدول شماره ۱ می‌باشد. همچنین می‌توان گفت که پرسشنامه‌ی تحقیق حاضر محقق‌ساخته بوده است که مؤلفه‌های آن از طریق مطالعات اسنادی استخراج شده‌اند. از طرفی تمامی پرسشنامه‌ها با حضور مستقیم نگارندگان و توضیحات مؤلفه‌ها تکمیل گردیده‌اند.

جدول ۱. مؤلفه‌های مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی و کدبندی آنها

مؤلفه	گویه	منابع
استحکام S	آمادگی در برابر بحران (مجموعه‌ای از اقدامات طراحی‌شده برای بهبود آمادگی عناصر مهم زیرساختی برای یک رویداد مخرب) S1، افزونگی (توانایی جایگزینی سریع عملکرد قسمت مختل‌شده در محل از عناصر زیرساختی یا افزایش ظرفیت آن) S2، توانایی تشخیص (احتمال دادن یا زمان تشخیص یک رویداد مخرب) S3، پاسخگویی سازمان‌ها (احتمال یا زمان پاسخ منجر به حذف دلایل یک رویداد مخرب یا به حداقل رساندن تأثیرات آنها) S4، مقاومت فیزیکی (مجموعه‌ای از ابزارهای فنی و اقدامات سازمانی که به‌منظور تقویت مقاومت فیزیکی عناصر مهم زیرساختی در برابر حوادث مخرب طراحی شده‌اند) S5.	(برونئو و همکاران، ۲۰۰۳؛ کومفورت، ۲۰۲۰).
بازیابی R	منابع و مواد (در دسترس بودن اجزای مورد نیاز برای تعمیر یا تعویض قطعات آسیب‌دیده یا تخریب‌شده از عناصر زیرساختی در سازمان‌ها) R1، منابع مالی سازمان‌ها (در دسترس بودن منابع مالی یا ذخایر برای بهبود سریع عناصر زیرساختی) R2، منابع انسانی (در دسترس بودن نیروی انسانی با سطح صلاحیت لازم در سازمان‌ها) R3، فرآیندهای بازیابی تعریف‌شده در سازمان‌ها (فرآیندهای تسهیل بازیابی سریع عملکردهای مورد نیاز عناصر زیرساختی) R4، برنامه‌های پشتیبانی زیرساخت‌ها (وجود رویکرد یکپارچه در بازیابی عناصر زیرساختی به‌هم پیوسته) R5.	(کیملارو، ۲۰۱۶).
ساختار مدیریت زیرساخت‌ها IMS	سطح اجرای استانداردهای امنیتی/ایمنی در حوزه‌ی زیرساخت‌ها IMS1، وجود سناریوهای اضطراری که پایه و اساس توسعه‌ی برنامه‌ی احتمالی زیرساخت‌ها است IMS2، تنوع طراحی و عددی زیرساخت‌ها IMS3، میزان ارتباط و پیوستگی ساختاری زیرساخت‌ها IMS4، کنترل و پایش مستمر شبکه‌ی زیرساختی IMS5.	(اویانگ و همکاران، ۲۰۱۲).
استقرار و دسترسی DA	برخورداری از خطوط آب و انرژی مناسب DA1، نحوه‌ی توزیع فضایی شبکه‌های آب و انرژی با عملکردهای ناسازگار DA2، فاصله‌ی هندسی مناسب زیرساخت‌ها نسبت به یکدیگر DA3، استقرار مرکز قطع و وصل خطوط آب و انرژی در سطح محلی DA4، وجود نقشه‌ی مناسب از موقعیت استقرار انواع خطوط و شبکه‌های زیرساختی DA5.	(کولیر و ونابلس، ۲۰۱۶).

مأخذ: (مطالعات اسنادی نگارندگان، ۱۴۰۲).

در راستای محدوده‌ی مورد مطالعه می‌توان گفت که محله‌ی پونک در ناحیه‌ی سه، منطقه پنج شهرداری تهران واقع گردیده است که خود به دو محله‌ی پونک شمالی و پونک جنوبی تقسیم می‌گردد. محله‌ی پونک شمالی، از شمال به بزرگراه شهید آب‌شناسان و محله‌ی المهدی، از جنوب به بلوار شهید میرزابابایی و پونک جنوبی، از شرق به بزرگراه اشرفی اصفهانی و از غرب به بزرگراه شهید سرلشکر ستاری و محله‌ی شاهین محدود می‌گردد. محله‌ی پونک جنوبی نیز از شمال به خیابان شهید میرزابابایی و محله‌ی پونک شمالی، از شرق به بزرگراه اشرفی اصفهانی و منطقه دو شهرداری تهران، از جنوب به محله‌ی باغ فیض و بزرگراه شهید همت و از غرب به بزرگراه شهید ستاری و محله‌ی جنت‌آباد مرکزی محدود می‌گردد. جمعیت محله بر اساس آخرین شماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، ۲۲۰۰۰ نفر تخمین زده شده است.



شکل ۱. موقعیت منطقه ۵ تهران و محلات آن

مأخذ: (نگارندگان، ۱۴۰۲).

۳. یافته‌ها

به‌منظور بررسی وضعیت محله‌ی پونک از منظر مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها از نرم‌افزار مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار AMOS گرافیک استفاده شده است. برای این منظور ابتدا ارتباط ساختاری جزئی برای این رابطه و سپس صورت کلی و نهایی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. ارتباط ساختاری جزئی یا درونی به ارزیابی ارتباط ساختاری ناشی از معیارهای استحکام، بازیابی، استقرار و دسترسی و

ساختار مدیریت زیرساخت‌ها به‌عنوان متغیر مستقل و تحقق تاب‌آوری زیرساختی در محله‌ی پونک به‌عنوان متغیر وابسته بوده که برای ورود به بحث کلی و نهایی ابتدا مورد آزمون جداگانه قرار گرفته است.

