

سنجش تاب‌آوری شهر در برابر زلزله با مدل پرومته، نمونه موردی: منطقه یک شهرداری تهران

* علی عشقی چهاربرج^۱، حسین نظم‌فر^۲

۱. دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

۲. استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۱۴

Assessment of Urban Resilience against Earthquake by Using Promethee Model, Case Study: district 1 of Tehran Municipality

* Ali Eshghi Chaharborj¹, Hosain Nazmfar²

1. PhD of Geography & Urban Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2. Professor of urban planning, Geography Department, University of Mohaghegh Ardabil, Iran.

Received: 04/01/2018

Accepted: 20/10/2018

Abstract

Earthquake as one of the most devastating & destructive types of natural hazards include big & unpredictable shapes. So, this cannot be prevented from its consequences. In contrast to this situation, international organizations' strategies for reduction of disaster is to create earthquake resilience communities that this issue requires an assessment of the resilience of the city against earthquakes & planning. Therefore, this study try to investigate the resilience of the ten zone in district 1 of Tehran against earthquake. The research method was descriptive-analytic as well as applied type. In addition, ten main criteria were used to measure resilience of district 1 of Tehran in the form of 42 sub-criteria, which used the Prometheus & Gaia model to analyze the relevance of the criteria under the data analysis network analysis process. The results showed that zones 2, 7 & 8 have high resilience, Zones 3 & 4 have moderate resilience, Zones 10 have low resilience, & Zones 1, 5, 6 & 9 have very low earthquake resilience. In general, it can be concluded that zones the zones in the west of Tehran's one district are highly resilient, & those located in the central part, especially east of Tehran's one district, have little resilience against earthquakes.

Keywords

Resilience, Earthquake, Analytic Network Process (ANP), Promethee Modle, district 1 of Tehran.

چکیده

زلزله به‌عنوان یکی از فاجعه‌بارترین و مخرب‌ترین انواع مخاطرات طبیعی دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیر می‌باشد. لذا نمی‌توان از پیامدهای آن جلوگیری کرد. در مقابل این وضعیت، راهبردهای سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش بلا، ایجاد جوامع تاب‌آور در برابر زلزله است که این امر نیازمند ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر در برابر زلزله و برنامه‌ریزی اصولی در راستای تاب‌آور نمودن آن می‌باشد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و سنجش میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله صورت گرفته شده است. در این مقاله، روش پژوهش توصیفی-تحلیلی از نوع کاربردی است. هم‌چنین، برای سنجش تاب‌آوری نواحی منطقه یک تهران از ده معیار اصلی در قالب ۴۲ زیر معیار استفاده شده است که برای تعیین اهمیت نسبی معیارهای مورد پژوهش از فرآیند تحلیل شبکه‌ای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین میزان تاب‌آوری نواحی در برابر زلزله از مدل پرومته و گایا بهره برده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۷ و ۸ از تاب‌آوری زیاد، نواحی ۳ و ۴ از تاب‌آوری متوسط، ناحیه ۱۰ از تاب‌آوری کم و نواحی ۱، ۵، ۶ و ۹ از تاب‌آوری خیلی کم در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. به‌طور کلی می‌توان از نتایج پژوهش چنین استنباط نمود که نواحی که در غرب منطقه یک شهر تهران قرار گرفته‌اند از تاب‌آوری زیادی و نواحی که در قسمت مرکزی و به‌ویژه در شرق منطقه یک واقع شدند از تاب‌آوری کمی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند.

واژگان کلیدی

تاب‌آوری، زلزله، فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، مدل پرومته، منطقه یک تهران.

مقدمه

جهان طی ۶ دهه اخیر فرآیند شهرنشینی سریعی را تجربه می‌کند، به طوری‌که در سال ۱۹۵۰، ۳۰ درصد از جمعیت جهان شهرنشین بوده است ولیکن جمعیت شهرنشین در سال ۲۰۱۴ به ۵۴ درصد رسیده است (UN, 2014: 7). همچنین، طبق گزارش سازمان ملل بیش از نیمی از جمعیت جهان یعنی حدود ۳/۵ میلیارد نفر در شهرها زندگی می‌کنند که این رخداده به ۶۵ درصد در سال ۲۰۳۰ و به حدود ۷۰ درصد در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (ESA-UN, 2007).

افزایش سریع جمعیت، کمبود منابع و مدیریت نادرست آن سبب شده است که مخاطرات طبیعی بیش از پیش به‌عنوان یک عامل مهم تهدیدکننده جوامع انسانی به‌شمار آید (COP, 2015: 21). با وقوع سوانح طبیعی، سکونتگاه‌های بشری پذیرای آسیب‌های جانی و مالی قابل‌توجهی می‌گردند (Yates & Paquette, 2011: 7). از سوی دیگر، با توجه به ساختار اجتماعی جامعه از لحاظ نوع طبقات اجتماعی و مکان‌هایی که در آن اتفاق می‌افتد، می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری روحی و روانی، جسمی و مالی را بر ساکنان تحمیل کند (Cr&all et al., 2010).

حساسیت بالای مخاطرات طبیعی، به‌ویژه زمین‌لرزه، سبب گردیده است تا طیف گسترده‌ای از این فعالیت‌ها و تجربیات متوجه بهبود تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت بحران زمین‌لرزه در شهرها شود (ملک و پيله فروش‌ها، ۱۳۹۳: ۶). در سال‌های اخیر، نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح بیشتر فعالیت‌های خود را بر دست‌یابی به جامعه تاب‌آور در برابر سوانح متمرکز ساخته‌اند (رضایی، ۱۳۸۹: ۷). به‌طوری‌که اقدامات موازی چندی جهت ایجاد چارچوبی برای کاهش خطر بحران در سطح بین‌المللی به‌وجود آمده است. در ۲۲ ژانویه سال ۲۰۰۵ میلادی، گامی تحت عنوان “تقویت تاب‌آوری ملت‌ها و جوامع در مقابل سوانح” در چارچوب طرح هیوگو برای عمل در سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ به تصویب استراتژی بین‌المللی کاهش بحران سازمان ملل متحد رسید که خود حرکتی مثبت در زمینه تاب‌آوری محسوب می‌شود. از زمان تصویب این لایحه قانونی هدف اصلی برنامه‌ریزی برای مخاطره و کاهش خطر بحران، به نحوی بارز به سمت تمرکز روی ایجاد تاب‌آوری در جوامع گرایش پیدا کرده، نه کاهش آسیب‌پذیری (Mayunga, 2007: 1).

واقعیت این است که نمی‌توان، کاملاً از پیامدهای بلایا جلوگیری کرد زیرا برخی بلایا دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیرند. لذا، باید ظرفیت و توان ساکنین برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید (Zhou, 2010: 23). از این‌رو، داشتن چنین

راهبرد موجب گردیده تا برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری جوامع در برابر بحران، جزء مهمی از آینده‌نگری جوامع و سازمان‌ها محسوب شود. به نحوی‌که هرچه دایره شمول سوانح بیشتر باشد، لزوم پرداختن به مدیریت بحران اثربخش و راهکارهای ارتقاء تاب‌آوری جامعه محور حیاتی‌تر خواهد بود.

ایران به دلیل واقع شدن شهرهای پرجمعیت بر روی گسل، از جمله کشورهای مستعد زلزله به‌شمار می‌رود. به‌طور میانگین در ایران هر ۷ سال یک زلزله قوی و دارای خسارت جانی و مالی بالا روی داده است (جانعلی پور و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۰). در این میان پهنه سرزمینی کلان‌شهر تهران با قرارگیری در دامنه جنوبی البرز و وجود بیش از ۲۰ گسل فعال و غیرفعال با سابقه لرزه‌خیزی و توان لرزه‌زایی بالا از این قاعده مستثنی نیست. در بین مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، منطقه یک شهرداری تهران به دلیل نزدیکی به گسل‌های مؤثر در آسیب‌پذیری شهر تهران مانند مشاء و شمال تهران و نیز وجود گسل‌هایی در داخل منطقه هم‌چون گسل نیاوران، گسل محمودیه و گسل دارآباد (بنامیه)، و همچنین، ویژگی‌های منحصر به فرد خود مانند تمرکز شدید ساختمانی، کمبود فضاهای باز، بلندمرتبه‌سازی‌های غیرمجاز و غیراصولی، استفاده از مصالح ناسازگار در ساخت‌وسازهای، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی و ناپایداری زمین در اثر آن، استفاده از اراضی نامناسب برای توسعه شهری به‌ویژه در شمال منطقه، وجود معابری تنگ و باریک در بافت‌های فرسوده و نداشتن برنامه‌های اصولی برای رویاروی با بحران‌های آتی، در معرض خطر شدید زلزله می‌باشد.

