

Assessing Earthquake Risk and Urban Sprawl from the Perspective of Passive Defense Using Electre and Entropy Models (Case Study: Tabriz Metropolis)¹

Kioumars Maleki²

Postdoctoral Researcher in Geography and Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

MohammadRaza Pourmohammadi

Professor of Geography & Urban Planning Department, Faculty of Planning and Environmental Sciences, Tabriz University, Tabriz, Iran

Received: 4 February 2025 Revised: 3 July 2025 Accepted: 11 July 2025

Abstract

By studying the records of past and contemporary environmental threats, especially in connection to seismic risk management, it appears that the current crisis management is not sufficient to deal with the deleterious outcomes of natural disasters or alleviate their devastating effects. It seems that passive defense measures can make an effective and significant contribution to the consolidation of the defense chain. The stability and resistance of residential centers to hazards are of particular importance, especially in urban areas, which due to their population density, are the hub of services offered to their own population and adjacent areas. Therefore, efficient urban development and inclusion of new ideas for urban development and city defense planning are vital to

1. This article is an extract from the postdoctoral project entitled: "Threat Network and Hazard Loop in Earthquake Crisis from Passive Defense Approach in Multipurpose Land Use Planning (Case Study: Tabriz Metropolis), Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Contract No.: 2019/P, Date: August 30, 2022.

2. Corresponding author: kioumars.maleki@tabrizu.ac.ir



©2024 The author(s). This is an open access article under the CC BY license:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

How to cite this article: Maleki, K. and Pourmohammadi, M. (2025). Assessing Earthquake Risk and Urban Sprawl from the Perspective of Passive Defense Using Electre and Entropy Models (Case Study: Tabriz Metropolis). *Journal of Geography and Regional Development*, 23(2), 155-185. Doi: 10.22067/jgrd.2025.91104.1504

achieve the goals of urban defense. The present study has a descriptive-analytical design and uses library and field resources, with an emphasis on the principles of passive defense and identification of components (including an analysis of about 50 indicators) of vulnerability and risk zoning. They can be grouped in 4 main categories: natural, physical, social and economic components. According to the experts, seismic vulnerabilities are detected and explored to manage the risk from a defense perspective. In this article, informed by a fundamental study, the expert views are collected and subjected to analysis based on the Electre and Shannon entropy models. The related database was drawn in the ArcGIS software. Ultimately, region 2 (196,507 people and an area of 2,053.26 hectares) of Tabriz was found to have the lowest vulnerability and region 10 (187,958 people with an area of 1,044.66 hectares) had the highest vulnerability according to the model output, and the urban sprawl in the city was found to be dispersed.

Keywords: Passive Defense, Earthquake, Urban Sprawl, Electre, Shannon Entropy, Tabriz Metropolis.

ارزیابی مخاطره زلزله و رشد کالبدی شهرها از منظر پدافند غیرعامل با استفاده از مدل‌های الکتره و آنتروپی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)^۱

کیومرث ملکی (پژوهشگر پسادکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز،
تبریز، ایران، نویسنده مسئول)

kioumars.maleki@tabrizu.ac.ir

محمدرضا پورمحمدی (استاد گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز،
ایران)

pourmohammadi@tabrizu.ac.ir

چکیده

با مطالعه سوابق ثبت‌شده از تهدیدات محیطی گذشته و معاصر، به‌ویژه در موضوع کنترل مخاطره زلزله، این حقیقت آشکار می‌شود که مدیریت بحران فعلی در حال حاضر نمی‌تواند به‌تنهایی قادر به مقابله با آثار مخرب بلایا جهت جلوگیری از اثرات ویرانگر آن باشد. به نظر می‌رسد به‌کارگیری معیارهای پدافند غیرعامل است که می‌تواند در تکمیل زنجیره دفاعی کمکی مؤثر و قابل‌توجه باشد. پایداری و مقاومت مراکز سکونتگاهی در برابر هرگونه مخاطره‌ای، به‌خصوص در مراکز شهری به واسطه انباشت و تمرکز جمعیت به‌عنوان مرکزی جهت ارائه خدمات به جمعیت و ساکنان پیرامون خود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا ضرورت توجه به توسعه شهری کارآمد و لزوم توجه به اندیشه‌های جدید شهرسازی و برنامه‌ریزی دفاعی شهر، برای رسیدن به اهداف پدافند شهری بسیار مهم به نظر می‌رسد. پژوهش حاضر با روش توصیفی-تحلیلی و استفاده از منابع کتابخانه‌ای و میدانی با تأکید بر اصول پدافند غیرعامل و شناسایی مؤلفه‌ها و

۱. مقاله حاضر مستخرج از طرح پسادکتری تحت عنوان: شبکه تهدید و حلقه مخاطره در بحران زلزله با رویکردی بر پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی کاربری اراضی چندمنظوره (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز) رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز به شماره قرارداد: ۲۰۱۹/ص مورخه: ۱۴۰۱/۰۶/۰۸ است.

شاخص‌های (تحلیل قریب به ۵۰ شاخص) آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی خطر در ۴ مؤلفه طبیعی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی و استفاده از نظر متخصصان امر، مناطق آسیب‌پذیر ناشی از زلزله را به صورت جامع مشخص و در راستای کاهش خطر از منظر پدافندی کاوش می‌کند. در این مقاله با بررسی‌های بنیادی نسبت به تشکیل و گردآوری نظرات متخصصین و تحلیل آن در قالب مدل‌های مدل الکترون و آنتروپی شانون اقدام و پایگاه اطلاعاتی مورد نیاز در محیط نرم‌افزاری ArcGIS ترسیم گردید که در نهایت منطقه دو (۱۹۶۵۰۷ نفر و ۲۰۵۳/۲۶ هکتار) کلان‌شهر تبریز با کمترین آسیب‌پذیری و منطقه ده شهرداری (۱۸۷۹۵۸ نفر و ۱۰۴۴/۶۶ هکتار) بیشترین آسیب‌پذیری از خروجی مدل حاصل و رشد این شهر پراکنده تشخیص داده شد. **واژگان کلیدی:** پدافند غیرعامل، زلزله، توسعه کالبدی، الکترون، آنتروپی شانون، کلان‌شهر تبریز.

۱. مقدمه

مظاهر اصلی توسعه و دستاوردهای منفی و مثبت آن عمدتاً در شهرها رخ می‌دهد (محمدپور و همکاران، ۱۴۰۲: ۲۳). رشد و توسعه شهری در ایران هرچند با تأخیر شروع شد، اما در واقعیت دربرگیرنده همان مشکلاتی بود که شهرهای غربی در سال‌ها قبل با آن مواجه بودند (مرادی و همکاران، ۱۴۰۳: ۱۵۸). براساس پیش‌بینی‌های صورت‌گرفته، تا سال ۲۰۳۰ میلادی، حدود ۶ میلیارد نفر از جمعیت ۸.۱ میلیاردی کره زمین در شهرها ساکن خواهند شد که حدود دو سوم از این تعداد نیز در کلان‌شهرها سکونت خواهند کرد (شهابی، ۲۰۱۵: ۱۰۶). بسیاری از این کلان‌شهرها با توجه به روند توسعه کالبدی خود و همچنین تراکم جمعیت و... در معرض خطرات و آسیب‌های ناشی از حوادث طبیعی قرار دارند (لحمیان و غلامی، ۱۳۹۸: ۷۹۴). به‌طور میانگین هر سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ده سال یک‌بار زلزله‌ای به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ می‌دهد (حیدری، ۱۳۹۷: ۱۰۲). در این میان یکی از نواحی که در صورت وقوع حوادث، آسیب‌های جدی را متحمل می‌شود، نواحی شهری است که این خود ضرورت اجرای برنامه بحران را روشن می‌سازد (عبداللهی، ۱۳۸۳: ۶۰). امروزه در پهنه‌بندی مخاطرات استفاده از اصول پدافند غیرعامل برای کاستن

از خطرات و هدایت بهینه توسعه شهری ضروری می‌نماید. کلان‌شهر تبریز از قدیم‌الایام مرکز سکونتگاهی و قطب ارتباطی و جمعیتی منطقه شمال غرب کشور بوده است و جمعیت‌پذیری آن از دلایل این انتخاب است و تحلیل آسیب‌پذیری زلزله را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. از این رو، در این تحقیق تلاش بر آن است تا با بهره‌گیری از نگرش پدافند غیرعامل، توسعه کالبدی شهر تبریز مورد ارزیابی قرار گیرد. جهت دستیابی به اهداف پژوهش، مدل الکترو با به کارگیری نظرات پرسش‌شوندگان و همچنین مدل شانون و چگونگی توسعه کالبدی شهر مدنظر قرار گرفته است و در این بین عوامل متعدد شامل زلزله‌خیزی، موقعیت ارتباطی و استراتژیک، جمعیت‌پذیری، وجود بافت‌های فرسوده و... تأثیرگذار بوده‌اند تا در این مقاله اهدافی همچون: ۱. شناسایی مناطق آسیب‌پذیر شهری و تطبیق آن با واقعیت ۲. شناسایی جهات بهینه و کم‌خطر به منظور توسعه کالبدی شهر تبریز در آینده، جهت کاهش خسارات احتمالی مورد توجه قرار بگیرد.