جدول ۲. تحلیل پایایی متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	CR[1]	AVE [2]	CA[3]	IR	S	R	IMS	DA
تاب‌آوری زیرساختی (IR)	۰/۷۲	۰/٦۳۷	۰/۸۵	۰/۸۲۷	–	–	–	–
استحکام (S)	۰/۷٤	۰/٦۵۹	۰/۸۲	*۰/۵۷۱	۰/۸۰۹	–	–	–
بازیابی (R)	۰/۷۵	۰/٦۸۱	۰/۷۷	*۰/٦٤۹	*۰/٦۱۹	۰/۸۱٤	–	–
ساختار مدیریت زیرساخت‌ها (IMS)	۰/۷۸	۰/٦٦۳	۰/۷۳	*۰/٦۷۱	*۰/٦۵٤	*۰/۵۸۸	۰/۷۷۲	–
استقرار و دسترسی (DA)	۰/۸۱	۰/٦٤۸	۰/۷۱	*۰/۵۹۷	*۰/٦۰۸	*۰/٦۳۵	*۰/۵٦٤	۰/۷۹۳

*p < 0.05.

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

ورود عوامل تبیین‌کننده‌ی ارتباط ساختاری برای ارزیابی وضعیت موجود مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساختی در محله‌ی پونک نشان می‌دهد میزان پایایی ترکیبی (CR) و ضریب پایایی (CA) به‌دست آمده بیش از ۰/۷ و میزان میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) که در قطر خطی جدول شماره ۲ مشخص شده است بیش از ۰/٦ می‌باشد. همچنین همبستگی متغیرهای تحقیق که با رنگ تیره مشخص گردیده است در بازه ۰/۷۷ تا ۰/۸۳ بوده که ورود عوامل برای تبیین مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساختی محله‌ی پونک را به میزان قابل ملاحظه‌ای تشریح می‌کند.

جدول ۳. آماره‌ی ساختار عاملی تأییدی ارتباط ساختاری متغیرهای مستقل و وابسته

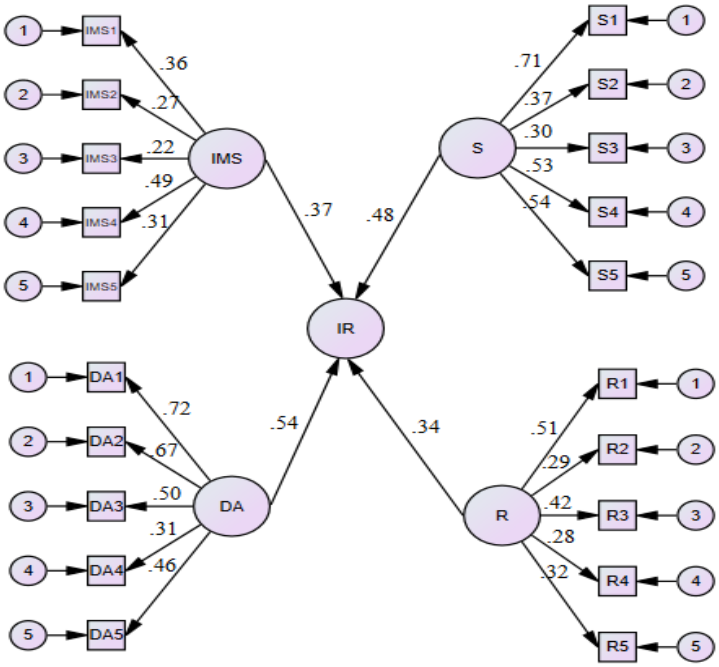
متغیرها	x^2	df	P	x^2/df	CFI	IFI	RMSEA
تاب‌آوری زیرساختی (IR)	۱۳٦/۲۹	۵۹	۰/۰۰۰	۲/۳۱	۰/۹۱٤	۰/۹۳۱	۰/۰۳
استحکام (S)	۱۳۹/۸۳	۵۹	۰/۰۰۰	۲/۳۷	۰/۹٤۱	۰/۹۰۷	۰/۰۲
بازیابی (R)	۱٤۱/۰۱	۵۹	۰/۰۰۱	۲/۳۹	۰/۹۲۷	۰/۹٤٤	۰/۰۵
ساختار مدیریت زیرساخت‌ها (IMS)	۱٤۳/۳۷	۵۹	۰/۰۰۰	۲/٤۳	۰/۹۱۹	۰/۹۲۵	۰/۰۳
استقرار و دسترسی (DA)	۱٤۵/۱٤	۵۹	۰/۰۰۲	۲/٤٦	۰/۹۳۰	۰/۹۳٦	۰/۰٤