با توجه به مطالب بیان شده، در راستای کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله و تاب‌آور نمودن منطقه یک شهرداری تهران، این ضرورت به‌طور جدی احساس می‌شود که با استفاده از روش‌ها و مدل‌های مختلف میزان تاب‌آوری نواحی شهری منطقه یک تهران مورد سنجش قرار گیرد تا با شناسایی مؤلفه‌های مؤثر در افزایش تاب‌آوری محدوده مورد مطالعه، به‌منظور کاهش خسارات و تلفات ناشی از وقوع زلزله جهت تاب‌آور نمودن منطقه گامی مؤثر برداشت. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و سنجش میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله صورت گرفته است. جهت ارزیابی تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره پرومته استفاده شده است. در راستای دستیابی به هدف، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به سؤال زیر می‌باشد:

وضعیت تاب‌آوری هر یک از نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله چگونه می‌باشد؟

مبانی نظری

تقویت توانایی‌های مردم برای مقابله با خطرات ناشی از وقوع سوانح طبیعی می‌باشد (رضایی، ۱۳۸۹: ۵).

تاب‌آوری به دلیل پویا بودن واکنش جامعه در برابر مخاطرات، نوعی آینده‌نگری به حساب می‌آید. تاب‌آوری به گسترش گزینش‌های سیاستی برای رویارویی با عدم قطعیت و تغییر هم کمک می‌کند. لذا، افزایش تاب‌آوری در برابر سوانح می‌تواند به ایجاد افزایش ظرفیت سازگاری و معیشت پایدار جامعه منجر شود (Godschalk, 2003: 5; Tompkins & Adger, 2004: 436; Berkes, 2007: 282; Manyena, 2006: 10).

براین اساس پژوهش حاضر با تأکید بر راهبرد دوم یعنی تاب‌آوری در برابر بلایا، در پی سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر می‌باشد تا با شناسایی میزان تاب‌آوری نواحی و مؤلفه‌های مؤثر در آن، گامی مؤثر در راستای تاب‌آور نمودن منطقه یک تهران بردارد.

پیشینه تحقیق

در زمینه ارزیابی تاب‌آوری شهر در برابر زلزله پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است که در این قسمت به برخی از جدیدترین آن‌ها اشاره می‌گردد. الکساندرا^۳ (۲۰۱۱)، پژوهشی تحت عنوان "تاب‌آوری در برابر زلزله" انجام شده است. این پژوهش به صورت مروری انجام شده و در نهایت برخی پیشنهادها عملی برای برنامه‌ریزان و مدیران داده است که بر اساس آن شامل ایجاد یک سیاست پس از زلزله و راهبرد قبل از وقوع زلزله بعدی، ایجاد یک فرهنگ تاب‌آوری در برابر زلزله، اطمینان از وجود برنامه‌های پایدار، ایجاد شبکه، برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر، کاهش خطرات سازه‌ای و غیرسازه‌ای و ... می‌باشد.

برک و اسمیت^۴ (۲۰۱۲)، در پژوهشی با عنوان "برنامه‌ریزی برای تاب‌آوری با رویکرد برنامه‌ریزی کاهش خطر و اتخاذ قانون مقابله با حوادث" روندی در مطالعات مرتبط با تاب‌آوری شهری ارائه می‌دهد تا برنامه‌ریزان جهت ارتقاء مؤلفه‌های تاب‌آوری موجود، به صورت قانونی در شهر رفتار نمایند.

بسطامی‌نیا و همکاران^۵ (۲۰۱۶)، پژوهشی با عنوان "ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر زلزله" انجام دادند. نتایج تحقیق در شهر دهم‌دشت نشان داد که بالاترین رتبه در تاب‌آوری اجتماعی زیرشاخص سرمایه اجتماعی، در تاب‌آوری اقتصادی، به زیرشاخص بهبود ظرفیت و در تاب‌آوری نهادی، به زیرشاخص دسترسی سازمانی و دسترسی در تاب‌آوری تکنولوژیکی مربوط می‌شود.

امروزه عمدتاً شهرها و جوامع سکونت‌گاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که به لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی و یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسانساخت هستند. نگاهی که تاکنون در مدیریت سوانح 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 (فرزادبهباش، ۱۳۹۲: ۳۳). این مفهوم پس از پذیرش چهارچوب کاری هیوگو برای دوره سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۵ به‌طور وسیعی در ادبیات علمی به کار گرفته شد (Usamah et al, 2014: 179) و دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر کرد (Cutter, 2008: 3).

در ارتباط با درک مفهوم تاب‌آوری محققان مختلف تعاریف متفاوتی ارائه کردند که بر طبق نظر کارپنتر^۱، تاب‌آوری به‌عنوان مقدار آشفستگی که یک سیستم بتواند جذب و هم‌چنان در همان حوزه و وضعیت قبلی بماند. میزان توانایی سیستم در خود سازماندهی و میزان توانایی سیستم در ایجاد و افزایش ظرفیت یادگیری و سازگاری می‌باشد (Carpenter, 2001: 765). مینگا^۲ معتقد است که تاب‌آوری، ظرفیت یا توانایی جامعه برای پیش‌بینی، آمادگی، پاسخ، و بازیابی سریع از اثرات سوانح است (Mayunga, 2007). پریور تاب‌آوری شهری را درجه، حد یا میزانی می‌داند که در آن حد، شهرها قادر به تحمل تغییر هستند؛ قبل از این‌که به مجموعه جدیدی از ساختارها و فرایندها بازسازماندهی شوند (پریور، ۱۳۹۲: ۱۲۵).

به‌طور کلی، دو نوع راهبرد مطرح برای مواجهه با سوانح عبارت هستند: از راهبرد پیش‌بینی و راهبرد تاب‌آوری. راهبرد اول برای آمادگی روبه‌رو شدن با مشکلات و معضلات، به‌کار می‌رود و راهبرد دوم برای مقابله با مشکلات ناشناخته استفاده می‌شود (Norm&in et al, 2011: 2). با توجه به این‌که بلایای طبیعی به‌ویژه زلزله غیرقابل پیش‌بینی هستند؛ می‌بایست با به‌کارگیری راهبرد دوم، ظرفیت و توان ساکنین برای مقاومت و زندگی در کنار بلایا را بهبود بخشید. از این روست که تبیین رابطه تاب‌آوری در برابر سوانح طبیعی (زلزله) و کاهش اثرات آن، با توجه به نتایجی که دربر خواهد داشت از اهمیت بالایی برخوردار است. به عبارتی هدف این رویکرد، کاهش آسیب‌پذیری جوامع و

3. Alexander
4. Berke and Smith

1. Carpenter
2. Mayunga

برابر زلزله استفاده شده است. جهت بیان اهمیت نسبی هریک از شاخص‌ها از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) بهره گرفته شد. مدل به کار برده شده جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها مدل تصمیم‌گیری چند معیاره پرومته و تحلیل گایا می‌باشد. در این پژوهش از نرم‌افزار Super Decisions جهت تعیین وزن شاخص‌ها و از نرم‌افزار Visual PROMETHEE جهت اجرای مدل و از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت ترسیم خروجی استفاده شده است. در زیر مدل‌های به کار رفته در پژوهش به صورت معرفی می‌گردند.

روش پرومته

تاکنون روش‌ها و مدل‌های متفاوتی برای تصمیم‌گیری‌های جغرافیایی به کار گرفته شده است که یکی از روش‌های کاربردی آن، استفاده از مسائل مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است. این روش مبنای عملکرد را بر پایه مقایسه گزینه‌ها قرار می‌دهد و به دو طبقه کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه و چندشاخصه تقسیم می‌شود (Arisoy, 2007: 37-38).

روش‌های مختلفی مانند الکترو، ویکور، تاپسیس و ... برای تصمیم‌گیری چندشاخصه وجود دارد (مومنی و شریفی سلیم، ۱۳۹۱: ۱). پرومته یکی از جدیدترین این روش‌ها می‌باشد که روش ساختاریافته‌ی رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها است (همان، ۱۶۸).

این روش در دهه ۱۹۸۵ میلادی به وسیله برانس و وینک ۵ برای انجام رتبه‌بندی ارائه شد. از جمله مزایای مهم روش PROMETHEE می‌توان به سادگی، وضوح و پایایی نتایج، امکان استفاده از طرح گرافیکی مدل‌سازی GAIA و امکان تحلیل حساسیت به صورت ساده و سریع اشاره کرد (Gilliams et al, 2005: 142; Caterino et al, 2008: 4).

این روش می‌تواند فرایند ارزیابی را بر روی مجموعه محدودی از آترناتیوهای محدود، به صورت یک رتبه‌بندی جزئی یا کامل، انجام دهد. تأثیر شفاف هر معیار و وزن آن بر روی جواب‌ها، کارایی بالای الگوریتم در این روش با وجود سادگی و پایه‌ریزی آن بر اساس اهمیت تفاوت عملکرد میان دو جواب وجه تمایز آن از روش ساختار سلسله مراتبی می‌باشد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۲۳).

به علاوه طبق رتبه‌بندی کارشناسان تاب‌آوری پس از زلزله در مقایسه با بعد زلزله اهمیت کمتری دارد.

نیکمردمین و همکاران (۱۳۹۳)، پژوهشی با عنوان "کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری، نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران" انجام دادند. نتایج این پژوهش بیانگر ای موضوع است که وضعیت نسبتاً مطلوب شاخص‌های سن، سطح آموزش، دلبستگی به مکان در سطح منطقه، وجود برنامه‌هایی برای بهبود وضعیت مشارکت، اطلاع‌رسانی مخاطرات، درک و دانش عمومی از خطر است. با این وجود هم‌چنان شاخص‌هایی نظیر نحوه نگرش ساکنان به مقوله خطر و وضعیت گروه‌های خاص به توجه بیشتری نیاز دارند.