۲. پیشینه پژوهش

محمدپور و همکاران (۱۳۹۵) به تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری در بافت‌های فرسوده شهری با رویکرد مدیریت بحران زلزله در محله سیروس تهران پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که وسعت و پوشش جمعیتی نقاط با آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا بیشتر است و در کل، محدوده با توجه به همه عوامل کالبدی مورد تحلیل، در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است.

قائد رحمتی (۱۳۸۷) به تحلیل فضایی آسیب‌پذیری مسکن شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: شهر اصفهان) پرداخت و نتیجه گرفت که ۹۳/۶۸ درصد متغیرهای تأثیرگذار بر آسیب‌پذیری مسکن شهر اصفهان (حدود ۴۰ متغیر) است. متغیرهای بیمه زلزله، نحوه استقرار ساختمان در زمین و داشتن کپسول اطفاء حریق به ترتیب به عنوان تعیین‌کننده‌ترین متغیرهای تأثیرگذار بر میزان آسیب‌پذیری

مساکن شهر اصفهان مطرح هستند. در نهایت مشخص گردید که از نظر شاخص دسترسی مساکن شهر به مراکز امداد و نجات وضعیت بسیار نامطلوبی دارد.

کرمی و امیریان (۱۳۹۷) به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری ناشی از زلزله در شهر تبریز پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که مناطق ۱۰ و ۱ به‌ترتیب بدترین شرایط ممکن را دارند و تطبیق نتایج به‌دست‌آمده با وضع موجود، حاکی از دقت بالای مدل انتخاب‌شده در موضوع پهنه‌بندی خطر زلزله است.

محمدابراهیمی و همکاران (۱۴۰۱) به ارزیابی و تحلیل وضعیت آسیب‌پذیری شهری از منظر پدافند غیرعامل (نمونه موردی: شهر زاهدان) پرداختند. نتایج نشان داد که در بین معیارهای مورد مطالعه، بیشترین ارزش وزنی را شاخص دسترسی به مراکز نظامی با وزن ۱۹۳٪ دارد. بعد از آن شاخص‌های دسترسی به مراکز درمانی، دسترسی به مراکز اداری، تأسیسات شهری، دسترسی به آموزش عالی، کاربری صنعتی و دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌ترتیب با اوزان ۱۷۱٪، ۱۵۲٪، ۱۳۹٪، ۱۲۷٪، ۱۱۷٪ و ۱۰۱٪ اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین آسیب‌پذیری شهر در بخش‌های شمال و شمال شرقی شهر به دلیل استقرار مناطق حاشیه‌نشین و وجود بافت‌های فرسوده و مناطق مرکزی شهر به علت دارا بودن تراکم زیاد ساختمانی و تراکم جمعیت بالا است.

علیجانی و همکاران (۱۳۹۸) به ارائه مدل ارزیابی جامع آسیب‌پذیری پهنه‌های شهری به تفکیک لایه‌های تشکیل‌دهنده شهر با رویکرد پدافند غیرعامل پرداختند. نتایج نشان داد که در بین معیارهای آسیب‌پذیری، شبکه زیرساخت‌های شهری مهم‌ترین معیاری است که در آسیب‌پذیری شهر نقش بسزایی ایفا می‌کند.

نوروزی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی راهبردهای مدیریت ریسک شهری کلان‌شهر تبریز با رویکرد آسیب‌پذیری در زلزله پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که محدوده مورد مطالعه با وجود

داشتن نقاط قوت بالا، ضعف‌های فراوانی دارد و با تهدیدهایی روبه‌روست. نتایج حاصل از مقایسه امتیازات به راهبرد تقویت فرصت‌ها و قوت‌ها (راهبرد تهاجمی) تأکید دارد.

پورمحمدی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی فضای باز شهری و نقش آن در کاهش آسیب‌پذیری در مواقع بحران با رویکرد پدافند غیرعامل (نمونه موردی: شهر تبریز) پرداختند. نتایج نشان داد که در وزن‌دهی زیرمعیارهای فضای باز، بیشترین وزن به زیرمعیار پوشش سراسری (۰.۶۲۱) و کمترین وزن به زیرمعیار خودکفایی نسبی (۰.۰۲۳) اختصاص داده شد و مطابق شکل نهایی هم‌پوشانی وزنی فازی شده، میزان مطلوبیت فضای باز در کاهش آسیب‌پذیری مناطق ده‌گانه براساس مساحت حاکی از این است که (۴۲۵۳۴۶۹) متر مربع با درصد (۵/۵۵) کمترین و (۱۴۸۴۹۱۴۴) متر مربع با درصد (۱۹/۳۹) از مساحت تبریز بیشترین میزان مطلوبیت فضاهای باز در کاهش آسیب‌پذیری را دارد و همچنین از بین مناطق ده‌گانه تبریز، مناطق (۵،۶،۷،۹) در کاهش آسیب‌پذیری توانایی نقش بیشتر، و مناطق (۱،۲،۴،۸،۹،۱۰) توانایی نقش کمتری را در مواقع بحران در کاهش آسیب‌پذیری به نسبت فضاهای باز دارند.

لانتدا و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از مدل RISK-UE و به‌کارگیری ابزار GIS به ارزیابی خطرپذیری لرزه‌ای در شهر بارسلونا پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که به‌کارگیری این روش یک ابزار آماری ساده برای ارزیابی آسیب‌پذیری مسکونی و ساختمان‌ها و بناهای تاریخی به‌خصوص زمانی که اطلاعات محدود در دسترس باشد؛ چراکه نتایج آن قابلیت مقایسه را جهت دستیابی به نتایج بهتر فراهم می‌سازد.

راشد و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی نقش سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در مدل‌سازی و پیش‌بینی آسیب‌پذیری شهر کالیفرنیا پرداختند و با استفاده از توابع تحلیلی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، آسیب‌پذیری شهر را مدل‌سازی کردند.

ابرت و همکاران (۲۰۱۹) به ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهر با استفاده از عکس‌های هوایی و داده‌های ماهواره‌ای و GIS پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که تحلیل داده‌های مکانی براساس بخش‌های مختلف در ترکیب با داده‌های میدانی به ارزیابی بهتر کمک می‌کند. در این پژوهش علاوه بر در نظر گرفتن پارامترهای مقالات بررسی شده در پیشینه، با رعایت اصول و ملاحظات پدافند غیرعامل، تعداد مؤلفه‌ها و شاخص‌های بیشتری متناسب با نظر ۳۰ نفر از کارشناسان خبره، صاحب‌نظران و اساتید اهل فن اعم از کارشناسان فنی ادارات ذی‌صلاح اعم از شهرداری، راه و شهرسازی، سازمان نظام مهندسی، کانون کارشناسان دادگستری، دفتر فنی و مدیریت بحران استانداری و دانشگاهیان گروه‌های علوم جغرافیایی و... به ارزش‌گذاری آن اقدام گردیده است.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه اجرا توصیفی - تحلیلی است و با استفاده از مدل‌های (آنتروپی شانون و الکترو) در مناطق دهگانه و سطح کلان‌شهر تبریز اقدام گردید و در نهایت جهت ترسیم نقشه‌ها از نرم‌افزار GIS استفاده شده است. برای این منظور با مکاتبات و مراجعات مکرر (که متأسفانه از عوامل پیش نرفتن و زمانبر بودن اکثر پژوهش‌ها وجود همین محدودیت و ضعف‌ها است) منابع آماری، اسنادی تهیه و جمع‌آوری نقشه‌های مورد نیاز از سازمان‌ها و ادارات مرتبط صورت گرفت. به‌طور کلی نقشه‌های: ۱. نقشه مناطق شهرداری ۲. خطوط زلزله ۳. رودخانه‌ها و غیره. در تحلیل‌های این مقاله مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که بسیاری از نقشه‌ها به‌صورت ناقص موجود بود و نگارندگان خود اقدام به تکمیل و ویرایش آن نموده‌اند. بعد از ویرایش نقشه‌های مورد نیاز خروجی جدید به دست آمد. با توجه به داده‌ها و نتایج حاصل از پژوهش و تعیین جهات بهینه برای توسعه کالبدی کلان‌شهر تبریز در آینده با در نظر گرفتن خطر زلزله و رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل دنبال می‌شود.