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

1- Composite Reliabilities
2- Average Variance Extracted
3- Cronbach's Alpha

مهم‌ترین سنجه‌های شکل‌دهنده‌ی آماری در ساختار عاملی تأییدی سنجه‌ی خی‌دو یا کای اسکوئر (x^2) نسبت کای اسکوئر بر درجه آزادی، شاخص برازش تطبیقی[1] (CFI) و شاخص برازش افزایشی[2] (IFI) و در نهایت ریشه‌ی میانگین مربعات تقریبی[3] (RMSEA) می‌باشد. این سنجه‌ها دارای مقدار معینی بوده که تحلیل را معنادار ساخته و به تشریح ارتباط ساختاری متغیرهای به‌دست آمده می‌پردازد. به علت متورم شدن میزان کای‌اسکوئر در نمونه‌های تحلیلی، اکثر تحلیل‌گران از نسبت کای اسکوئر بر درجه آزادی استفاده می‌کنند که نمونه‌های دقیق تحلیل‌شده برای شناسایی ساختار را به‌دست می‌دهد. مقدار این نسبت باید ترکیب نیمی از داده‌ها را دربر گیرد. به دیگر سخن نباید کمتر از دو باشد تا بتوان به معناداری داده‌های به کار رفته اطمینان داشت. نتایج تحلیل ساختار ارتباطی سه متغیر شناسایی شده در این سنجه نشان از قابل قبول بودن آن دارد. شاخص‌های برازش تطبیقی و افزایشی مطابق با استانداردهای آماری تعیین‌شده هرچه به سمت ۱ میل کنند برازش از سطح نکویی بالایی برخوردار خواهد بود. نتایج این دو شاخص برای متغیرها و تبیین ارتباط ساختاری آن‌ها قابل قبول به‌دست آمده است. شاخص ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطای برآورد یا RMSEA نیز آخرین سنجه‌ی ساختارشناسی در این مرحله است که در الگوهای قابل‌قبول مقدار ۰/۰۸ یا کمتر دارد. برازش الگوهایی که مقادیر بالاتر از ۰/۱ دارند، ضعیف برآورد می‌شوند. همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، مقدار این شاخص برای الگوی اندازه‌گیری کمتر از ۰/۰۸ است که نشان‌دهنده‌ی برازش مناسب الگوها، توسط داده‌ها است. در نهایت، با توجه به مطالب یادشده می‌توان نتیجه گرفت الگوهای اندازه‌گیری برازش خوبی دارند و به این معناست که متغیرهای آشکار به‌خوبی می‌توانند متغیرهای پنهان را اندازه‌گیری کنند.

1- Comparative Fit Index
2- Incremental Fit Index
3- Root-Mean-Square-Error of Approximation



شکل ۲. ساختار ارتباطی وضعیت مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی در محله‌ی پونک تهران

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۲).

بر اساس نتایج به‌دست آمده بیشترین تحقق‌پذیری در بین شاخص‌های تبیین‌کننده‌ی مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی در محله‌ی پونک تهران به ترتیب شامل استقرار و دسترسی، استحکام، ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها و بازیابی می‌باشد که میزان امتیاز آنها بر مبنای مدل ساختاری ۰/۵٤، ۰/٤۸، ۰/۳۷ و ۰/۳٤ محاسبه شده است. همچنین در بین متغیرهای فرعی بیشترین تحقق‌پذیری مربوط به متغیرهای مقاومت فیزیکی (مجموعه‌ای از ابزارهای فنی و اقدامات سازمانی که به‌منظور تقویت مقاومت فیزیکی عناصر مهم زیرساختی در برابر حوادث مخرب طراحی شده‌اند)، منابع و مواد (در دسترس بودن اجزای مورد نیاز برای تعمیر یا تعویض قطعات آسیب‌دیده یا تخریب‌شده از عناصر زیرساختی در سازمان‌ها)، فاصله‌ی هندسی مناسب زیرساخت‌ها نسبت به یکدیگر و پاسخگویی سازمان‌ها (احتمال یا زمان پاسخ منجر به حذف دلایل یک رویداد مخرب یا به حداقل رساندن تأثیرات آنها) بوده است.

پس از بررسی و تأیید الگوهای اندازه‌گیری برای آزمون معناداری فرضیه‌ها دو شاخص جزئی مقدار بحرانی و P به کار گرفته شده است. بر اساس سطح معناداری ۰/۰۵ مقدار بحرانی می‌بایست بیشتر از ۱/۹٦ باشد، مقدار پارامتر کمتر از این در الگو، با اهمیت شمرده نمی‌شود. همچنین، مقادیر کوچک‌تر از ۰/۰۵ برای مقدار P حاکی از تفاوت معنادار مقدار محاسبه‌شده برای وزن‌های رگرسیونی با مقدار صفر در سطح ۹۵ درصد اطمینان است. بر اساس نتایج مدل مقدار بحرانی برای متغیرهای استحکام و استقرار و دسترسی بیشتر از

۱/۹٦ در سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شده است. همچنین متغیرهای بازیابی و ساختار مدیریت زیرساخت‌ها با مقدار بحرانی کمتر از ۱/۹٦ دارای وضعیت نامطلوبی در محله‌ی پونک تهران می‌باشند.

جدول ٤. آماره‌ی ساختار عاملی تأییدی ارتباط ساختاری متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	ضریب رگرسیونی	مقدار بحرانی	P	نتیجه
استحکام	۰/٤۲۹	۲/۸۵	۰/۰۰۹	تأیید
بازیابی	۰/۳۱۲	۰/۵۷	۰/۲٤۱	رد
ساختار مدیریت زیرساخت‌ها	۰/۳۳٦	۱/۰۷	۰/۱۲۸	رد
استقرار و دسترسی	۰/۵۰۱	۳/۱۹	۰/۰۰۳	تأیید

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

به‌منظور بررسی مؤلفه‌های اثرگذار و اثرپذیر در راستای مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها در محله‌ی پونک نیز از بر مبنای تکنیک DEMATEL استفاده شده است.