داداش‌پور و عادل (۱۳۹۴)، پژوهشی با عنوان "سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین" انجام دادند. نتایج یافته‌ها حاکی از آن است که در بین ابعاد مختلف تاب‌آوری، مجموعه شهری قزوین به لحاظ ابعاد نهادی (با ۴۸ درصد فاصله از حد بهینه) و سپس ابعاد کالبدی - فضایی (با ۴۵ درصد فاصله از حد بهینه) وضعیت نامناسب‌تری دارد.

معظمی و رحیمی (۱۳۹۵)، پژوهشی با عنوان "سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران در بافت قدیم شهری" انجام دادند. نتایج تحقیق نشان داد که موقعیت محله تدافعی و در وضعیت متوسطی قرار دارد.

محمدی سرین‌دیزج و احدنژاد (۱۳۹۵)، در پژوهشی با عنوان "ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله به صورت موردی شهر زنجان" را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعه نشان داد که با توجه به معیارهای ارزیابی تاب‌آوری کالبدی در ۲۵ ناحیه شهری زنجان، غالباً قسمت‌های شمالی، شرقی و شمال شرقی از تاب‌آوری بالایی برخوردار هستند.

با توجه به این که پژوهش‌های پیشین از شاخص‌های مختلف و محدود جهت سنجش تاب‌آوری نواحی استفاده نمودند. پژوهش حاضر درصدد است تا با استفاده از شاخص‌های جامع‌تر و مدل پرومته میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه شهرداری منطقه یک تهران را مورد ارزیابی قرار دهد.

روش انجام پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. در این پژوهش از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی برای نگارش مبانی نظری و پیشینه تحقیق استفاده شده است. جامعه آماری شامل نواحی ده‌گانه شهرداری منطقه یک تهران می‌باشد. برای ارزیابی از ۴۲ شاخص مؤثر در تاب‌آوری منطقه در

روش مدل‌سازی ویژه^۶

برای افزایش کارایی روش‌های PROMETHEE به کار^۵ GAIA (تحلیل هندسی برای کمک متقابل) با تکنیک مدل^۶ ویژه توصیه شده است. در مسایل چندشاخصه بسیار مهم است که تصمیم‌گیرنده را در مورد مخالفت شاخص‌ها و برخورد وزن شاخص‌ها روی نتایج پایانی کمک کنیم. روش مدل‌سازی ویژه این‌گونه تحلیل‌ها را ایجاد می‌کند. این تحلیل براساس پایه‌های PROMETHEE بنا شده است و به آن تحلیل‌های گرافیکی و تشریحی را می‌افزاید (Figueira et al, 2004; Brans & Mareschal, 1994; Brans, 1996). مراحل اجرای مدل پرومته به صورت خلاصه در زیر بیان شده است:

گام اول (تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و تعیین نوع معیار)، اولین مرحله در روش پرومته تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و مشخص کردن نوع معیار از لحاظ سود و هزینه می‌باشد. پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری در گام نخست باید بر پایه رابطه $d_j = (a, b) = f_j(a) - f_j(b)$ تفاوت هریک از گزینه‌ها در هریک از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر به دست آورد. این تفاوت برای شاخص \max زمانی معنادار خواهد بود که $f_j(a) > f_j(b)$ باشد. برای شاخص‌های \min این رابطه برعکس است.

گام دوم (تعیین وزن شاخص‌ها)، تعیین وزن شاخص‌های مختلف، کاری لازم در همه مسائل تصمیم‌گیری چندشاخصه است. در روش پرومته، وزن شاخص‌ها اعداد حقیقی هستند که به واحد اندازه‌گیری شاخص بستگی ندارند. روش به کار گرفته شده در پژوهش حاضر جهت محاسبه اهمیت نسبی مؤلفه‌ها، مدل ANP می‌باشد. مدل ANP روش گسترش یافته شبکه AHP است که به روابط درونی بین سطوح تصمیم‌گیری اهمیت قائل می‌شود. هدف آن ساختارمند کردن فرایند تصمیم‌گیری با توجه به یک سناریو متأثر از عوامل چندگانه مستقل از هم است (مومنی و شریفی سلیم، ۱۳۹۱: ۸۹ و آذر و رجبزاده، ۱۳۹۳: ۱۶۱).

گام سوم (توابع برتری)، در این مرحله مقدار $p_j = (a, b)$ به دست آورده می‌شود. این مقدار از قرار دادن d_j در تابع برتری مربوط به هر شاخص به دست می‌آید.

گام چهارم (میزان مجموع موزون برتری گزینه)، رتبه‌بندی پایانی یا اولویت گزینه با جمع کردن اولویت همه شاخص‌ها به دست می‌آید که به آن مقدار کلی گفته می‌شود و با رابطه ۱، به دست می‌آید (Leeneer & Pastijn, 2002):

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k w_j p_j(a, b), \quad \left(\sum_{j=1}^k w_j = 1 \right)$$

رابطه ۱. میزان مجموع موزون برتری گزینه

به گونه‌ای که w_j را بر وزن شاخص j ام است. وزن‌ها توسط تصمیم‌گیرنده تعیین و سپس نرمال ($\sum w_j = 1$) می‌شوند. گام پنجم (جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی)، اگر تعداد گزینه‌ها که با n نشان داده می‌شود بیش‌تر از دو تا باشد، رتبه‌بندی پایانی به وسیله مجموع مقادیر مقایسات زوجی به دست می‌آید. برای هر گزینه $a \in A$ و با در نظر گرفتن گزینه‌های دیگر $x \in A$ می‌توان جریان رتبه‌بندی زیر را به دست آورد (رابطه ۲) (Brans et al, 1996):

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x)$$

رابطه ۲. انتخاب بهترین گزینه

این جریان نشان می‌دهد که گزینه a چقدر بر گزینه‌های دیگر اولویت دارد. بزرگ‌ترین $\Phi^+(a)$ به معنای بهترین گزینه است.

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a)$$

رابطه ۳. انتخاب کوچک‌ترین گزینه

این جریان نشان می‌دهد که گزینه‌های دیگر تا چه میزان بر گزینه a اولویت دارند. کوچک‌ترین $\Phi^-(a)$ نشان‌دهنده بهترین گزینه است (رابطه ۳). رتبه‌بندی گزینه‌ها را می‌توان با جریان مثبت یا جریان منفی رتبه‌بندی کرد. این دو رتبه‌بندی به طور معمول یکسان نیستند (Brans & Mareschal, 1994)، ولی تصمیم‌گیرنده همیشه خواهان رتبه‌بندی کامل است. زیرا تصمیم‌گیری ساده‌تر خواهد بود. محاسبه جریان خالص رتبه‌بندی این امکان را فراهم می‌سازد (Babic & Plazibat, 1998). این جریان حاصل توازن میان جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی است. جریان خالص بالاتر نشان‌دهنده گزینه برتر است (Brans & Mareschal, 1994) که از طریق رابطه ۴، به دست می‌آید.

براساس تحلیل گایا هرچقدر گزینه‌ها در جهت جریان خالص و در بین W و Π باشند در رتبه‌های برتر قرار می‌گیرند.

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

رابطه ۴. جریان خالص برتر

تحلیل GAIA Web

نمودارهای گرافیکی در GAIA Web نمایش دهنده جریان ϕ خالص هر یک از معیارهای منفرد در ارتباط با گزینه‌های مختلف است. شکل حاصله از این نمودارها بیانگر تابعی از رابطه بین معیارها در ارتباط با گزینه انتخابی می‌باشد. محورهای مربوط به هرکدام از معیارها از مرکز به پیرامون کشیده شده است. از آنجا که دایره‌ها منظم حول مرکز نشانگر مقادیر جریان خالص از مرکز تا +۱ خارجی‌ترین دایره از مرکز دایره می‌باشد. هر اندازه محورها به هم‌دیگر نزدیک‌تر باشند و اختلاف کمتری داشته باشند، نشان دهنده‌ی مقادیر خالص و هر اندازه از هم‌دیگر دور باشند نشان اختلاف بیشتر می‌باشد. در این نمودار موقعیت محور تصمیم و دایره نقطه چین مربوط به مقادیر π یک انتخاب هستند، چنانچه دایره نقطه چین سبز رنگ باشد مقادیر مثبت و رنگ قرمز نشانگر مقدار منفی مربوط است. شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش به شرح جدول ۱، نشان شده است.