۴. مبانی نظری

۴.۱. گذری بر ادبیات پدافند و اصول و ملاحظات اولیه

بشر در طول تاریخ تدابیر گوناگونی را در راستای امنیت و حفاظت خویش اتخاذ کرده است. در هزاره اول پیش از میلاد مسیح، پیرامون دهکده‌ها حصار کشیده می‌شد که نمونه آن را می‌توان در بسیاری از تمدن‌های قدیمی مشاهده کرد. پدافند در قالب کلی دوگانه است: ۱- پدافند عامل: مسلحانه و استفاده از ابزارآلات جنگی است و نیروهای مسلح مسئولیت اصلی را دارند (پورمحمدی و ملکی، ۱۴۰۰: ۴۲). ۲- پدافند غیرعامل: تمام نهادها، سازمان‌ها، صنایع و حتی مردم می‌توانند نقش مؤثری بر عهده بگیرند. این پدافند بر تدبیر انسان و سلطه بر محیط برای مهار، مقابله و کاستن از آثار خطر تکیه دارد. به‌طور کلی پدافند غیرعامل مجموعه تدابیری است که قبل از وقوع هر نوع مخاطره‌ای اتخاذ می‌شود و مدیریت بحران‌ها را تسهیل می‌کند و کاهش اثرات حاصل از هر نوع مخاطره محیطی را با توجه به بحران‌سنجی و پتانسیل‌های مخاطره‌آفرین هر محدوده، قبل از وقوع هر نوع مخاطره‌ای را مدنظر قرار می‌دهد و برنامه‌ریزی‌های لازم را با توجه به نوع بحران یا بحران‌های تهدیدکننده، اعمال و اتخاذ می‌نماید تا هنگام وقوع بحران کم‌ترین آسیب و خسارت را متحمل محدوده و ساکنان آن نماید (حسین‌زاده‌دلیر و همکاران، ۱۳۹۱: ۳). پدافند غیرعامل اصولی دارد که عبارت‌اند از: استتار، اختفا، پوشش، فریب، مکان‌یابی، پراکندگی-تفرقه و جابه‌جایی، مقاوم‌سازی استحکامات و ایمن‌سازی سازه‌های حیاتی، اعلام خبر - مدیریت ستادی - نهادی - سازمانی که رعایت و به‌کارگیری این اصول متناسب با نوع مخاطره محتمل و مکان خطر، مهار آسیب‌پذیری و کاهش آثار خطر از جمله زلزله را منجر خواهد شد.

۴.۲. زلزله و آسیب‌های به‌وجودآمده

آسیب‌پذیری‌های شهری نسبت به حوادث طبیعی چون زلزله می‌تواند برآیندی از نقش رفتارهای انسانی باشد که اهمیت نظام‌های برنامه‌ریزی در کاهش اثرات مخرب حوادث طبیعی را نشان می‌دهد

(راشد و ویکز، ۲۰۱۷: ۱). در کشورهای توسعه‌یافته تلفات مالی حوادث طبیعی بیشتر از تلفات جانی است؛ اما در کشورهای در حال توسعه این امر برعکس است که نشان‌دهنده برنامه‌ریزی صحیح در کشورهای توسعه‌یافته است (ایبرت^۲ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۰). با این حال امکان کنترل و یا پیش‌بینی دقیق بلایای طبیعی وجود ندارد و آنچه امکان‌پذیر است برنامه‌ریزی درست و گام برداشتن در مسیر ساخت شهرهایی با آسیب‌پذیری کمتر در مواجهه با یک بلای طبیعی است (مُجل و همکاران^۳، ۲۰۰۹: ۲). بر طبق گزارش سازمان ملل از سال ۱۹۸۰ تا سال ۲۰۰۸، و به دنبال زمین‌لرزه‌های به وقوع پیوسته در ایران، تعداد ۷۳۲۷۶ نفر از ایرانیان جان خود را از دست داده‌اند و زیان اقتصادی حاصل از این زلزله‌ها بالغ بر ۱۰ میلیارد و ۳۰۰ میلیون دلار برآورده شده است (سازمان ملل^۴، ۲۰۰۵). در ایران به طور متوسط هر سال یک زلزله به بزرگی ۶ ریشتر و هر ۱۰ سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر رخ می‌دهد (علیدوستی، ۱۳۷۱: ۵۰). به لحاظ تلفات ناشی از زلزله، ایران ۶ درصد تلفات زلزله‌ای را در جهان دارا است (ابلقی، ۱۳۸۴: ۲). به دلیل قرار داشتن کشور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ هیمالیا، زلزله وجه غالب بلایای طبیعی در ایران است و طی ۶ دهه اخیر حداقل ۱۲ زمین‌لرزه با شدت مطلق بیش از ۷ ریشتر رخ داده است (غضبان، ۱۳۸۱: ۴۶).

۳.۴. پدافند شهری و رشد کالبدی

از زمان‌های قدیم شهرها طوری مکان‌یابی می‌شدند که شرایط دفاعی را خودبه‌خود داشته باشند؛ یعنی عوامل طبیعی مانند کوه، تپه و رودهای پرآب و وسیع همیشه مدنظر طراحان شهرهای قدیمی بوده، شهرهایی که شکل مدور داشتند خودبه‌خود دارای شرایط بهتر دفاعی بودند (مجتهدزاده، ۱۳۸۳: ۵۸). رشد شهرها به سه صورت خود را نشان می‌دهند: صورت نخست، وجه فضایی و یا به گفته

1. Rashed & Weeks

2. Ebert

3. Moehle

4. UN/ISDR

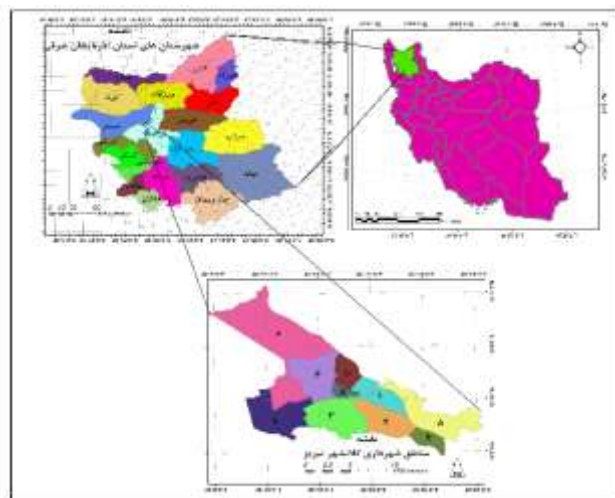
پیر ژرژ^۱ وجه صوری رشد شهر است؛ یعنی شهر مرحله به مرحله در مقر خود رو به رشد می‌گذارد و این رشد در بناها انعکاس می‌یابد. صورت دوم، وجه عملکردی شهر است و آن توالی نقش‌ها و انطباق آن‌ها با الزامات و مقتضیات تاریخی است. وجه صوری و عملکردی رشد شهر در پیوند با وجه سومی قرار می‌گیرد که عبارت از وجه جمعیتی آن است. درواقع نقش شهر موجب تثبیت میزانی از جمعیت می‌شود که به واسطه آن شهر می‌تواند به گسترش ابنیه خویش اقدام کند (دروئو، ۱۳۷۱: ۸۵۴-۸۵۵). رشد شهرها به تبع افزایش جمعیت شهرنشین فرم‌های مختلف شهر را به وجود می‌آورد. فرم شهر علاوه بر عناصر کالبدی شهر، شامل فعالیت‌ها، جریانات و سیستم‌های حرکتی، انسان و تمامی نیروهای زندگی شهری است که هنوز توسط ذهن انسان ارزش‌گذاری نشده است. در نهایت می‌توان گفت که فرم شهر، حوزه اتفاقات بالقوه حیات شهر با تمام مظاهر مادی و غیرمادی آن است (حبیب، ۱۳۸۵: ۸). چگونگی رشد هر شهر به محدودیت‌های طبیعی، امکانات و سیاست‌های برنامه‌ریزی و طراحی آن بستگی دارد. به همین دلیل شهرها در قالب الگوهای مختلفی رشد می‌کنند (حسین‌زاده، ۱۳۹۵: ۲۲). باتوجه به کارکرد مختلفی که رشد فضایی هر شهر ایجاد می‌کند رشد شهر به دو صورت گسترش فیزیکی یا رشد عمودی در نظر گرفته می‌شود. رشد فیزیکی شهر به شکل افزایش محدوده شهر یا به اصطلاح گسترش افقی^۲ ظاهر می‌گردد و رشد عمودی به صورت درون‌ریزی جمعیت شهری و الگوی رشد شهر فشرده نمایان می‌شود (رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۲۱). بدیهی است انتخاب هر یک از فرم‌ها در مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک و پدافند شهر علاوه بر تأثیرگذاری در عین حال تشخیص فرم و شکل موجود شهر نیازمند مطالعه، تحقیق و تحلیل است.