الف) محاسبه‌ی ماتریس ارتباط مستقیم (M)

زمانی‌که از دیدگاه چند خبره استفاده می‌گردد از میانگین حسابی ساده‌ی نظرات استفاده شده و ماتریس ارتباط مستقیم یا M را تشکیل می‌دهیم. بر مبنای جدول شماره ۵ بیشترین ارتباط مستقیم، بین متغیرهای ساختار مدیریت زیرساخت‌ها با بازیابی و کمترین ارتباط مستقیم، بین متغیرهای استقرار و دسترسی با استحکام وجود دارد.

جدول ۵. ماتریس ارتباط مستقیم M

	معیارها	S	R	IMS	DA
S	استحکام	۰/۰۰۰	۲/۵۷۱	۲/٤۱۷	۱/۳۱۵
R	بازیابی	۱/٦۵۲	۰/۰۰۰	۳/۰۸۱	۱/۵۰۹
IMS	ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها	۲/۰۳٤	۳/۲۷۱	۰/۰۰۰	۲/۵٦۳
DA	استقرار و دسترسی	۱/۲۷۹	۲/۸۹٤	۲/۳۹۱	۰/۰۰۰

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

ب) محاسبه‌ی ماتریس ارتباط مستقیم نرمال N=K*M

در این بخش، ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌ها محاسبه شده و سپس معکوس بزرگترین عدد سطر ضرب در هر عدد M، ستون k را تشکیل می‌دهد. براساس جدول شماره ٦ بزرگترین عدد ۷/۸۸۹ است و تمامی مقادیر جدول بر معکوس این عدد ضرب می‌شود تا ماتریس نرمال شود.

رابطه‌ی (۲):

$$k = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} = \frac{1}{7.889} = 0.126$$

N=0.126*M

جدول ٦. ماتریس ارتباط مستقیم نرمال N

DA	IMS	R	S	N
۰/۱٦٦	۰/۳۰٤	۰/۳۲٤	۰/۰۰۰	S
۰/۱۹۰	۰/۳۸۸	۰/۰۰۰	۰/۲۰۸	R
۰/۳۲۳	۰/۰۰۰	۰/٤۱۲	۰/۲٥٦	IMS
۰/۰۰۰	۰/۳۰۱	۰/۳٦٥	۰/۱٦۱	DA

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

ج) محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل (T)

برای محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل ابتدا ماتریس همانی (I) تشکیل می‌شود. سپس ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. در نهایت ماتریس نرمال را در ماتریس معکوس ضرب می‌کنیم.

رابطه‌ی (۳):

T= N*(I-N)-1

جدول ۷. ماتریس ارتباط کامل T

DA	IMS	R	S	T Matrix
۰/۲۹٦	۰/۳٥۱	۰/٤۷۲	۰/٤۲٥	S
۰/۳٥۹	۰/٤۲۳	۰/۳۸٤	۰/٥۱۱	R
۰/۳۱۷	۰/٤۰۳	۰/٥۲۷	۰/٦۲٤	IMS
۰/۲۹۷	۰/۳۸٤	۰/٤۲٦	۰/۳۱۹	DA

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

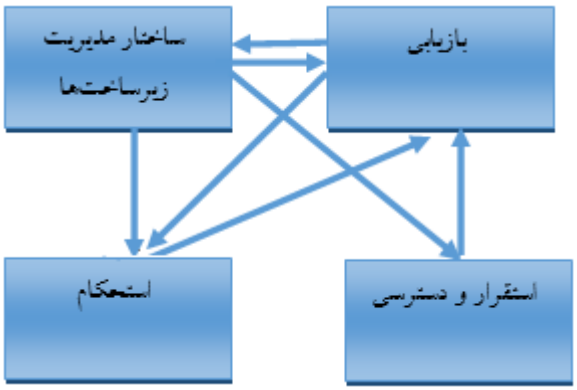
د) تحلیل الگوی روابط علی

در جدول شماره ۸ و شکل شماره ٤ الگوی نهایی و روابط علی متغیرهای اصلی تحقیق مشخص گردیده است.

جدول ۸. الگوی روابط علی معیارهای اصلی مدل

معیارها	D	R	D+R	D-R
S	٤/٢٥٦	٣/٣٩١	٧/٦٤٧	٠/٨٦٥
R	٣/٨٢٤	٤/١١٧	٧/٩٤١	-٠/٢٩٣
IMS	٥/٤٧٧	٣/٨٢٢	٩/٢٩٩	١/٦٥٥
DA	٣/٣٢٦	٣/٠١٧	٦/٣٤٣	٠/٣٠٩

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ١٤٠٢).



شکل ٤. الگوی روابط درونی معیارهای اصلی مدل

مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ١٤٠٢).

بر مبنای جدول شماره ۸، (D) نشانگر میزان تأثیرگذاری و (R) نشانگر میزان تأثیرپذیری هر معیار می‌باشد. در این راستا، معیار ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها از بیشترین تأثیرگذاری و معیار بازیابی از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار می‌باشند. همچنین (D+R) نشان‌دهنده‌ی تعامل بین معیارها بوده که در این بین معیار ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها بیشترین تعامل را با سایر معیارهای مورد مطالعه داشته است. (D-R) نیز قدرت تأثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. به‌طور کلی اگر (D-R) مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد معلول محسوب می‌شود. بنابراین در این مدل معیار بازیابی معلول و معیارهای ساختار مدیریتی زیرساخت‌ها، استحکام و استقرار و دسترسی متغیر علی می‌باشند. بررسی زیرمعیارها نیز حاکی از آن است که سطح اجرای استانداردهای امنیتی/ایمنی، منابع مالی، وجود سناریوهای اضطراری و افزونگی دارای بیشترین تأثیرگذاری و منابع و مواد، فرآیندهای بازیابی و منابع انسانی دارای بیشترین تأثیرپذیری می‌باشند. همچنین معیار پاسخگویی و مقاومت فیزیکی بیشترین تعامل را با سایر معیارها داشته‌اند. از بین ۲۰ معیار مورد بررسی نیز ۱۵ معیار علی و ۵ معیار معلول بوده‌اند.