تحلیل گایا

ترکیب روش پرومته با روش‌هایی مانند GAIA، ابزار مفیدی را برای تحلیل ارتباط میان شاخص‌ها تصمیم‌گیرندگان ایجاد می‌کند و شکاف زمانی تا هنگام توافق بر سه تصمیم را از بین می‌برد (اصغری زاده و همکاران، ۱۳۸۶: ۹). در این روش مجموعه گزینه‌ها را می‌توان با n نقطه در فضای K بعدی ارائه شود. با توجه به این‌که تعداد شاخص‌ها بیش از دو شاخص است تصویر واضح از فضای n بعدی غیرممکن است و بنابراین تحلیل ترکیب اصلی می‌تواند شبیه تحلیل دو بعدی گزینه‌ها به‌کار رود. اگر Π کوتاه باشد، محور تصمیم قدرت زیادی ندارد. در این حالت W بر صفحه گایا عمود است. اما هنگامی که Π بلند باشد، تصمیم‌گیرنده به انتخاب گزینه‌هایی دعوت شده است که تا امکان دورتر از جهت خود قرار گرفته است (Brans, 2002). بردار وزن W ، شبیه قرار دادن مکانی روی صفحه گایا است که تصمیم‌گیرنده می‌تواند با توجه به دقت شاخص، آن را پایه برتری‌های خود حرکت دهد.

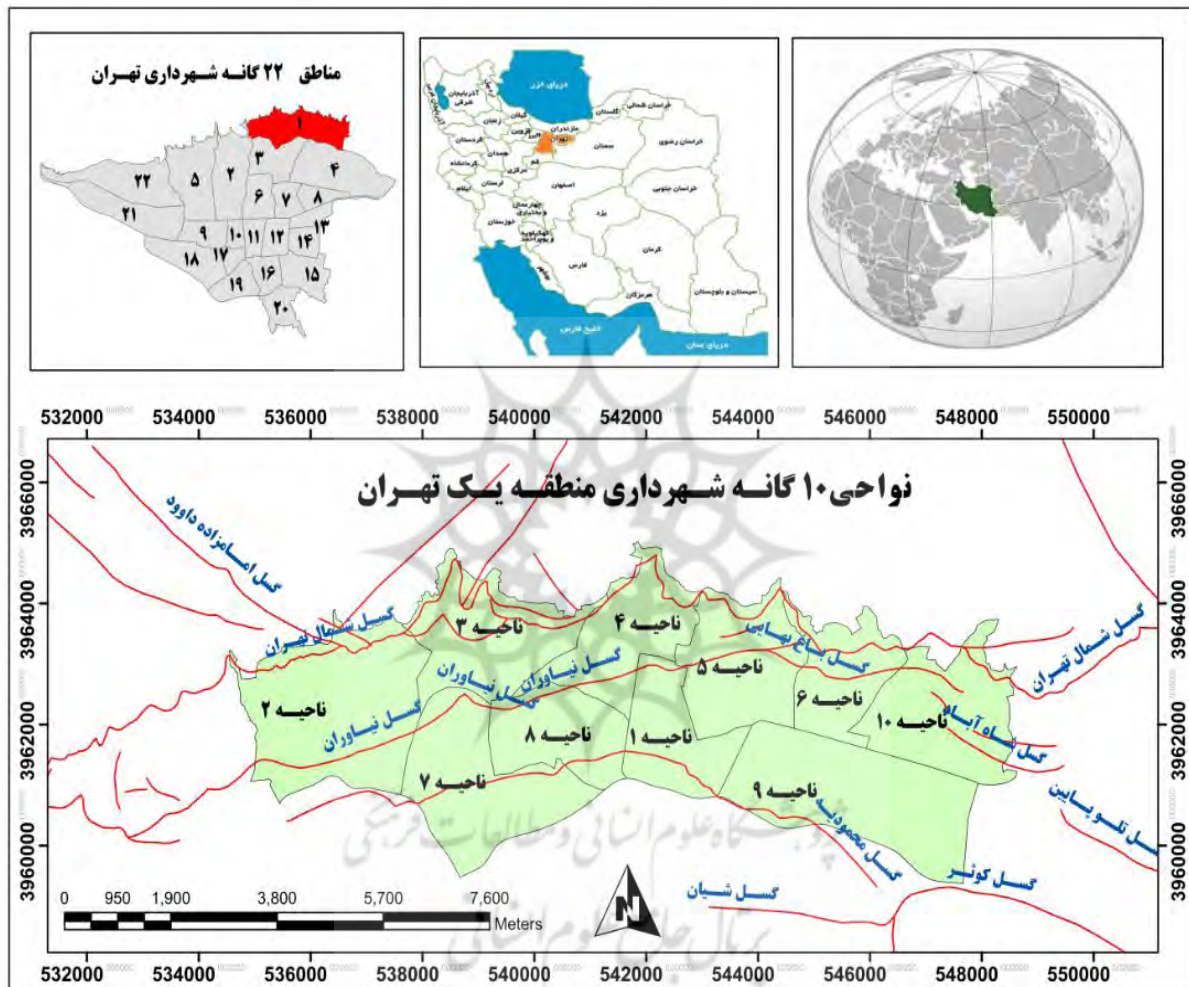
جدول ۱. شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

معیار اصلی	کد	زیرمعیار	معیار اصلی	کد	زیرمعیار	معیار اصلی	کد	
عرض معابر	C1	کمتر از ۴ متر	قدمت بنا	C15	خشت و گل	نمای ساختمانی	C29	بین ۵۰ تا ۶۵
	C2	۴-۸ متر		C16	آجر و سیمان		C30	بین ۶۵ تا ۷۵
	C3	۸-۱۲ متر		C17	شیشه		C31	بین ۷۵ تا ۸۵
	C4	۱۲-۲۰ متر	C18	کمتر از ۸۰ متر	C32		بعد از سال ۱۳۸۵	
سازگاری کاربری‌ها	C5	بیشتر از ۲۰ متر	نوع مصالح	C19	بین ۸۰ تا ۲۰۰ متر	مساحت همکف ساختمان	C33	خشت و گل
	C6	کاملاً سازگار		C20	بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر		C34	آجر و سیمان
	C7	نسبتاً سازگار		C21	بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر		C35	آجر و آهن
	C8	بی تفاوت		C22	بیش از ۶۰۰ متر		C36	اسکلت بتنی
	C9	نسبتاً ناسازگار	C23	۱ طبقه	C37	اسکلت فلزی		
	C10	کاملاً ناسازگار	C24	۲ و ۳ طبقه	تعداد طبقات	C38	سنگ بستر R	
	C11	تخریبی	C25	۴ و ۵ طبقه		C39	سازند هزار دره A	
	C12	قابل نگهداری	C26	۶ تا ۱۰ طبقه		C40	سازند C	
C13	نوساز	C27	بیشتر از ۱۰	C41		سازند Bn		
نمای ساختمانی	C14	سنگ	C28	قبل از سال ۱۳۵۰	قدمت بنا	C42	سازند D2	

محدوده مورد مطالعه

صدر با منطقه ۳ و از جنوب شرقی توسط بزرگراه ازگل با منطقه ۴ شهرداری تهران هم‌مرز است (مهندسین مشاور بافت شهر، ۱۳۸۴: ۲). شهرداری منطقه یک دارای ۱۰ ناحیه و ۲۶ محله شهری است (سایت شهرداری تهران، ۱۳۹۵) (شکل ۱).

منطقه یک تهران، شمالی‌ترین منطقه تهران به شمار می‌رود به طوری که مرز شمالی آن بر مرز شمال تهران (خطوط ارتفاعی ۱۸۰۰ متر) منطبق است. این منطقه از غرب توسط رود- دره درکه با منطقه ۲، از جنوب توسط بزرگراه‌های چمران، مدرس،



ماخذ: سایت شهرداری تهران، ۱۳۹۵

شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

یافته‌ها

نواحی است و نرم‌افزار ویژال پرومته قابل انجام است. ابتداء ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شد و سپس نوع معیار از لحاظ سود و هزینه مشخص گردید (جدول ۲ و ۳).

در این پژوهش برای سنجش تاب‌آوری نواحی ده‌گانه شهرداری منطقه یک تهران در برابر زلزله از مدل پرومته استفاده شد. روش پرومته یک روش منتخب به منظور سنجش تاب‌آوری

جدول ۲. ماتریس تصمیم‌گیری (مؤلفه‌های مورد استفاده در پژوهش)