1. Pierre Georges

2. Sprawl

۴. منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی با مساحت ۴۵۴۹۱ کیلومتر مربع با جمعیتی بالغ بر ۴۱۰۰۰۰۰ نفر دارای ۲۱ شهرستان، ۴۸ بخش، تعداد ۶۲ شهر و ۱۴۸ دهستان است. شهرستان تبریز از سمت شمال با شهرستان‌های ورزقان، شبستر و هریس، از شرق و جنوب شرقی با شهرستان‌های هریس و بستان‌آباد، از جنوب با شهرستان مراغه، از غرب و جنوب غربی با شهرستان‌های شبستر و اسکو همجوار است. شهرستان تبریز ۳ بخش و ۵ شهر، ۶ دهستان و ۷۵ روستا دارد (دفتر تقسیمات سیاسی، ۱۴۰۲). موقع جغرافیایی و استقرار شهر تبریز در محل مقاطع دره‌ها به همراه عوامل اقتصادی و انسانی و به‌ویژه مرزهای سیاسی و فرهنگی، طرق ارتباطی داخلی و راه‌های ترانزیتی تبریز به کشورهای همجوار (شوروی سابق، ترکیه و عراق) باعث ایجاد یک موقعیت ممتاز و استراتژیک برای شهر تبریز شده است (اصغری‌زمانی، ۱۳۷۹: ۱۴۶). شهر تبریز با وسعتی بالغ بر ۲۴۴۷۸.۱۷ هکتار در ۳۷ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۷ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است (دفتر تقسیمات سیاسی، ۱۴۰۲). بزرگ‌ترین رود تبریز، آجی‌چای یا تلخه‌رود است که از کوه‌های سبلان سرچشمه می‌گیرد (حسین‌زاده‌دلیر و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱) (عمرانی، ۱۳۸۵: ۱۵). منطقه ۹، ۷ و ۶ شهرداری به‌عنوان مناطق صنعتی و مناطق ۸ بافت تاریخی، تجاری و کهن شهر و مناطق ۱۰ و تاحدودی ۵ و ۳ و ۷ و ۴ مناطق با محلات حاشیه نشین هستند. میانگین تراکم مناطق حدود ۸۱ نفر در هکتار است و کمترین مساحت منطقه شهرداری مربوط به منطقه ۸ و بیشترین مساحت مربوط به منطقه ۶ و کمترین تراکم جمعیت مربوط به منطقه ۹ و بیشترین تراکم مربوط به منطقه ۱۰ است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مأخذ: دفتر تقسیمات سیاسی استانداری، ۱۴۰۲

۵. یافته‌های پژوهش

آسیب‌پذیری زلزله هرچقدر کمتر باشد، خسارات جانی و مالی کمتر است و بالعکس. در این بین برای انجام برنامه‌ریزی‌های مطلوب‌تر و ارزیابی خطر لازم است که انتخاب و گزینش مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط دقیق انجام پذیرد. در مقاله حاضر؛ مؤلفه‌های طبیعی، کالبدی، اجتماعی و اقتصادی و شاخص‌های مورد پرسش، متناسب با اهداف و اصول پدافند غیرعامل شهری و در همپوشی با مطالعاتی که در مقالات، طرح‌های پژوهشی و... انجام گرفته بود تهیه و تدوین شدند. این مؤلفه‌ها و شاخص‌ها عبارتند از: ۱- بلوک جمعیتی ۱۳۹۵-۲- شبکه معابر ۳- خطوط گسل و... در جدول ۲ به تفصیل نمایش داده شده است تا در تحلیل آسیب‌پذیری مناطق دهگانه شهرداری شهر تبریز و به‌عنوان داده ورودی مدل مورد استفاده قرار گیرند. با استفاده از دیدگاه کارشناسان و اساتید خبره در حوزه برنامه‌ریزی و زلزله، جدولی از مؤلفه‌ها به‌صورت تحلیل کیفی تدوین شد.

جدول ۱. مؤلفه‌ها و شاخص‌های مؤثر در آسیب‌پذیری ناشی از زلزله کلان‌شهر تبریز
 مأخذ: دیدگاه صاحب‌نظران و اقتباس از (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۷) (فاضل و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۴) و (نورالهی و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۷).

مؤلفه	شاخص‌ها	مؤلفه	شاخص‌ها
اجتماعی	تراکم جمعیت، تراکم خانوار، تراکم نسبت سالخوردگی، نسبت جنسی، نسبت جوانی، تراکم جمعیت زیر ۱۰ سال، تراکم جمعیت ۱۰ الی ۴۵ سال، تراکم جمعیت ۴۵ سال و بالاتر، تراکم جمعیت باسواد مرد، تراکم جمعیت باسواد زن	تراکم	درصد شیب، زمین‌شناسی، فاصله از خط گسل، فاصله از رودخانه، فاصله از قنات، چشمه و چاه
اقتصادی	تراکم نرخ اشتغال، تراکم نرخ بیکاری، تراکم شاغلین مرد و زن، تراکم بیکاران مرد و زن، تراکم بار وابستگی، تراکم تکفل، تراکم فعالیت واقعی، تراکم واحد‌های استیجاری، تراکم مالکیت، تراکم نسبت خانوار به مسکن، تراکم جمعیت غیر فعال، تراکم جمعیت فعال	تراکم مساحت	فاصله از خیابان‌ها و شبکه ارتباطی، تراکم واحدهای آپارتمان، فاصله از ایستگاه آتش نشانی، فاصله از مراکز درمانی و بیمارستان (اورژانس، بیمارستان، درمانگاه و...)، فاصله از مراکز نظامی، فاصله از مراکز صنعتی، عمر بنا، کیفیت ابنیه، تراکم سازه‌های اسکلت فلزی، تراکم سازه‌های بتن آرمه، تراکم سازه‌های آجر و آهن، تراکم سازه‌های خشت چوب و گل، تراکم سازه‌های آجر، سیمان و سنگ، کاربری اراضی (سازگاری اراضی)، تراکم مساحت ۱۰۰ متر مربع و پایین‌تر، تراکم مساحت ۲۰۰-۱۰۰ متر مربع، تراکم مساحت ۲۰۰ متر مربع و بالاتر، کاربری‌های امن و چندمنظوره (استادیوم، پارک، فضاهای باز و بایر و اراضی زراعی و باغات و...) به متر، فاصله از کاربری‌های اشتعالی (مراکز تقلیل و تقویت فشار گاز و پمپ گاز و بنزین) به متر، فاصله از خطوط نیرو و سوخت (نفت، برق فشار قوی و گاز و...)، فاصله از خطوط ریلی و مترو

در نهایت، نظرات متخصصان در قالب جدول ۳ اولویت‌بندی مناطق کلان‌شهر تبریز از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله، داده‌ها به صورت کمی استخراج گردید. یادآوری می‌شود که معادل بسیار مناسب عدد ۹، مناسب ۷ و نامناسب ۵ و بسیار نامناسب ۳ جایگزین شده است. در نهایت وضعیت مناطق شهرداری کلان‌شهر تبریز پس از ارزش‌گذاری به وسیله متخصصین امر، در مدل الکترونیک تحلیل شد و تحلیل نقشه خروجی به دست آمده در جهت مقایسه مناطق شهری از نظر توسعه کالبدی و...

اقدام گردید و نتایج علمی ازجمله: کاستن از آثار بحرانی زلزله با شناسایی محدوده‌های آسیب‌پذیر، جهات توسعه شهری، مناطق امن و ناامن شهری، میزان آسیب‌پذیری مناطق سکونتگاهی متناسب با کاستی‌های به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی منتج شد.

جدول ۲. اولویت‌بندی مناطق شهر تبریز از نظر آسیب‌پذیری در برابر زلزله

مأخذ: یافته‌های تحقیق

منطقه ۱۰	منطقه ۹	منطقه ۸	منطقه ۷	منطقه ۶	منطقه ۵	منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲	منطقه ۱	مؤلفه
۳	۳	۵	۷	۵	۳	۷	۷	۷	۳	طبیعی
۵	۷	۷	۵	۵	۷	۵	۵	۷	۷	اقتصادی
۵	۷	۷	۵	۷	۷	۵	۷	۹	۹	اجتماعی
۵	۹	۵	۷	۷	۹	۷	۷	۹	۷	کالبدی

۱.۵. روش الکترو

تاریخچه روش الکترو به اروپا در اواسط دهه ۱۹۶۰ میلادی برمی‌گردد و می‌توان آن را به‌عنوان یکی از بهترین روش‌های در نظر گرفته شده در حل مسائل تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه برشمرد. برنارد روی^۱ به‌عنوان پدر روش الکترو شناخته می‌شود. روش الکترو^۲ یا تسلط تقریبی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است و از حروف اول جمله "حذف و انتخاب برای تبیین واقعیت"^۳ به معنی روش حذف و انتخاب سازگار با واقعیت گرفته شده است. کلیه این مراحل بر مبنای یک مجموعه هماهنگ و یک مجموعه ناهماهنگ پایه‌ریزی می‌شوند. به دلیل این موضوع این روش به آنالیز همگانی هم معروف است. این روش برای اولین بار توسط برنارد روی و همکارانش پیشنهاد گردید. برای استفاده از این روش فرضیاتی مورد نیاز است که عبارتند از: ۱- معیارهای باید کمی یا قابل تبدیل به صورت کمی باشند. ۲- معیارها باید به‌طور کامل ناهمگن باشند. در اصل هدف