جدول ۹. الگوی روابط زیر معیارها

نماد	زیرمعیارها	D	R	D+R	D-R
S1	آمادگی در برابر بحران	۱/۱۷	۱/۳۵	۲/۵۲	-۰/۱۸
S2	افزونگی	۱/۵٦	۱/۲۷	۲/۸۳	۰/۲۹
S3	توانایی تشخیص	۱/۲۹	۱/۱٤	۲/٤۳	۰/۱۵
S4	پاسخگویی	۱/۳۱	۱/٤۷	۳/۷۸	-۰/۱٦
S5	مقاومت فیزیکی	۱/۷۲	۱/۳۹	۳/۱۱	۰/۳۳
R1	منابع و مواد	۱/۳٤	۱/٦۵	۲/۹۹	-۰/۳۱
R2	منابع مالی	۱/۹۸	۱/۳۱	۳/۲۹	۰/٦۷
R3	منابع انسانی	۱/۵۲	۱/٤۳	۲/۹۵	۰/۰۹
R4	فرآیندهای بازیابی	۱/۲٦	۱/۳۸	۲/٦٤	-۰/۱۲
R5	برنامه‌های پشتیبانی زیرساخت‌ها	۱/۳٤	۱/٤۵	۲/۷۹	-۰/۱۱
IMS1	سطح اجرای استانداردهای امنیتی/ایمنی	۲/۰۳	۱/۲۵	۳/۲۸	۰/۷۸
IMS2	وجود سناریوهای اضطراری	۱/۵۸	۱/۳٤	۲/۹۲	۰/۲٤
IMS3	تنوع طراحی و عددی زیرساخت‌ها	۱/٤۹	۱/۲٦	۲/۷۵	۰/۲۳
IMS4	میزان ارتباط و پیوستگی ساختاری زیرساخت‌ها	۱/٤۷	۱/۳۲	۲/۷۹	۰/۱۵
IMS5	کنترل و پایش مستمر شبکه‌ی زیرساختی	۱/۵٤	۱/۱۷	۲/۷۱	۰/۳۷
DA1	برخورداری از خطوط آب و انرژی مناسب	۱/۳٤	۱/۲۵	۲/۵۹	۰/۰۹
DA2	نحوه‌ی توزیع فضایی شبکه‌های آب و انرژی با عملکردهای ناسازگار	۱/۳۱	۱/۱۹	۲/۵۰	۰/۱۲
DA3	فاصله‌ی هندسی مناسب زیرساخت‌ها نسبت به یکدیگر	۱/۳۷	۱/۲۰	۲/۵۷	۰/۱۷
DA4	استقرار مرکز قطع و وصل خطوط آب و انرژی در سطح محلی	۱/۵٤	۱/۰۹	۲/٦۳	۰/٤۵
DA5	وجود نقشه‌ی مناسب از موقعیت استقرار انواع خطوط و شبکه‌های زیرساختی	۱/٤۹	۱/۱۸	۲/٦۷	۰/۳۱

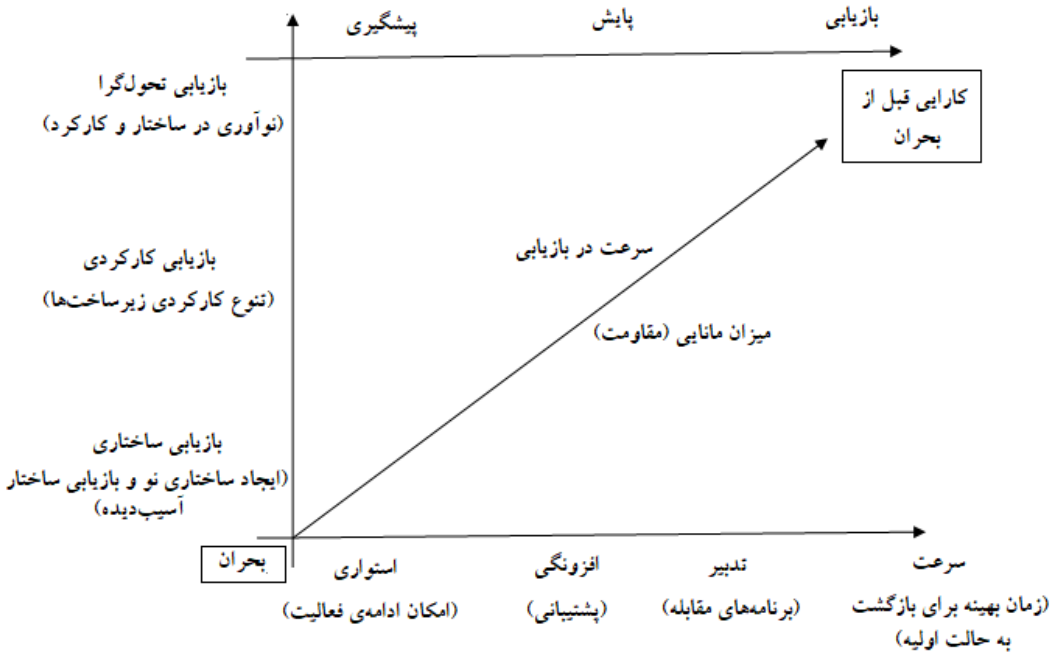
مأخذ: (یافته‌های تحقیق، ۱٤۰۲).