نواحی	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	C10	c11	c12
ناحیه ۱	۱	۶۵	۱۰۷	۱۵۶	۲۷	۲۱۳۹	۹۷	۱۷۵	۱۰۷	۴۲	۱۰۶۶	۶۳۵
ناحیه ۲	۰	۱۷۹	۱۲۳	۳۲۵	۴۱	۵۲۱۴	۱۹۳	۱۷۳	۱۲۲	۱۰۸	۲۱۱۸	۱۶۳۰
ناحیه ۳	۷۳	۴۰۱	۱۳۱	۲۱۵	۴۸	۴۳۹۴	۲۴۳	۲۸۷	۱۰۸	۵۳	۲۶۹۴	۱۰۷۹
ناحیه ۴	۴	۱۷۰	۲۱۰	۲۳۲	۴۱	۲۹۸۳	۱۷۹	۱۹۸	۸۷	۶۳	۱۸۲۴	۷۰۳
ناحیه ۵	۰	۱۲۶	۹۳	۲۳۲	۴۴	۲۹۲۷	۲۵۶	۹۱	۷۷	۶۱	۱۳۰۹	۸۷۵
ناحیه ۶	۱	۵۳	۵۰	۱۱۵	۵۰	۲۱۷۳	۲۱۲	۴۵	۴۷	۳۵	۱۰۶۷	۷۱۱
ناحیه ۷	۰	۱۶۴	۱۷۷	۳۱۰	۲۸	۴۷۴۵	۲۰۵	۴۶۵	۱۴۹	۹۸	۱۷۲۳	۱۵۴۴
ناحیه ۸	۰	۳۷۳	۲۰۲	۲۳۸	۵۲	۴۸۱۳	۳۹۳	۳۴۲	۱۱۶	۶۱	۳۰۵۱	۱۲۳۱
ناحیه ۹	۰	۵۴	۷۱	۱۳۷	۵۸	۱۱۸۱	۹۹	۷۷	۴۷	۵۱	۲۱۹	۹۸۹
ناحیه ۱۰	۶	۴۵	۹۶	۱۶۵	۶۳	۲۱۱۳	۸۶	۵۸	۵۸	۵۹	۲۱۰	۱۲۰۸
نواحی	c13	c14	c15	c16	c17	c18	c19	c20	C21	c22	c23	c24
ناحیه ۱	۸۵۹	۸۳	۹۸۵	۱۳۸۹	۱۰۳	۸۳۸	۸۴۵	۷۲۲	۱۰۷	۴۸	۶۷۴	۱۵۱۷
ناحیه ۲	۱۹۹۹	۱۶۳	۲۰۲۲	۳۳۷۶	۲۴۹	۱۳۹۶	۱۶۳۱	۲۱۵۶	۴۲۵	۱۹۲	۱۴۸۱	۳۴۳۲
ناحیه ۳	۱۳۱۴	۱۲۷	۲۵۷۴	۲۲۵۷	۱۲۶	۱۷۴۲	۱۸۱۷	۱۲۴۳	۱۷۹	۱۰۳	۱۵۴۰	۳۰۵۲
ناحیه ۴	۹۸۳	۱۶۹	۱۶۹۹	۱۶۰۰	۸۵	۱۳۸۰	۱۰۸۸	۸۴۷	۱۳۱	۶۴	۱۱۲۱	۲۰۷۸
ناحیه ۵	۱۲۲۸	۷۲	۱۲۳۸	۱۹۹۹	۱۰۳	۶۶۶	۱۱۸۷	۱۲۶۲	۲۲۱	۶۱	۹۰۶	۲۱۳۴
ناحیه ۶	۷۲۴	۱۱۵	۹۵۳	۱۴۰۱	۴۳	۹۴۵	۹۶۶	۴۰۱	۹۵	۸۵	۸۹۱	۱۴۱۴
ناحیه ۷	۲۳۹۵	۱۵۴	۱۵۷۱	۳۷۲۲	۲۱۵	۱۱۶۴	۲۱۶۱	۱۸۲۶	۳۵۲	۱۵۸	۱۳۹۳	۳۶۱۵
ناحیه ۸	۱۴۴۳	۱۷۲	۲۸۸۲	۲۵۱۹	۱۵۲	۲۱۰۵	۳۱۱۴	۱۲۴۳	۱۸۱	۸۲	۱۱۹۳	۳۳۸۲
ناحیه ۹	۲۴۷	۹۵	۱۵۶	۱۰۹۹	۱۰۵	۲۲۴	۲۲۹	۳۶۶	۱۸۱	۴۵۵	۲۵۲	۸۴۷
ناحیه ۱۰	۹۵۶	۱۷۰	۷۳	۱۷۴۱	۳۹۰	۴۲۸	۳۳۸	۴۷۱	۳۰۶	۸۳۱	۳۴۰	۱۴۶۲

مأخذ: شهرداری منطقه یک تهران

جدول ۳. ماتریس تصمیم‌گیری (مؤلفه‌های مورد استفاده در پژوهش)

نواحی	c25	c26	c27	c28	c29	c30	c31	C32	c33
ناحیه ۱	۳۱۱	۴۷	۱۱	۸۴	۹۸۱	۵۶۲	۷۵۴	۱۷۹	۸۴
ناحیه ۲	۶۸۳	۱۸۱	۳۳	۱۶۶	۲۰۰۴	۱۵۳۶	۱۷۵۰	۳۵۴	۱۶۶
ناحیه ۳	۴۰۴	۱۰	۷۸	۱۳۴	۲۵۵۷	۱۹۶۱	۱۱۸۷	۲۴۵	۱۳۵
ناحیه ۴	۲۴۲	۱۱	۵۸	۱۲۹	۱۶۹۵	۶۳۶	۸۹۸	۱۵۲	۱۲۹
ناحیه ۵	۲۷۹	۸۲	۱۴	۷۳	۱۲۳۳	۸۳۰	۱۱۲۵	۱۵۱	۷۳
ناحیه ۶	۱۶۳	۳۶	۸	۱۱۶	۹۵۰	۶۴۷	۶۸۹	۱۱۰	۱۱۶
ناحیه ۷	۴۹۵	۱۲۶	۳۳	۱۵۸	۱۵۵۹	۱۴۴۵	۲۱۸۰	۳۱۰	۱۵۸
ناحیه ۸	۴۵۸	۸۷	۵	۱۸۵	۲۸۶۲	۱۰۵۸	۱۲۹۱	۳۲۹	۱۸۵
ناحیه ۹	۲۴۱	۹۰	۲۵	۷۴	۱۴۵	۹۸۵	۱۶۳	۸۸	۷۴
ناحیه ۱۰	۳۵۹	۱۷۵	۳۷	۱۰۹	۱۰۱	۱۳۰۸	۵۸۴	۳۷۲	۱۰۹
نواحی	c34	c35	c36	c37	c38	c39	c40	C41	C42
ناحیه ۱	۱۳۰۹	۷۲	۶۶۵	۴۳۰	۰	۰	۲۵۶/۳۴	۴۱/۲۷	۵/۸۲
ناحیه ۲	۲۷۸۷	۱۰۵	۱۶۶۸	۱۰۹۳	۸۴/۹۸	۲۶۴/۹۶	۳۲۷/۷	۲۵/۵۱	۳۰/۸۷
ناحیه ۳	۳۰۰۳	۱۳۹	۱۳۸۳	۴۲۴	۱۷۱/۳۲	۲/۸	۲۵۷/۱۱	۰	۲۵/۸۷
ناحیه ۴	۲۰۰۹	۹۱	۸۳۱	۴۵۰	۹۹/۱۹	۰	۱۸۶/۷۲	۰	۸۸/۰۶
ناحیه ۵	۱۶۰۴	۱۶۸	۸۹۷	۶۷۹	۱۰۳/۳۴	۴۶/۴۹	۲/۶۴	۴۸/۱۴	۳۳/۲۹
ناحیه ۶	۱۱۰۸	۲۷۱	۵۲۸	۴۸۹	۱۴۲/۹۸	۸۷/۳۵	۲۸/۵۲	۳۸/۱۸	۰
ناحیه ۷	۲۱۰۴	۳۰۳	۱۶۱۵	۱۴۸۲	۰	۱۳۱/۱۹	۳۶۲/۵۷	۳/۹۲	۳۸/۴۷
ناحیه ۸	۳۰۰۶	۵۰۶	۱۴۱۳	۶۱۵	۰	۰	۲۸۹/۴۹	۲۶/۲	۰
ناحیه ۹	۱۴۵	۹۸۹	۱۷۷	۷۰	۰	۰/۶۱	۶۴۷/۱	۲۰/۳۴	۰
ناحیه ۱۰	۱۰۱	۱۲۰۸	۵۸۴	۳۸۲	۰	۱۷۴/۴۱	۲۷۸/۴	۰	۹/۱۲

مأخذ: شهرداری منطقه یک تهران

می‌باشد. همچنین در این پژوهش برای محاسبه دقیق‌تر وزن شاخص‌ها از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده است (جدول ۴).

تعیین وزن شاخص‌های مختلف، کاری لازم در همه مسایل تصمیم‌گیری چندشاخصه است. روش به‌کار گرفته شده در پژوهش حاضر جهت محاسبه اهمیت نسبی مؤلفه‌ها، مدل ANP

جدول ۴. وزن شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش

وزن	متغیر	وزن	متغیر	وزن	متغیر	وزن	متغیر	وزن	متغیر
-/۰۴۵۷	C37	-/۰۰۴۰	C28	-/۰۰۸۰	C19	-/۰۰۴۴	C10	-/۰۰۴۰	C1
-/۰۴۷۰	C38	-/۰۰۸۱	C29	-/۰۱۳۶	C20	-/۰۰۷۰	C11	-/۰۰۶۲	C2
-/۰۲۶۷	C39	-/۰۱۲۹	C30	-/۰۲۴۱	C21	-/۰۲۲۲	C12	-/۰۱۵۸	C3
-/۰۱۴۲	C40	-/۰۲۸۷	C31	-/۰۰۵۰۱	C22	-/۰۰۷۰۷	C13	-/۰۲۳۵	C4
-/۰۰۷۵	C41	-/۰۴۶۱	C32	-/۰۰۵۰۳	C23	-/۰۰۴۶	C14	-/۰۰۵۰۲	C5
-/۰۰۴۳	C42	-/۰۰۲۶	C33	-/۰۲۴۲	C24	-/۰۱۳۲	C15	-/۰۰۵۰۵	C6
		-/۰۰۷۵	C34	-/۰۱۳۷	C25	-/۰۲۷۳	C16	-/۰۲۳۶	C7
		-/۰۱۴۲	C35	-/۰۰۴۲	C26	-/۰۰۵۴۷	C17	-/۰۱۳۹	C8
		-/۰۲۸۵	C36	-/۰۰۷۳	C27	-/۰۰۳۹	C18	-/۰۰۷۳	C9

می‌آید (رابطه ۵). با توجه به گسسته بودن داده‌ها از تابع عادی استفاده شده است.