1. Bernard Roy

2. ELECTRE

3. Elimination et Choice Translating Reality

روش الکره جداکردن گزینه‌هایی است که در ارزیابی براساس بیشتر معیارها ترجیح داده می‌شوند (ملکی، ۱۴۰۴). مراحل الگوریتم حل مسائل تصمیم از طریق روش الکره را می‌توان به صورت زیر تشریح کرد: گام اول: تبدیل ماتریس تصمیم به ماتریس بی‌مقیاس:

جدول ۳. ماتریس تصمیم

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
طبیعی	۳	۷	۷	۷	۳	۵	۷	۵	۳	۳
اقتصادی	۷	۷	۵	۵	۷	۵	۵	۷	۷	۵
اجتماعی	۹	۹	۷	۵	۷	۷	۷	۷	۷	۵
کالبدی	۷	۹	۷	۷	۹	۷	۷	۵	۹	۵

از بین بردن تفاوت مقیاسی داده‌های تصمیم‌گیری با استفاده از نرم اقلیدسی (ماتریس نرمال R):

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_i (X_{ij})^2}}, i=1, \dots, m \quad j=1, \dots, n \quad R = \begin{bmatrix} r_{11} & \dots & r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

جدول ۴. ماتریس بی‌مقیاس

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
طبیعی	۰/۱۷۹	۰/۴۱۷	۰/۴۱۷	۰/۴۱۷	۰/۱۷۹	۰/۲۹۸	۰/۴۱۷	۰/۲۹۸	۰/۱۷۹	۰/۱۷۹
اقتصادی	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۳۶۴	۰/۲۶۰	۰/۲۶۰	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴	۰/۲۶۰
اجتماعی	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰	۰/۳۱۱	۰/۲۲۲	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۳۱۱	۰/۲۲۲
کالبدی	۰/۳۰۲	۰/۳۸۸	۰/۳۰۲	۰/۳۰۲	۰/۳۸۸	۰/۳۰۲	۰/۳۰۲	۰/۲۱۶	۰/۳۸۸	۰/۲۱۶

گام دوم: تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون: بایستی ماتریس W را به روش آنتروپی شانون تشکیل دهیم و در ماتریس R ضرب کنیم. برای این منظور هر سطر را بر مجموع درآیه‌های آن سطر تقسیم

می‌کنیم. حال به محاسبه مقادیر E_j به کمک فرمول زیر می‌پردازیم. برای این منظور ابتدا ماتریس p_{ij} $\ln(P_{ij})$ را می‌سازیم سپس جمع سطری درآیه‌ها را به دست می‌آوریم.

$$\forall_{j=1, \dots, n} \quad E_j = \frac{-1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$$

سپس به محاسبه درجه انحراف d_j به ازای هر معیار j ام می‌پردازیم:

$$d_j = 1 - E_j \quad \forall_{j=1, \dots, n}$$

و از نرمالایز کردن d_j ها خواهیم داشت:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad \forall_{j=1, \dots, n}$$

با ضرب ماتریس بی‌مقیاس R در ماتریس وزن W به تشکیل ماتریس وزن V می‌پردازیم به کمک فرمول زیر:

$$V = (W \times R) \\ \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1 \times r_{11} & \dots & w_n \times r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ w_1 \times r_{m1} & \dots & w_n \times r_{mn} \end{pmatrix}$$

جدول ۵. ماتریس بی‌مقیاس موزون

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شاخص	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰
طبیعی	۰/۱۰۲	۰/۲۳۷	۰/۲۳۷	۰/۲۳۷	۰/۱۰۲	۰/۱۶۹	۰/۲۳۷	۰/۱۶۹	۰/۱۰۲	۰/۱۰۲
اقتصادی	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	۰/۰۴۴	۰/۰۴۴	۰/۰۳۱
اجتماعی	۰/۰۵۷	۰/۰۵۷	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲
کالبدی	۰/۰۵۰	۰/۰۶۵	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۶۵	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۶	۰/۰۶۵	۰/۰۳۶

گام سوم: تعیین مجموعه هماهنگی و ناهماهنگی برای هر زوج از گزینه‌های k, l : مجموعه شاخص‌های موجود را به دو زیرمجموعه متمایز هماهنگ (Skj) و ناهماهنگ (Dkl) تقسیم می‌کنیم، به‌طوری که اگر شاخص مورد نظر دارای جنبه مثبت باشد، داریم: مجموعه هماهنگ (Skj) از مقایسه گزینه‌های Al و Ak که Ak از Al بیشتر بوده تشکیل می‌شود و برعکس زیرمجموعه مکمل به نام مجموعه ناهماهنگ (Dkl) مجموعه‌ای از شاخص‌هاست که به‌ازای آنها Ak از Al کمتر بوده تشکیل می‌شود.

جدول ۶. ماتریس تصمیم و اختلاف دو به دوی سطرها

مأخذ: یافته‌های پژوهش

کالبدی	اجتماعی	اقتصادی	طبیعی	مؤلفه‌ها و مناطق
۰/۰۵۰	۰/۰۵۷	۰/۰۴۴	۰/۱۰۲	منطقه ۱
۰/۰۶۵	۰/۰۵۷	۰/۰۴۴	۰/۲۳۷	منطقه ۲
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۲۳۷	منطقه ۳
۰/۰۵۰	۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۲۳۷	منطقه ۴
۰/۰۶۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۱۰۲	منطقه ۵
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۱۶۹	منطقه ۶
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۲۳۷	منطقه ۷
۰/۰۳۶	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۱۶۹	منطقه ۸
۰/۰۶۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۴	۰/۱۰۲	منطقه ۹
۰/۰۳۶	۰/۰۳۲	۰/۰۳۱	۰/۱۰۲	منطقه ۱۰

در ادامه یعنی اختلاف سطر اول به کلیه سطرها به جز خودش و سطر دوم با کلیه سطرها به جز خود سطر دو و همین‌طور ادامه می‌دهیم تا سطر دهم که اختلاف آن را با سطر اول تا نهم می‌سازیم. گام چهارم: محاسبه ماتریس هماهنگی: برای ساخت ماتریس هماهنگی به شکل زیر می‌بایست به محاسبه مقادیر CKI پردازیم:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & - & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{n(n-1)} & - \end{bmatrix}$$

معیار هماهنگی برابر با مجموع اوزان (w_j) شاخص‌هایی است که مجموعه CKI را تشکیل می‌دهند. بدین صورت معیار هماهنگی (C_{kl}) بین A_l و A_k بدین قرار است:

$$C_{kl} = \frac{\sum_{j=1}^n c_{kj} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}$$

معیار هماهنگی (C_{kl}) منعکس‌کننده برتری A_k در مقایسه با A_l است. به عنوان مثال تفاضل (1-2) را در نظر بگیرید که به صورت زیر است.

جدول ۷. تفاضل (۲-۱)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

(۱-۱)				
(۱-۲)	-۰/۱۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۱۴
(۱-۳)	-۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
(۱-۴)	-۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰
(۱-۵)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	-۰/۰۱۴
(۱-۶)	-۰/۰۶۸	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
(۱-۷)	-۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
(۱-۸)	-۰/۰۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴
(۱-۹)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	-۰/۰۱۴
(۱-۱۰)	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۵	۰/۰۱۴

در محاسبه درآیه‌های در ماتریس $S_{12}=\{2,3\}$ این بدان معنی است که درآیه‌های دوم و سوم

سطر ۱ نسبت به سطر ۲ غالب است، لذا در محاسبه I_{12} خواهیم داشت $I_{kl}=w_2+w_3$

$$I12=0.121+0.143=0.264$$

پس

به عنوان مثال در ماتریس $S15=\{1,2,3\}$ این بدان معنی است که درآیه‌های اول و دوم و سوم

سطر ۱ نسبت به سطر ۵ غالب است، لذا در محاسبه $I15$ خواهیم داشت،

$$I15=0.569+0.121+0.143=0.833 \text{ پس}$$

به صورت زیر است:

جدول ۸. ماتریس هماهنگی I

مأخذ: یافته‌های پژوهش

	۰/۲۶۴	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۸۳۳	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۸۳۳	۱/۰۰۰
۱/۰۰۰		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
۰/۷۳۶	۰/۵۶۹		۱/۰۰۰	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۸۷۹	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰
۰/۷۳۶	۰/۵۶۹	۰/۸۵۷		۰/۵۶۹	۰/۸۵۷	۰/۸۵۷	۰/۷۳۶	۰/۵۶۹	۱/۰۰۰
۰/۸۵۷	۰/۲۸۸	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱		۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
۰/۷۳۶	۰/۰۰۰	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۷۱۲		۰/۴۳۱	۰/۸۷۹	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰
۰/۷۳۶	۰/۵۶۹	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰		۰/۸۷۹	۰/۷۱۲	۱/۰۰۰
۰/۶۹۰	۰/۱۲۱	۰/۲۶۴	۰/۲۶۴	۰/۸۳۳	۰/۸۳۳	۰/۲۶۴		۰/۸۳۳	۱/۰۰۰
۰/۸۵۷	۰/۲۸۸	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۱/۰۰۰	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱	۰/۴۳۱		۱/۰۰۰
۰/۵۶۹	۰/۰۰۰	۰/۱۲۱	۰/۲۶۴	۰/۵۶۹	۰/۱۲۱	۰/۱۲۱	۰/۱۶۷	۰/۵۶۹	

گام پنجم: محاسبه ماتریس ناهماهنگی: برای ساخت ماتریس ناهماهنگی به شکل زیر می‌بایست

به محاسبه مقادیر dKI پردازیم:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & & d_{1n} \\ d_{21} & - & & d_{2n} \\ & & \ddots & \\ d_{m1} & \dots & d_{m(n-1)} & \end{bmatrix}$$

معیار ناهماهنگی مجموعه DKI برعکس معیار CKI نشان‌دهنده شدت عدم ترجیح Ak در مقایسه با AI است. در اصل در این قدم، بعد از مشخص کردن مجموعه ناهماهنگی برای تمام جفت گزینه‌ها (هم برای DKI و هم برای DIK)، برای محاسبه معیار ناهماهنگی، مقدار بیشینه «اختلافات دو گزینه» در معیارهای مجموعه ناهماهنگی بر مقدار بیشینه «اختلاف گزینه» در کل معیارهای موجود تقسیم می‌نماییم. فرمول زیر مفهوم بالا را به صورت واضح تری نشان می‌دهد.

$$d_{ij} = \frac{\max_j \{V_{ij} - V_j^*\}}{\max_j \{V_{ij}^* - V_j^*\}}$$

جدول ۹. ماتریس ناهماهنگی D

مأخذ: یافته‌های پژوهش

(۳-۱)	۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
(۳-۲)	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴
(۳-۳)				
(۳-۴)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰
(۳-۵)	۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴
(۳-۶)	۰/۰۶۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
(۳-۷)	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
(۳-۸)	۰/۰۶۸	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴
(۳-۹)	۰/۱۳۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴
(۳-۱۰)	۰/۱۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴

ماکزیمم بین درایه‌های دوم و سوم بر ماکزیمم بین کل درایه‌های سطر (۳-۱) تقسیم می‌شود، که

در نتیجه $D31 = \{2, 3\}$ که NI31 حاصل می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$NI31 = \max\{0.013, 0.013\} / \max\{0.136, 0.013, 0.013, 0\}$ بنابراین خواهیم داشت
 $NI31 = 0.093$ و به‌طور مشابه مثلاً برای محاسبه $NI35$ خواهیم داشت $D35 = \{2, 4\}$ و $NI35 = 0.106$.
 ماتریس ناهم‌هنگی NI به‌صورت زیر است:

جدول ۱۰. ماتریس ناهم‌هنگی NI

مأخذ: یافته‌های پژوهش

منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰
۲	۰/۰۰۰		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۳	۰/۰۹۳	۱/۰۰۰		۰/۰۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۸۵	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰
۴	۰/۱۸۸	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰		۰/۱۰۶	۰/۱۸۸	۱/۰۰۰	۰/۱۸۸	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰
۵	۰/۸۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰		۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۶	۰/۱۸۵	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۲۱۳		۱/۰۰۰	۰/۸۷۰	۰/۲۱۳	۰/۰۰۰
۷	۰/۰۹۳	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰		۰/۱۸۵	۰/۱۰۶	۰/۰۰۰
۸	۰/۲۱۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۴۲۵	۱/۰۰۰	۰/۲۱۳		۰/۴۲۵	۰/۰۰۰
۹	۰/۸۸۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰		۰/۰۰۰
۱۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	

گام ششم: مشخص نمودن ماتریس هم‌هنگی مؤثر: بعد از مقایسه تمام مؤلفه‌ها با مقدار حداقل
 آستانه، ماتریس بولین h که یک ماتریس با مؤلفه‌های ۰ و ۱ است را تشکیل می‌دهیم. قاعده
 اختصاص به ۰ و ۱ به‌ازای هر کدام از مؤلفه‌ها به‌صورت زیر است:

$$\hat{C} \leq CKI \quad \text{اگر} \quad 1 = HKI$$

$$\hat{C} > CKI \quad \text{اگر} \quad 0 = HKI$$

C بار میانگین کل درآیه‌های ماتریس I است. ماتریس H. ماتریسی است که کل درآیه‌های آن صفر و یک است. اگر درآیه ماتریس I بیشتر از مقدار C بار باشد، مقدار متناظر آن در ماتریس H برابر یک می‌شود و در غیر این صورت برابر صفر می‌شود. اگر درآیه ماتریس I بیشتر از مقدار ۰.۶۶ باشد مقدار متناظر آن در ماتریس H برابر یک می‌شود و در غیر این صورت برابر صفر می‌شود. آستانه هماهنگی $\bar{I}=0/662$

جدول ۱۱. ماتریس هماهنگ مؤثر F

مأخذ: یافته‌های پژوهش

	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱
۱		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۰		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱	۰	۱		۰	۱	۱	۱	۰	۱
۱	۰	۰	۰		۰	۰	۰	۱	۱
۱	۰	۰	۰	۱		۰	۱	۱	۱
۱	۰	۱	۱	۱	۱		۱	۱	۱
۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰		۱	۱
۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰		۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	

گام هفتم: مشخص نمودن ماتریس ناهماهنگ مؤثر: برای تشکیل ماتریس ناهماهنگی مؤثر، باید مقدار حداقل آستانه را که سطح ناهماهنگی نیز نامیده می‌شود، محاسبه و مؤلفه‌های ماتریس را با آن مقدار آستانه مقایسه کنیم.

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl}}{m(m-1)} \quad k \neq l$$

گام هشتم: مشخص نمودن ماتریس کلی و مؤثر: این ماتریس در صورتی دارای مؤلفه ۱ است که وقتی ضرب ماتریسی در آن انجام می‌شود، هر دو مؤلفه متناظری که در هم ضرب می‌شوند ۱ باشند. برای دو گزینه k و l زمانی $ekl = 1$ رخ می‌دهد که k نسبت به I دارای برتری قابل قبول در ماتریس hKI و I نسبت به k تسلیم کامل در ماتریس gkl باشد. برای هر درآیه خواهیم داشت $hKI = eKI$.

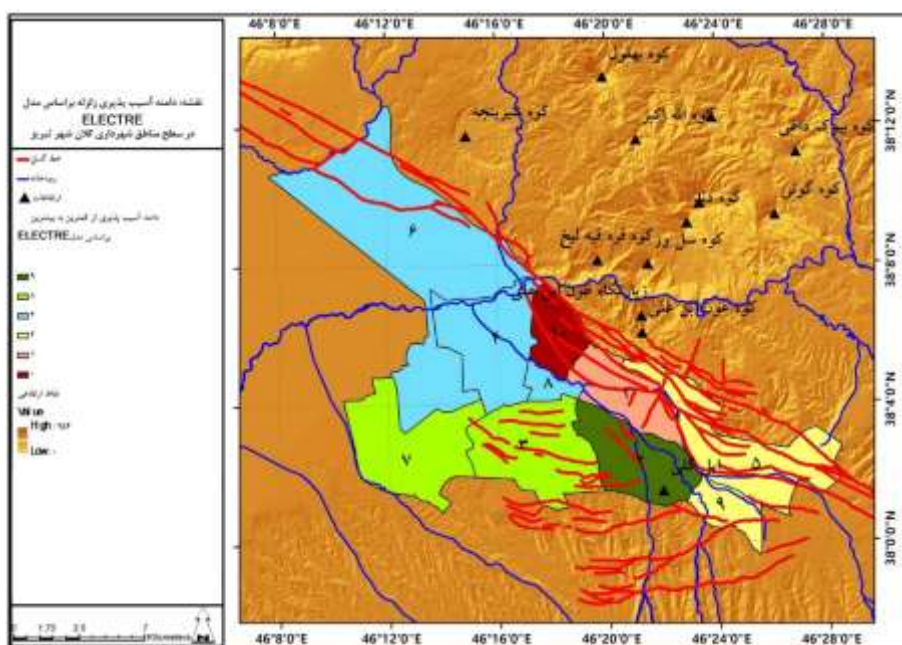
جدول ۱۳. ماتریس کلی مؤثر

مأخذ: یافته‌های پژوهش

گره	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۷	منطقه ۸	منطقه ۹	منطقه ۱۰	کمان خروجی
منطقه ۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
منطقه ۲	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۹
منطقه ۳	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۸
منطقه ۴	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۱	۴
منطقه ۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۲
منطقه ۶	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۴
منطقه ۷	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۸
منطقه ۸	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۴
منطقه ۹	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۲
منطقه ۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کمان ورودی	۶	۰	۲	۳	۶	۴	۲	۴	۶	۹	

گام نهم: رسم شبکه ترجیح و حذف گزینه‌های کم‌جاذبه هر منطقه بیانگر یک گره است و این ماتریس یک شبکه با ۱۰ گره را تشکیل می‌دهد و درآیه‌ها نیز کمان‌های ورودی و خروجی را

می‌سازد. کمان خروجی بیشتر بیانگر اهمیت بیشتر و کمان خروجی کمتر بیانگر اهمیت کمتر است، همچنین کمان ورودی کمتر بیانگر اهمیت بیشتر و کمان ورودی بیشتر بیانگر اهمیت کمتر است. لذا با اهمیت‌ترین گره (منطقه) گره دوم و کم‌اهمیت‌ترین گره نیز گره دهم است.