٤. بحث

امروزه ارزیابی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی به‌ویژه در مقیاس محلی که سطح اولیه‌ی برنامه‌ریزی و توسعه‌ی شهری است، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در این راستا، دی بروجین[1] و همکاران (۲۰۱۷)، اقدامات مؤثر مدیریت ریسک توسط دولت‌های محلی، بورسکووا[2] و همکاران (۲۰۱۸)، شناسایی ظرفیت‌های محلی، پینسکوار[3] و همکاران (۲۰۲۰)، مدیریت مستقل و پایین به بالا را از ضرورت‌های تاب‌آور ساختن مناطق شهری بیان کرده‌اند. از طرفی، در مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها، بر اساس نظر برونئو و همکاران (۲۰۰۳)، چهار اصل استواری، افزونگی، تدبیر و سرعت بایستی مدنظر قرار گیرد. همچنین

1 - De Bruijn
2 - Borsekova
3 - Pinskwar

کیملارو (۲۰۱۶)، تاب‌آوری یک سیستم و جامعه را به شدت متأثر از توان بازیابی زیرساخت‌های آن پس از شرایط بحرانی عنوان کرده است. وی در این زمینه سه الگوی بازیابی ساختاری، بازیابی کارکردی و بازیابی تحول‌گرا را در تاب‌آوری زیرساخت‌ها مؤثر دانسته است. درنهایت از دیدگاه اویانگ و همکاران (۲۰۱۲)، سه سطح اساسی تاب‌آور ساختن زیرساخت‌ها شامل پیشگیری، پایش و بازیابی می‌باشد. با توجه به دیدگاه‌های نظری می‌توان روش‌های ارزیابی مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی را به شرح شکل شماره ۳ ترسیم نمود.



شکل ۳. ارزیابی مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری با تأکید بر زیرساخت‌های شهری

مأخذ: (نگارندگان، ۱۴۰۲).

از نظر استواری محله‌ی پونک با توجه به زیرساخت‌های مقاوم و اجتناب از خطرات جانبی در وضعیت مطلوبی قرار دارد. افزونگی، تدبیر و سرعت در این محله با توجه به عدم وجود سناریوهای اضطراری و پشتیبانی مناسب در راستای بهینه‌سازی زمان برگشت به حالت اولیه در وضعیت نامطلوبی قرار دارد.

همچنین از منظر بازیابی ساختاری و ایجاد زیرساخت‌های نو وضعیت محله‌ی پونک مطلوب ارزیابی گردیده است. با این حال در ابعاد بازیابی تحول‌گرا (نوآوری در زیرساخت‌ها) و همچنین بازیابی کارکردی (بازیابی عملکردی زیرساخت‌های آسیب‌پذیر و تنوع کارکردی زیرساخت‌ها) وضعیت محله نامطلوب می‌باشد. از طرفی در این دیدگاه مانایی و بازیابی دو عنصر اصلی تاب‌آوری زیرساخت‌ها عنوان شده‌اند که بایستی با

ارتقاء شاخص کارایی سیستم و زمان بازیابی کارایی سیستم، مقدمات تاب‌آوری محله‌ی پونک از منظر زیرساخت‌ها فراهم گردد.

درنهایت در محله‌ی پونک پیشگیری تا حد نسبتاً مطلوبی رعایت شده است و بایستی با کوتاه نمودن زمان پایش و بازیابی زیرساخت‌ها به ارتقاء کارایی زیرساخت‌ها و مانایی آنها اقدام نمود.

بررسی وضعیت موجود زیرساخت‌های حیاتی از دیدگاه مسئولان و کارشناسان شهری نیز حاکی از آن است که از منظر استحکام وضعیت مطلوب می‌باشد. از منظر استقرار نیز فاصله‌ی خطوط مختلف گاز و آب مطلوب بوده است. مرکز توزیع گاز و انتقال برق در فاصله‌ی مناسبی از محله قرار گرفته‌اند.

همچنین نتایج پژوهش حاضر تأییدی از نتایج پژوهش کریمی و جلیلی صدرآباد (۱۳۹۸) و ولس و همکاران (۲۰۲۲) در راستای نقش پیش‌گیری، پایش و بازیابی، علیزاده (۱٤۰۰) نقش مانایی، پنگ و همکاران (۲۰۱۷) بهره‌مندی از رویکردهای جامع و سیستمی و کاپوکو و همکاران (۲۰۲۳) نقش تداوم عملیات در تاب‌آوری زیرساخت‌ها می‌باشد. تفاوت پژوهش حاضر با پیشینه‌ی مطالعاتی نیز، بهره‌مندی از رویکردهای ترکیبی در این تحقیق به‌منظور سنجش و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها است.