در این مرحله، مقدار $p_j = (a, b)$ به‌دست آمد (این مقدار با قرار دادن مقادیر در تابع برتری مربوط به هر شاخص به‌دست

$$P(d) = \begin{cases} 0 & d = 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$$

رابطه ۵. تابع برتری

محیطی دارد در این میان جریان خالص توازن میان جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی است. در نهایت رتبه‌بندی نهایی از طریق رابطه ۴، به‌دست می‌آید. نتایج جدول ۵، حاکی از جریان رتبه‌بندی مثبت، منفی و خالص نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران است.

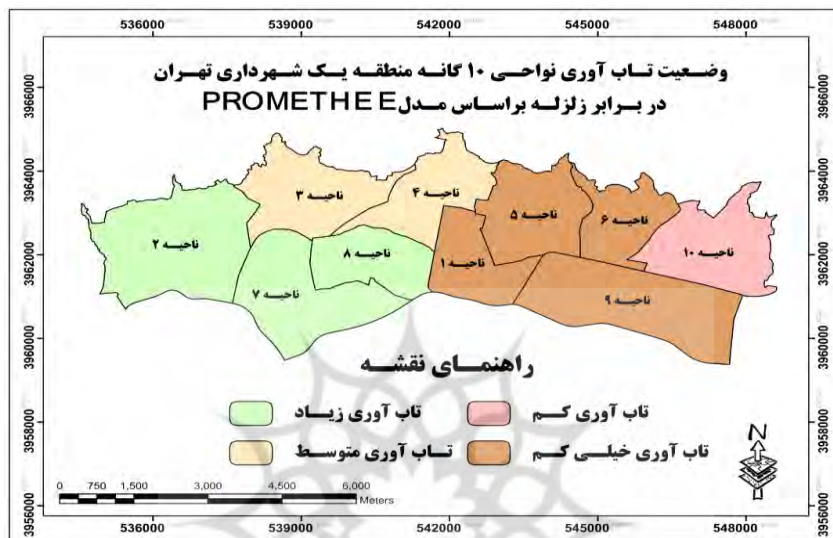
بعد از این مرحله، رتبه‌بندی پایانی یا اولویت‌گزین با جمع کردن اولویت همه شاخص‌ها به‌دست می‌آید که به آن مقدار کلی گفته می‌شود و با استفاده از رابطه ۱، به‌دست می‌آید. سپس جریان رتبه‌بندی مثبت و منفی از طریق روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌گردد. جریان مثبت نشانگر مطلوبیت محیطی به‌لحاظ تاب‌آوری در برابر زلزله و جریان منفی حاکی از نامطلوب بودن وضعیت تاب‌آوری

جدول ۵. جریان رتبه‌بندی مثبت، منفی و خالص

وضعیت تاب‌آوری	دامنه امتیاز	Phi	رتبه‌بندی نهایی		Phi	Phi-	Phi+	نواحی
تاب‌آوری زیاد	۰/۲۰۰ و بیشتر	-/۰۴۰۰	ناحیه ۲	۱	-/۰۲۴۲	-/۰۶۱۴	-/۰۳۷۱	ناحیه ۱
		-/۰۳۹۹	ناحیه ۷	۲	-/۰۴۰۰	-/۰۲۸۷	-/۰۶۸۷	ناحیه ۲
		-/۰۳۷۰	ناحیه ۸	۳	-/۰۱۷۳	-/۰۴۱۰	-/۰۵۸۳	ناحیه ۳
متوسط	۰/۲۰۰ الی ۰	-/۰۱۷۳	ناحیه ۳	۴	-/۰۰۶۵	-/۰۴۶۳	-/۰۵۲۸	ناحیه ۴
		-/۰۰۶۵	ناحیه ۴	۵	-/۰۲۴۳	-/۰۰۶۰۵	-/۰۳۶۳	ناحیه ۵
تاب‌آوری کم	۰ الی -/۰۲۰۰	-/۰۰۷۶	ناحیه ۱۰	۶	-/۰۰۳۶۰	-/۰۰۶۷۱	-/۰۰۳۱۰	ناحیه ۶
تاب‌آوری خیلی کم	-/۰۲۰۰ و بیشتر	-/۰۲۴۲	ناحیه ۱	۷	-/۰۳۹۹	-/۰۲۸۷	-/۰۶۸۶	ناحیه ۷
		-/۰۲۴۳	ناحیه ۵	۸	-/۰۳۷۰	-/۰۲۹۴	-/۰۶۶۴	ناحیه ۸
		-/۰۳۶۰	ناحیه ۶	۹	-/۰۰۴۸۵	-/۰۰۷۲۳	-/۰۲۳۸	ناحیه ۹
		-/۰۰۴۸۵	ناحیه ۹	۱۰	-/۰۰۷۶	-/۰۰۵۳۴	-/۰۰۴۵۸	ناحیه ۱۰

کسب جریان خالص $0/076$ -- وضعیت تاب‌آوری ضعیف دارند. نواحی ۱، ۵، ۶ و ۹ به‌ترتیب با کسب جریان خالص $0/242$ ، $0/243$ ، $0/360$ و $0/485$ -- در رتبه آخر قرار دارند و جزء محروم‌ترین نواحی منطقه از نظر برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله می‌باشند. شکل ۲، وضعیت تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله را با استفاده از نتایج حاصل از مدل پرومته نشان می‌دهد.

نتایج جدول ۵، رتبه‌بندی نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران به‌لحاظ تاب‌آوری در برابر زلزله براساس مدل پرومته نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۷ و ۸ به‌ترتیب با کسب امتیاز $0/400$ ، $0/399$ و $0/370$ رتبه اول تا سوم را به خود اختصاص دادند. این نواحی از نظر تاب‌آوری در برابر زلزله از وضعیت بسیار مطلوبی برخوردارند. نواحی ۳ و ۴ به‌ترتیب با کسب جریان خالص $0/173$ و $0/065$ از تاب‌آوری متوسطی برخوردار می‌باشند. ناحیه ۱۰ با



شکل ۲. نقشه میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران در برابر زلزله بر اساس روش پرومته

بهترین تا بدترین وضعیت از لحاظ میزان تاب‌آوری در برابر زلزله رتبه‌بندی شده‌اند.

شکل ۳، نتایج حاصل از تحلیل مدل گایا، را نشان می‌دهد. چنان‌چه مشاهده می‌شود، نواحی منطقه یک شهرداری تهران از