شکل ۲. رتبه آسیب‌پذیری مناطق شهرداری کلان‌شهر تبریز حاصل خروجی مدل ELECTRE

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۲

در خروجی مدل منطقه ۲ شهرداری کلان‌شهر تبریز با کمترین میزان آسیب‌پذیری در رتبه اول و مناطق ۳ و ۷ به صورت اشتراکی در رتبه دوم و مناطق ۴، ۶ و ۸ با چهار رتبه فاصله به صورت اشتراکی در رتبه سوم و مناطق ۵ و ۹ با یک رتبه فاصله به صورت اشتراکی در رتبه چهارم، منطقه ۱ با یک

رتبه فاصله در رتبه پنجم و منطقه ۱۰ شهرداری با یک رتبه فاصله در رتبه ششم خطرپذیری و با آسیب‌پذیری بالا قرار دارد.

۲.۵. محاسبه ارزش آنتروپی مناطق دهگانه شهرداری کلان‌شهر تبریز

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیک، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات است که بیانگر درجه انحراف از اطلاعات ایجاد شده در هر معیار است (ملکی، ۱۴۰۰: ۱۹۰). جدول مربوط به مساحت و جمعیت از واحد آمار سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان آذربایجان شرقی اخذ شده است. این جدول مربوط به مناطق دهگانه شهرداری است. به واسطه استفاده از این جدول به محاسبه ارزش آنتروپی مناطق دهگانه با توجه به مقادیر مساحت می‌پردازیم.

جدول ۱۴. محاسبه ارزش آنتروپی مناطق دهگانه شهر تبریز، ۱۴۰۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

منطقه	جمعیت	مساحت He هکتار	pi	Ln(pi)	pi* ln(pi)
منطقه ۱	۲۱۸۶۴۷	۱۵۶۶	۰.۰۶۴	-۲.۷۵۰	-۰.۱۷۵۸۵
منطقه ۲	۱۹۶۵۰۷	۲۰۵۳	۰.۰۸۴	-۲.۴۷۸	-۰.۲۰۷۸۹
منطقه ۳	۲۲۹۴۷۴	۲۸۵۵	۰.۱۱۷	-۲.۱۴۹	-۰.۲۵۰۶۱
منطقه ۴	۳۱۵۱۸۳	۲۵۹۵	۰.۱۰۶	-۲.۲۴۴	-۰.۲۳۷۹۳
منطقه ۵	۱۳۴۶۲۰	۳۱۵۷	۰.۱۲۹	-۲.۰۴۸	-۰.۲۶۴۱۴
منطقه ۶	۱۰۸۹۵۹	۷۱۱۱	۰.۲۹۰	-۱.۲۳۶	-۰.۳۵۹۱۰
منطقه ۷	۱۶۱۸۷۳	۲۹۰۵	۰.۱۱۹	-۲.۱۳۱	-۰.۲۵۲۹۶
منطقه ۸	۲۹۳۸۴	۳۸۸	۰.۰۱۶	-۴.۱۴۴	-۰.۰۶۵۷۴
منطقه ۹	۲۲۵۰	۸۰۳	۰.۰۳۳	-۳.۴۱۷	-۰.۱۱۲۱۲
منطقه ۱۰	۱۸۷۹۵۸	۱۰۴۵	۰.۰۴۳	-۳.۱۵۴	-۰.۱۳۴۶۱
کل	۱۵۸۴۸۵۵	۲۴۴۷۸	۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	-۲.۰۶۰۹۵

Hei مساحت منطقه i بر حسب هکتار است. سهم هر منطقه از مساحت کل یعنی تراکم مسکونی را P_i می‌نامیم که با فرمول سهم قابل محاسبه است. مقدار H آنتروپی شانون است که از مجموع حاصل ضرب P_i در $\ln(P_i)$ ها حاصل می‌شود و بین صفر تا $\ln(10)$ است. مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی خیلی متراکم و فشرده و مقدار $\ln(10)$ توسعه فیزیکی پراکنده شهری است. اگر مقدار H از مقدار $\ln(10)$ بیشتر باشد، رشد بی‌قواره شهری اسپیرال رخ داده است. طبق جدول می‌بینیم که $\ln(10) = 2.302585093$ مقدار H برابر ۲.۰۶۱ است که خیلی به مقدار $\ln 10$ که ۲.۰۷۹ نزدیک است که بیانگر رشد پراکنده شهری است و این یعنی مقدار H خیلی به مقدار ماکزیمم ممکن نزدیک است اما کوچک‌تر و بسیار نزدیک به آن است که این یعنی رشد پراکنده توسعه شهری رخ داده است.

۶. نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با استفاده از تهیه پرسشنامه و توزیع آن بین متخصصین، مؤلفه‌ها و شاخص‌های تأثیرگذار در آسیب‌پذیری را شناسایی و نهایتاً با استفاده از مدل الکتره مناطق با کمترین و بیشترین آسیب‌پذیری مشخص شدند. همچنین روند توسعه کالبدی شهر با استفاده از مدل آنتروپی شانون در مناطق دهگانه بررسی و نتایج و خروجی لازم حاصل شد. در تحلیل مدل آنتروپی، با توجه به نتایج خروجی به نظر می‌رسد توسعه فیزیکی شهر میل به رشد پراکنده شهری دارد که می‌طلبد در طرح‌های توسعه شهری متناسب با قوت و ضعف، فرصت و تهدید هر منطقه شهرداری در ابعاد توزیع کاربری‌هایی که در مهار و کنترل خطر و کاهش آسیب‌پذیری مؤثرند، بازبینی صورت پذیرد. متناسب با خروجی مدل‌ها می‌توان مهم‌ترین دلایل آسیب‌پذیری و کمتر آسیب‌پذیری مناطق را به عواملی همچون: دوری و نزدیکی به گسل، طبقه اقتصادی و اجتماعی ساکنین، مقاومت سازه و میزان نظارت بر ساخت‌وسازها، سرانه فضاهای باز و سبز، امدادی و... تراکم جمعیت، عدم توزیع بهینه کاربری‌های پرخطر و تهدیدزا و... نسبت داد. نتایج تطبیقی ارزیابی آسیب‌شناسی مناطق کلان‌شهر تبریز حاکی از

این است که مناطق ۱۰، ۱، ۵، ۸ و ۶ به واسطه ساخت و ساز بر روی گسل، به همراه وجود مساحت عظیمی از بافت‌های فرسوده و حاشیه‌نشین در مناطق ۱۰ و ۸ و بعضاً بخش‌هایی از محدوده‌های مناطق ۴، ۳ و ۷ مناطق آسیب‌پذیر شهر تبریز محسوب می‌شوند که می‌تواند با تغییر و انتقال کاربری‌های معارض، نوسازی بافت‌های فرسوده، گسترش و ایجاد کاربری‌های چندمنظوره و... نسبت به کاهش میزان خسارت در این مناطق قبل از وقوع زلزله اقدام کرد. نتایج مقاله حاضر با نتایج مقاله آقایان امیریان و کرمی (مناطق ۱۰ و ۱ آسیب‌پذیرتر و منطقه ۲ با آسیب‌پذیری کمتری همراه است) که در پیشینه ذکر شده، مطابقت دارد؛ چراکه طبق نتایج مقاله حاضر منطقه ۱۰ و منطقه ۱ شهرداری با بیشترین میزان آسیب‌پذیری، آسیب‌پذیرتر از مناطق ۲، ۳ و ۷ تشخیص داده شده‌اند. به نظر می‌رسد؛ اشرافیت متخصصین پرسش‌شونده بر محدوده مورد مطالعه، انتخاب درست شاخص‌های مورد سنجش، میزان دقت و سطح اطمینان بالای مدل تحلیلی مورد استفاده در مقالات و دیگر پژوهش‌ها، از مزیت‌هایی است که این میزان همپوشانی با مدل‌های AHP, FUZZY و AHP-FUZZY و... را رقم زده است و همان‌طور که اشاره شد در این مقاله نیز به این نکات توجه و تأکید لازم شده است. به همین سبب در نظام برنامه‌ریزی شهری تبریز به‌خصوص مناطق شهرداری با آسیب‌پذیری بالا گسترش فضاها، بی‌کالبد و چندمنظوره، انتقال و تغییر کاربری اراضی و... ضرورت دارد. همچنین توسعه فیزیکی و کالبدی شهر در محدوده‌های پرخطر (مناطق ۱۰، ۱ و بعضاً ضلع جنوبی منطقه ۳، ضلع غربی - جنوبی مناطق ۴، ۷ و ۸) محدودتر گردد و نظارت و مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در اولویت برنامه‌های شهر قرار گیرد.