۵. نتیجه‌گیری

امروزه، تعریف چارچوب برنامه‌ریزی تاب‌آوری شهرها مورد تأکید سازمان‌های بین‌المللی و صاحب‌نظران مختلف بوده است. با این حال، بهره‌گیری از برنامه‌های تاب‌آوری در سطح دولت‌های محلی همچنان یک چالش جدی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. در این راستا، بایستی ابتدا به اعطای قدرت اختیار و امکانات به دولت‌های محلی مبادرت نموده و سپس با بررسی وضعیت موجود و ظرفیت‌سنجی، اقدامات مقتضی صورت گیرد. بدین منظور پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری در محله‌ی پونک تهران با تأکید بر زیرساخت‌های شهری نگارش شده است. می‌توان عنوان کرد که با غلبه‌ی رویکرد تاب‌آوری در مباحث مربوط به حفاظت و نگهداری از زیرساخت‌های حیاتی در برابر مخاطرات انسانی و طبیعی، توجه به ظرفیت مانایی، سازگاری و انعطاف‌پذیری سیستم‌های زیرساختی در برابر شرایط سخت ایجادشده و زمان پاسخ و بازیابی و برگشت به حالت اولیه اهمیت دوچندانی یافته است. با این حال، در محله‌ی پونک تنها مانایی زیرساخت‌ها در حالت مطلوب بوده و سازگاری و انعطاف‌پذیری زیرساخت‌ها نیازمند بازنگری در اقدامات و برنامه‌های نظام مدیریت منطقه می‌باشد. به عبارتی پایش و بازیابی به‌عنوان دو عنصر مهم برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها، بایستی در برنامه‌های نظام مدیریتی محدوده گنجانده شود. عدم توجه به این عناصر در مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری زیرساخت‌ها علاوه بر تخریب آنها در مواقع بحرانی موجبات افزایش خسارات مالی و جانی خواهد گردید. بنابراین ضروری است در راستای جلوگیری

از اثرات انواع بحران و مخاطرات ضمن توجه به مانایی و استحکام زیرساخت‌های محله، پایش مستمر آنها در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت و توجه به رویکردهای بازیابی در مواقع بحرانی توجه گردد.

در پژوهش حاضر که نوآوری آن نیز تلقی می‌گردد، مؤلفه‌های ارزیابی مدیریت و برنامه‌ریزی تاب‌آوری با تأکید بر زیرساخت‌های شهری در محله‌ی پونک از طریق رویکرد و پاردایم ترکیبی و دیدگاه‌های مختلف استخراج شده‌اند، به عبارتی علاوه بر سه اصل پیشگیری، پایش و بازیابی در زیرساخت‌های شهری، از الگوهای بازیابی تحول‌گرا، کارکردی و ساختاری و همچنین الگوهای تاب‌آوری زیرساخت‌ها در ابعاد استواری، افزونگی، تدبیر و سرعت استفاده شده است. همچنین از موانع پیش رویِ انجام پژوهش حاضر می‌توان به عدم توجیه برخی از نمونه‌ی آماری در راستای مؤلفه‌های مورد بررسی و زمان‌بر شدن آن اشاره داشت.

با توجه به وضعیت موجود محله از منظر تاب‌آوری زیرساخت‌ها و در راستای دست‌یابی به وضعیت مطلوب می‌توان راهکارهای زیر را ارائه داد:

- از منظر استحکام و با توجه به جدید بودن زیرساخت‌های محله می‌توان با پایش مستمر و تشخیص آسیب‌ها و تخریب‌های احتمالی به مقاومت عناصر زیرساختی اقدام نمود.
- در ایجاد زیرساخت‌های جدید علاوه بر مقاومت به افزونگی آن یعنی برنامه‌ریزی در راستای جایگزینی سریع عملکرد قسمت‌های مختل‌شده توجه گردد.
- توسعه‌ی ارگان‌های مسئول زیرساخت‌ها با منابع و مواد در دسترس و همچنین منابع انسانی بادانش.
- ایجاد صندوق ذخیره‌ی بازیابی عناصر زیرساختی.
- تعریف فرآیندهای بازیابی عناصر زیرساختی در مواقع بحرانی.
- بررسی مستمر زیرساخت‌های حیاتی و تدوین سناریوهای توسعه‌ی زیرساخت‌ها.
- تنوع‌بخشی به طراحی زیرساخت‌ها و استقرار آنها با تأکید بر قطع و وصل محلی.

از پیشنهادهای پژوهشی آینده نیز می‌توان به بررسی ابعاد مختلف تاب‌آوری در سطوح محلی اشاره کرد که می‌تواند مقدمات برنامه‌ریزی استراتژیک تاب‌آوری را مهیا سازد. از طرفی بررسی تطبیقی محلات نیز از منظر تاب‌آوری و شناخت تفاوت‌ها، می‌تواند در اولویت پژوهشی قرار گیرد.

کتابنامه

علیزاده، ه. (۱٤۰۰). تحلیل و شناخت ظرفیت تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی شهری بر اساس مدل چرخه‌ی سازگاری تاب‌آوری (RAC) در کلان‌شهر اهواز. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۹(٤)، ۱۱۲۳-۱۱۰۳.

کریمی، ف.، و جلیلی صدرآباد، س. (۱۳۹۸). بررسی جایگاه شاخص‌های تاب‌آوری زیرساخت‌های شهری در فرآیند چرخه‌ای تاب‌آوری و درهم‌کنش آن‌ها از نظر متخصصان، *شهر ایمن*. ۲(۸)، ۱۷-۱.

معصومیان، ر.، متولی، ص.، جانباز قبادی، غ.ر.، و خالدی، ش. (۱٤۰۱). تحلیل مکانی بر تاب‌آوری کالبدی-زیرساختی شهر چمستان در برابر سیلاب. *مخاطرات محیط طبیعی*، ۱۱(۳۲)، ٥٦-۳۷.

Amini, M.H., Boroojeni, K.G., Iyengar, S.S., Blaabjerg, F., Pardalos, P.M., & Madni, A.M. (2018). *A Panorama of Future Interdependent Networks: From Intelligent Infrastructures to Smart Cities*. Sustainable Interdependent Networks, Springer.