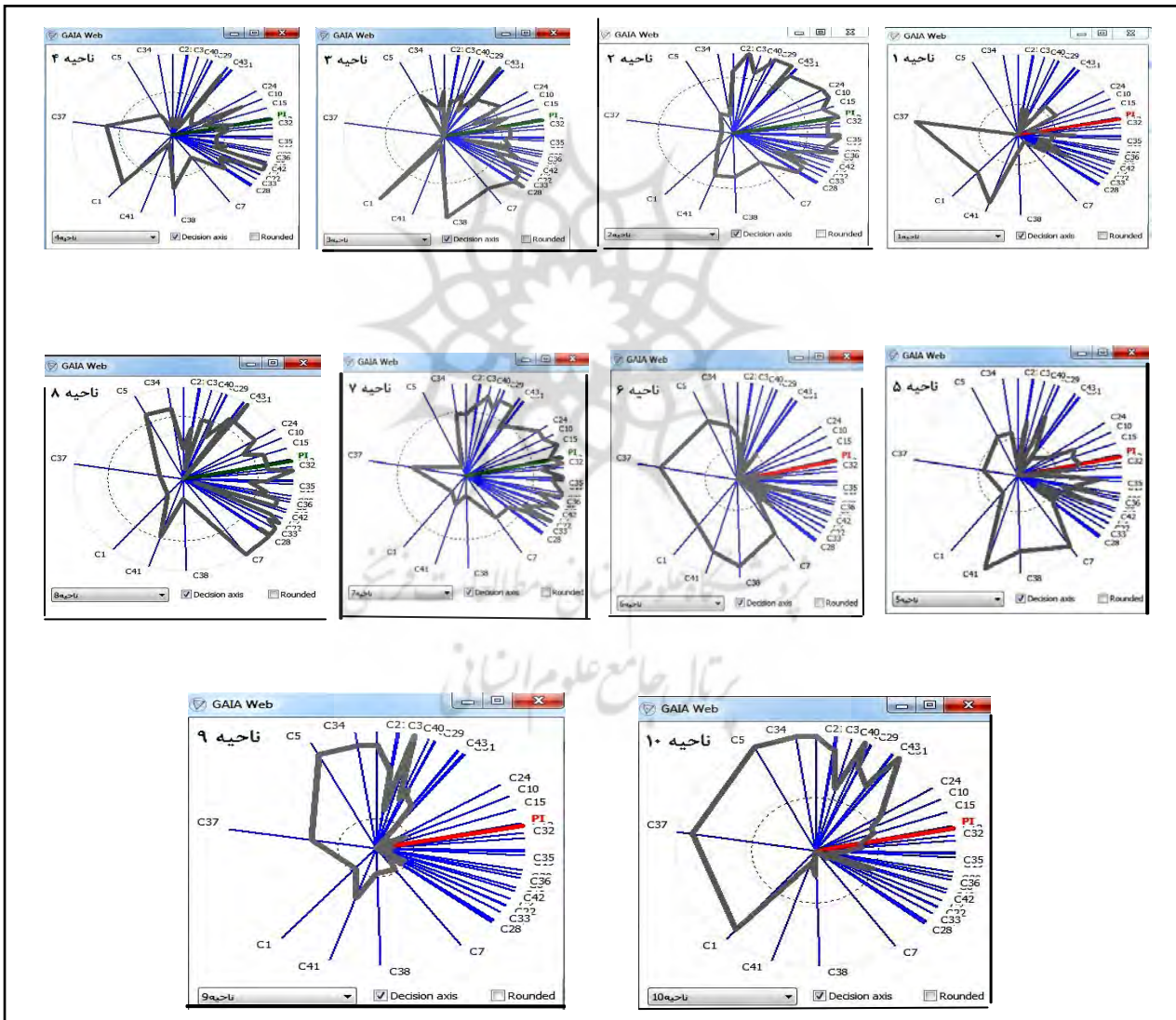


شکل ۳. رتبه‌بندی بهترین تا بدترین نواحی به‌لحاظ میزان تاب‌آوری در برابر زلزله در صفحه گایا

تاب‌آورترین ناحیه منطقه یک شهرداری تهران سبز رنگ می‌باشد که این امر نشان از برخورداری بسیار مطلوب این ناحیه از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله می‌باشد. در مقابل PI مربوط به ناحیه ۹، به‌عنوان کمترین تاب‌آوری در برابر زلزله را دارد، قرمز رنگ می‌باشد که حاکی از محرومیت این ناحیه از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله می‌باشد. در شکل ۴، PI مربوط به نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران به‌لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در صفحه وب گایا نشان داده شده است.

شکل ۳، نتایج حاصل از نمودار در صفحه وب گایا نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۷ و ۸ نزدیک‌ترین نواحی به جریان خالص هستند که به‌لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت بسیار مطلوب قرار دارند. در مقابل نواحی ۱، ۵، ۶ و ۹ دورترین نواحی به جریان خالص می‌باشند که به‌لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت نامناسبی قرار دارند.

مقایسه PI مربوط به تاب‌آورترین ناحیه محدوده مورد مطالعه (ناحیه ۲)، با ناحیه‌ای که کمترین تاب‌آوری در برابر زلزله را دارد یعنی ناحیه ۹، نشان می‌دهد که PI مربوط به ناحیه ۲، به‌عنوان



شکل ۴. PI نواحی ده‌گانه منطقه یک تهران به لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در زلزله

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه عمدتاً شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که به‌لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی قرار گرفته‌اند. از این‌رو، یکی از وظایف برنامه‌ریزان شهری تلاش برای تبدیل شهر به محیطی آرام، ایمن و سالم است که سلامت شهروندان ساکن در آن را حفظ کند. آنچه برنامه‌ریزان، مدیران شهری و شهروندان پیش از وقوع بلایای طبیعی انجام می‌دهند، گرچه آسیب‌پذیری در برابر بلایا را به‌طور کامل برطرف نمی‌کند، ولی می‌تواند در کاهش اثرات آن مؤثر واقع گردد در این میان، مفهوم تاب‌آوری، مفهوم جدیدی است که بیشتر در مواجهه با ناشناخته‌ها و عدم قطعیت‌ها به‌کاربرده می‌شود.

در این راستا هدف پژوهش حاضر نیز، ارزیابی و سنجش میزان تاب‌آوری نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله می‌باشد. در این پژوهش برای سنجش تاب‌آوری نواحی منطقه یک تهران معیارهای مؤثر در قالب ۴۲ شاخص مورد تحلیل قرار گرفتند. با توجه به این‌که معیارهای مؤثر در تاب‌آوری منطقه از اهمیت یکسانی برخوردار نبودند، اهمیت نسبی شاخص‌ها توسط کارشناسان خبره وزندهی شده و با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) مورد محاسبه قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل شاخص‌های مورد پژوهش و تعیین میزان تاب‌آوری نواحی در برابر زلزله از مدل پرومته و گایا استفاده شد. رتبه‌بندی نواحی ده‌گانه منطقه یک شهرداری تهران به‌لحاظ تاب‌آوری در برابر زلزله براساس مدل پرومته نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۷ و ۸ با کسب رتبه اول تا سوم از نظر تاب‌آوری در برابر زلزله از وضعیت بسیار مطلوبی برخوردار می‌باشند. بعد از این نواحی، نواحی ۳ و ۴ از تاب‌آوری متوسط، ناحیه ۱۰ از تاب‌آوری کم و نواحی ۱، ۵، ۶ و ۹ در بین نواحی منطقه یک شهرداری آخرین رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند که جزء محروم‌ترین نواحی منطقه از نظر برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله می‌باشند.

تحلیل تاب‌آوری نواحی در برابر زلزله در صفحه گایا نیز نشان می‌دهد که نواحی ۲، ۷ و ۸ نزدیک‌ترین نواحی به جریان خالص هستند که به‌لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت بسیار مطلوب و نواحی ۱، ۵، ۶ و ۹ دورترین نواحی به جریان خالص می‌باشند که به‌لحاظ برخورداری از شاخص‌های تاب‌آوری در برابر زلزله در وضعیت نامناسبی قرار دارند.

مقایسه نتایج دو ناحیه کاملاً برخوردار یعنی ناحیه ۲ شهرداری و کم برخوردار یعنی ناحیه ۹ شهرداری منطقه یک شهرداری تهران در صفحه گایا نشان می‌دهد که ناحیه ۲ شهرداری به جز در شاخص‌های c1 (معیار با عرض کمتر از ۴ متر) و c34

(ساختمان‌ها با مصالح آجر و سیمان) در تمامی شاخص‌های مورد بررسی از برخورداری مطلوبی بهره‌مند است در مقابل منطقه ۹ شهرداری منطقه به جز شاخص‌های c1 (معیار با عرض کمتر از ۴ متر)، c2 (معیار با عرض کمتر از ۸ متر)، c5 (معیار با عرض بیشتر از ۲۰ متر)، c34 (ساختمان‌ها با مصالح آجر و سیمان)، و c41 (سازند Bn زمین‌شناسی با ترکیب آبرفتی نامناسب) در بقیه شاخص‌ها به‌لحاظ برخورداری جز محروم‌ترین نواحی منطقه یک شهرداری است که می‌بایست در برنامه‌ریزی‌های آتی در اولویت برنامه‌ریزی قرار گیرند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان استنباط نمود که نواحی که در غرب منطقه یک شهر تهران قرار گرفته‌اند به دلیل استفاده از مصالح بادوام در ساخت‌وسازها و شبکه معابر منظم از تاب‌آوری زیادی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند اما نواحی که در قسمت مرکزی و به‌ویژه در شرق منطقه یک واقع شدند به دلیل تمرکز بافت‌های روستایی و فرسوده با قدمت زیاد، ساخت‌وسازهای غیراصولی و گاهاً غیرقانونی، وجود معابر تنگ و باریک و ایجاد ساختمان‌ها در اراضی ناپایدار به‌لحاظ لغزش زمین از تاب‌آوری کمی در برابر زلزله برخوردار می‌باشند. با توجه به بحث فوق و قرارگیری منطقه یک شهر تهران در نزدیکی گسل‌های مانند گسل مشاء، گسل شمال تهران، گسل نیاوران، گسل محمودیه و گسل دارآباد(بنامیه)، تاب‌آور نمودن منطقه در برابر زلزله امری ضروری است. لذا در این خصوص پیشنهاد می‌گردد که متولیان امر در نواحی محروم از شاخص‌های تاب‌آوری به‌ویژه در بافت‌های روستایی و فرسوده، اقدام به توسعه درونزای شهری بر مبنای الگوهای شهر فشرده، رشد هوشمند و شهر پایدار در اراضی بلااستفاده درون محدوده مورد مطالعه نمایند تا با تاب‌آور نمودن منطقه، آسیب‌های جانی و مالی ناشی از زلزله‌های آتی را کاهش دهند.

راهکارها

در راستای یافته‌های پژوهش، اجرای پیشنهادها زیر می‌تواند در افزایش تاب‌آوری منطقه یک شهرداری تهران در برابر زلزله مؤثر واقع شوند:

- ✓ اتخاذ سیاست‌های سخت‌گیرانه در راستای منع گسترش افقی منطقه در ارتفاعات و اراضی ناپایدار شمالی منطقه؛
- ✓ اولویت دادن طرح‌های نوسازی در بافت‌های روستایی منطقه؛
- ✓ بهینه‌سازی کاربری‌های و تغییر آن‌ها در نواحی خطرناک به‌ویژه در نواحی ۱، ۵ و ۶ شهرداری منطقه یک؛

- ✓ توانمندسازی دولت محلی با منابع مالی و پشتوانه‌های دولتی؛
منابع
۱. آذر، عادل، رجب‌زاده، علی، (۱۳۹۳)، تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM، انتشارات نگاه دانش، چاپ ششم، ۱۳۹۳.
 ۲. اصغری زاده، عزت‌الله، نصراللهی، مهدی، (۱۳۸۶)، مقایسه وزن دهی آنتروپی و فازی در به کارگیری PROMETHEE برای تعیین قطعه سازان برتر سایپا، مجله دانشکده علوم اداری و اقتصاد، شماره ۲: ۱۸-۱.
 ۳. امید، مرجان، رضوی، حمیده، مه پیکر، محمدرضا، (۱۳۹۰)، انتخاب اعضای تیم پروژه بر مبنای معیارهای اثربخشی به روش PROMTHERE، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره ۱: ۱۱۳-۱۳۴.
 ۴. پریور، پرستو، فریادی، شهرزاد، یاوری، احمدرضا، صالحی، اسماعیل، هراتی، پگاه، (۱۳۹۲)، "بسط راهبردهای پایداری اکولوژیک برای افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست شهری (نمونه موردی: مناطق ۱ و ۳ شهرداری تهران)"، مجله محیط‌شناسی، ۱۳۳-۱۳۲: (۱)۳۹.
 ۵. جانعلی پور، میلاد، محمدزاده، علی، ولدان زوج، محمد جواد، امیرخانی، سعید، (۱۳۹۴)، تعیین میزان تخریب ساختمان‌ها پس از زلزله با به کارگیری مدل ANFIS و تصاویر سنجش از راه دور، دو فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۷: ۹۱-۷۹.
 ۶. داداش پور، هاشم، عادل، زینب، (۱۳۹۴)، سنجش ظرفیت‌های تاب‌آوری در مجموعه‌ی شهری قزوین، دو فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۸: ۸۴-۷۳.
 ۷. رضایی، محمدرضا، (۱۳۸۹)، تبیین تاب‌آوری اجتماعات شهری به منظور کاهش اثرات سوانح طبیعی (زلزله): مطالعه موردی: کلانشهر تهران، رساله دکتری، اساتید راهنما دکتر مجتبی رفیعیان و دکتر علی عسگری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
 ۸. سبایت شـــــهرداری تهـــــران، ۱۳۹۵:
<http://region1.tehran.ir>
 ۹. فرزادبهباش، محمدرضا، کی‌نژاد، محمدعلی، پیربابایی، محمدتقی، عسگری، علی، (۱۳۹۲)، ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی، ۱۸(۳): ۴۲-۳۳.
 - ✓ تخصیص بودجه و منابع مالی به مناطق مخاطره‌آمیز شهر.
 ۱۰. محمدی سرین‌دیزج، مهدی، احدنژاد، محسن، (۱۳۹۵)، ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی شهری در برابر مخاطره زلزله مورد مطالعه: شهر زنجان، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۳(۱): ۱۰۳-۱۱۴.
 ۱۱. معظمی، بهاره، رحیمی، محمود، (۱۳۹۵)، سنجش و تدوین راهبردهای تاب‌آوری در مقابل بحران در بافت قدیم شهری (مورد پژوهش: محله فیض‌آباد کرمانشاه)، جغرافیا و مطالعات محیطی، ۵(۱۸): ۲۳-۳۴.
 ۱۲. ملک، محمدرضا، پیله فروش‌ها، پرستو، (۱۳۹۳)، مقایسه‌ی دو روش تهیه‌ی نقشه‌ی آسیب‌پذیری زمین‌لرزه تحت شرایط عدم قطعیت مبتنی بر منطق فازی کلاسیک و منطق فازی شهردی، دو فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت بحران، شماره ۶: ۱۳-۵.
 ۱۳. مهندسین مشاور بافت شهر (۱۳۸۴)، تهیه الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه ۱ (الگوی توسعه منطقه ۱)، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهری تهران.
 ۱۴. موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی (۱۳۸۷)، تاریخچه تهران، ویرایش دوم: تهران.
 ۱۵. مؤمنی، منصور، شریفی سلیم، علیرضا، (۱۳۹۱)، مدل‌ها و نرم‌افزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه، تهران، ناشر مؤلفان با حمایت شرکت داروسازی اکسیر.
 ۱۶. نیکمردنمین، سارا، برک‌پور، ناصر، عبداللهی، مجید، (۱۳۹۳)، کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری، نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران، مدیریت شهری، ۱۱۳(۳۷): ۱۹-۳۴.
 17. Alexander. D. (2011), Resilience against Earthquakes, *Some Practical Suggestions for Planners and Managers*, 13(2): 109-115.
 18. Arisoy, O. (2007), *Integrated Decision Making in Global Supply Chains and Network*, Doctoral Dissertation, university of Pittsburgh, school of Engineering.
 19. Babic, Z. Plazibat, N. (1998), Ranking of enterprises based on multicriterial analysis, *International Journal of Production Economics*, 56(57): 29-35.

20. Bastaminia, A. Rezaie, MR. Tazesh, Y. Dastoorpoor, M. (2016), Evaluation of Urban Resilience to Earthquake A Case Study: Dehdasht City, *International Journal of Ecology & Development*, 31(4): 46- 56.
21. Berke, P. Smith, G. and Lyles, W. (2012), Planning for Resiliency: Evaluation of State Hazard Mitigation Plans under the Disaster Mitigation Act. *Nat. Hazards Rev*, 13(2): 139-149.
22. Berkes, F. (2007), Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking. *Natural Hazards*. (41): 283-295.
23. Brans, J.P. and Mareschal, B. (1994), The PROMCALE- GAIA decision support system for multicriteria decision aid, *Decision Support Systems*, 12(5): 297- 310.
24. Brans, J.P. (1996), The space of freedom of the decision maker modeling the human brain, *European Journal Operational Research*, (92): 593-602.
25. Carpenter, S.R. (2001), From metaphor to measurement: resilience of what to what? *Ecosystems*, (4): 765-781.
26. Caterino, N. Iervolino, I. Manfredi G. Cosenza, E. (2008), A Comparative Analysis of Decision Making Methods for the Seismic Retrofit of RC Buildings, *the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, 12-17.
27. Crandall, R. Parnell, J. A. Spillane, J.E. (2010), *Crisis management in the new strategy landscape*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
28. Cutter, S.L. (2008), A place-based model for understanding community resilience to natural disasters *Journal of Global Environmental Change*:1-9. doi:10.1016/j.gloenvcha.
29. ESA- U, (2007), *World Urbanization Prospects*, The 2005 Revision:2
30. Figueira, J., Smet, Y., Brans, J.P. (2004), *MCDM methods for sorting and clustering problems, PROMETHEE TRI and PROMETHEE cluster*, www.vub.ac.be
31. Gilliams, s, Raymaekers, D, Muys, B, Orshven, J.V. (2005), Comparing multiple criteria decision methods to extend geographical information system on afforestation, *computer and electronic in agriculture*, (49): 142-158.
32. Godschalk, D. (2003), Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, (4): 136-143.
33. Leeneer, I. and Pastijn, H. (2002), *Selecting land mine detection strategies by means of outranking MCDM techniques*, *European Journal Operational Research*, (139): 327-338.
34. Manyena, S.B. (2006), *The concept of resilience revisited*, *Disasters*, 30(4): 433-450.
35. Mayunga, J. S. (2007), *Understanding and applying the concept of community disaster resilience: A capital-based approach*, *A Draft Working Paper Prepared for the Summer Academy for Social Vulnerability and Resilience Building*: 22- 28.
36. Normandin J.-M, Therrien M.- C, Tanguay G.A. (2011), *City strength in times of turbulence: strategic resilience indicators*, *Urban Affairs Association 41st Conference*, New Orleans.
37. Tompkins EL, Adger WN. (2004), *Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?* *Ecology and society*, 9(2): 10.
38. United Nations Climate Change Conference (COP21), (2015), *Climate Change and Natural Disasters Displace Millions, Affect Migration Flows*. December 10, Paris. available on: <http://www.migrationpolicy.org/article>
39. United Nations, Department of economic and social affairs. (2014), *World urbanization prospects*, the 2014 revision, New York, United nation publication.
40. Usamah, M., Handmer, J., Mitchell, D., Ahmed, I. (2014), *Can the vulnerable be resilient? Co-existence of vulnerability and disaster resilience: Informal settlements in the Philippines*, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 10(1): 178-189.
41. Yates. D and Paquette. S. (2011), *Emergency knowledge management social media technologies: A case study of the 2010 Haitian earthquake*. *International Journal of Information Management*, 31(1): 6-13.
42. Zhou, Hongjian; Jing'ai Wang; Jinhong Wan; Huicong Jia. (2010), *Resilience to natural hazards: a geographic perspective*, *Natural Hazards*, 59(1): 4-21.