Borsekova, K., Nijkamp, P., & Guevara, P. (2018). Urban resilience patterns after an external shock: An exploratory study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 381–392.

Bruneau, M., Chang, S., Eguchi, R., Lee, G., O'Rourke, T., Reinhorn, A., Reinhorn, A. M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, W. A. & Winterfedt, D. (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra*, 19, 733- 752.

Cimellaro, G. (2016). *Urban Resilience for Emergency Response and Recovery: Fundamental Concepts and Applications*. Springer Publication.

Collier, P., & Venables, A. J. (2016). Urban infrastructure for development. *Oxford Review of Economic Policy*, 32(3), 391-409.

Comfort, L.K. (2020). *Managing Critical Infrastructures in Crisis*. Oxford Research Encyclopedia of Politics.

Comfort, L.K., Boin, A., & Demchak, C. C. (2010). *Designing resilience: Preparing for extreme event*. Pittsburgh, PA: University of Pittsburgh Press.

De Bruijn, K., Buurman, J., Mens, M., Dahm, R., & Klijn, F. (2017). Resilience in practice: Five principles to enable societies to cope with extreme weather events. *Environmental Science. Policy*, 70, 21–30.

Foundations, C. (1997). *Protecting America's Infrastructures: The Report of the President's Commission on Critical Infrastructure Protection*. Washington, DC: The President's Commission on Critical Infrastructure Protection.

Haghpanah, F. (2015). *Multilevel alignment of critical infrastructure protection and resilience (CIP-R) programmes: A systematic analysis of international good practices*. Doctoral dissertation, Supervisor: Prof. Paolo Trucco, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Politecnico di Milano, Milan, Italy.

Hynes, W., Trump, B., Love, P., & Linkov, I. (2020). Bouncing forward: a resilience approach to dealing with COVID-19 and future systemic shocks. *Environment Systems and Decisions*, 40, 174–84.

Kapucu, N., Hu, Q., Sadiq, A.A., & Hasan, S. (2023). Building urban infrastructure resilience through network governance. *Urban Governance*, 3(1), 5-13.

Kennedy, C., Cuddihy, J., & Engel-Yan, J. (2007). The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 43–59.

Liang, X., & Kang, Y. (2021). *A review of spatial network insights and methods in the context of planning: applications, challenges, and opportunities*. Urban Informatics and Future Cities, Springer.

Musakwa, W. (2017). Perspectives on geospatial information science education: an example of urban planners in southern Africa. *Geo-spatial Information Science*, 20(2), 201–208.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019). *Building and measuring community resilience: Actions for communities and the gulf research program*. Washington, DC: The National Academies Press. 10.17226/25383

National Academy of Sciences (NAS). (2012). *Disaster resilience: A national imperative*. Washington, DC: The National Academies Press.

National Institute for Standards and Technology (NIST). (2016). *Community resilience planning guide for buildings and infrastructure*. Washington, DC: NIST Accessed from https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST. SP.1190v1.pdf.

Ouyang, M. (2014). Review on modeling and simulation of interdependent critical infrastructure systems. *Reliability engineering & System safety*, 121, 43–60.

Ouyang, M., Dueñas-Osorio, L., & Min, X. (2012). A three-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. *Structural Safety*, 36, 23-31.

Parker, D. J. (2020). Disaster resilience – a challenged science. *Environmental Hazards*, 19(1), 1–9.

Peng, C., Yuan, M., Gu, Ch., Peng, Z., & Ming, T. (2017). A review of the theory and practice of regional resilience. *Sustainable Cities and Society*, 29, 86-96.

Pinskwar, I., Chorynski, A., & Kundzewicz, Z.W. (2020). Severe drought in the spring of 2020 in Poland—More of the same? *Agronomy*, 10, 1-13.

Pursiainen, C. (2018). Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 632-641.

Rass, S., Schauer, S., König, S., & Zhu, Q. (2020). *Cyber-Security in Critical Infrastructures*. Springer.

Rockefeller Foundation. (2019). 100 resilient cities initiative. New York: Rockefeller Foundation. Website http://www.100resilientcities.org, Accessed date: 25 February 2019.

Sha, S., Cheng, Q., & Lu, M. (2023). Building a "reservoir of social resilience:" A strategy for social infrastructure regeneration in shrinking cities based on social network analysis. *Habitat International*, 143, 1-12.

Shaker, R. R., Rybarczyk, G., Brown, C., Papp, V., & Alkins, S. (2019). (Re) emphasizing urban infrastructure resilience via scoping review and content analysis. *Urban Science*, 3(2), 1-13.

Sitco, P., & Massella, A. (2019). Building urban resilience in the face of crisis: A fo-cus on people and systems. The Global Alliance for Urban Crises. Retrieved from https://www.preventionweb.net/files/63926_4.buildingurbanresilienceinthefaceo.pdf.

Spaans, M., & Waterhout, B. (2017). Building Up Resilience in Cities Worldwide-Rotterdam as Participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, 61, 109-116.

UNDRR. (2022). United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Terminology. Retrieved January 19, 2022, from, https://www.undrr.org/terminology.

United Nations. (2018). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. Retrieved from https://www.un.org/development/desa/en/news/ population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html.

Wells, E.M., Boden, M., Tseytlin, I., & Linkov, I. (2022). Modeling critical infrastructure resilience under compounding threats: A systematic literature review. *Progress in Disaster Science*, 15, 1-15.