۷. پیشنهادها

متناسب با نتایج حاصل از خروجی مدل‌ها و عنوان مقاله پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:

- توسعه فضاهای باز در جوار کاربری‌های پرخطر (به‌ویژه در مناطق ۱، ۱۰، ۵) و تعریض شبکه عبور و مرور در مناطق پرخطر و متراکم جمعیتی و ایجاد فضای سبز و باز در کنار مراکز صنعتی و شیمیایی به‌ویژه در مناطق ۷، ۹ و ۶.

- مکان‌یابی مراکز آتش‌نشانی و... از یکدیگر و عدم تجمع آن‌ها در جوار یکدیگر (انتقال کاربری‌های تهدیدپذیر به نقاط دیگری از شهر به‌ویژه در محدوده مناطق ۷ و ۶ و ۹ و ۵ شهر).

- عدم تمرکز جمعیت در کنار مراکز اشتعالی (پمپ گاز و بنزین و مرکز تقلیل و تقویت فشار گاز) به‌خصوص مناطق مرکزی و بافت فرسوده و تاریخی شهر، همچنین ایجاد کاربری‌های چندمنظوره در طرح‌های توسعه شهری، در قالب مراکز تفریحی به‌ویژه در حد فاصل مناطق ۹، ۷، ۱۰ و تدوین برنامه بازآفرینی مراکز حاشیه‌نشین مناطق شهرداری و نظارت بیشتر بر مقاوم‌سازی و رعایت اصول پدافند غیرعامل شهری در مناطق پرخطر (متناسب با خروجی مدل‌های اجرایی) و هم‌جوار با گسل در اولویت برنامه‌های نظارتی مدیران شهری قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه تبریز تقدیر می‌گردد.

کتابنامه

۱. ابلقی، ع.ر. (۱۳۸۴). مجله هفت شهر. سازمان عمران و بهسازی شهری، ۵۶ (۱۹-۱۸)، زمستان و بهار، صص ۱۳۲.
۲. اصغری‌زمانی، ا. (۱۳۷۹)، پژوهشی در روند حاشیه‌نشینی در ایران، نمونه موردی: شهر تبریز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۳. پورمحمدی، م.ر؛ و ملکی، ک. (۱۳۹۵). پدافند غیرعامل؛ استراتژی‌های توسعه و امنیت منطقه شهری. چاپ اول. تهران: انتشارات مؤسسه نشر شهر با همکاری معاونت امور اجتماعی و فرهنگی شهرداری تهران.

۴. پورمحمدی، م.ر؛ و ملکی ک. (۱۴۰۰). *پدافند غیرعامل و استراتژی‌های توسعه و امنیت منطقه شهری*. چاپ دوم (ویرایش جدید همراه با اضافات). تبریز: انتشارات فروزش.
۵. حبیب، ف. (۱۳۸۵). *کندوکاوی در معنای شکل شهر*. نشریه هنرهای زیبا، ۲۵(۲)، ۷۴۹-۵-۱۴.
۶. حسین‌زاده‌دلیر، ک؛ ملکی، ک؛ شفاعتی، آ؛ و حیدری‌فر، م.ر. (۱۳۹۱). *پدافند غیرعامل و توسعه پایدار شهری با تأکید بر کاربری‌های تهدیدپذیر کلان شهر تبریز از منظر جنگ*. *نشریه جغرافیا و پایداری محیط دانشگاه رازی کرمانشاه*، ۲(۵)، ۱-۲۴.
۷. حسین‌زاده، ر. (۱۳۹۵). *آینده‌پژوهی تغییرات فیزیکی کالبدی شهرهای بزرگ با رویکرد توسعه پایدار شهری (مورد مطالعه: شهر ارومیه)*. رساله دکتری تخصصی جغرافیا، گرایش برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام‌نور، مرکز تحصیلات تکمیلی، تهران.
۸. حیدری، م. (۱۳۹۷). *ارزیابی آسیب‌پذیری بافت های شهری از خطر زلزله (مطالعه ی موردی: بافت قدیم شهر زنجان)*. *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۲(۳)، ۱۰۱-۱۱۵. شهر زنجان). *مهندسی جغرافیایی سرزمین*، ۲(۳)، ۱۰۱-۱۱۵.
۹. دروئو، م. (۱۳۷۱). *جغرافیای انسانی*. جلد ۲. (سهامی، س، مترجم). چاپ اول، تهران: نشر رازین.
۱۰. دفتر تقسیمات سیاسی استانداری استان آذربایجان شرقی (۱۴۰۲).
۱۱. رهنما، م.ر؛ و عباس‌زاده، غ.ر. (۱۳۸۷). *اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر*. چاپ اول، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.
۱۲. عبدالحی، م. (۱۳۸۳). *مدیریت بحران در نواحی شهری*. چاپ سوم. تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۱۳. علیدوستی، س. (۱۳۷۱). *کاربرد مدیریت بحران در کاهش ضایعات زلزله*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
۱۴. عمرانی، ب. (۱۳۸۵). *بررسی زلزله‌های تاریخی و زلزله‌نگاری در تبریز*. *مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت بحران زلزله در شهرهای دارای بافت تاریخی*، دانشگاه یزد، صص ۱۰-۲۷.
۱۵. غضبان، ف. (۱۳۸۱). *زمین‌شناسی زیست‌محیطی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۶. فاضل، س؛ تقوایی، م؛ و محمودزاده، ا. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهری با استفاده از مدل ANP مطالعه موردی: شهر نجف‌آباد. *دوفصلنامه علمی پژوهشی مدیریت بحران*، ۶(۱)، پیاپی ۱۱، بهار و تابستان، ۱۲۱-۱۳۲.
۱۷. قنبری، ا؛ سالکی‌ملکی، م.ع؛ و قاسمی، م. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۲(۵)، ۲۱-۳۶.
۱۸. لحمیان، ر؛ غلامی، غ. (۱۳۹۸). برنامه‌ریزی بهینه‌اسکان موقت شهری در حوادث طبیعی (مطالعه موردی: شهر ساری). *فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، ۹(۲)، ۷۹۳-۸۰۶.
۱۹. مجتهدزاده، غ.ح. (۱۳۸۳). *برنامه‌ریزی شهری در ایران*. چاپ پنجم، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
۲۰. محمدپور، ت؛ شمس، م؛ و ملک‌حسینی، ع. (۱۴۰۲). سنجش وضعیت مناطق شهری از نظر ابعاد توسعه پایدار (مطالعه موردی: مناطق شهری کرمانشاه). *فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۱۶(۱)، ۳۹-۲۲.
۲۱. مرادی، غ.ر؛ خواجه، ا.ر؛ حاجی‌زا، پ؛ و دهقانان، م. (۱۴۰۳). آسیب‌شناسی طرح‌های توسعه شهری بوشهر از منظر حق به شهر با تأکید بر ضوابط تفکیک اراضی مسکونی. *فصلنامه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۱۶(۲)، ۱۵۵-۱۸۱.
۲۲. ملکی، ک. (۱۴۰۰). *تبیین و ارائه الگوی کالبدی-فضایی توسعه شهری در پهنه‌های خطر زلزله (مورد مطالعه: کلان‌شهر کرمانشاه)*. رساله دکتری تخصصی رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، مرکز تحصیلات تکمیلی تهران.
۲۳. ملکی، ک. (۱۴۰۴). *شبکه تهدید و حلقه مخاطره در بحران زلزله با رویکردی بر پدافند غیرعامل در برنامه‌ریزی کاربری اراضی چندمنظوره (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز)*. طرح رسادکتری رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، در دست انجام.
۲۴. نورالهی، ح؛ سلیمانی، ع؛ برزگر، ا؛ و علیدوستی، ع. (۱۳۹۲). ارزیابی میزان حساسیت دارایی‌ها و پهنه‌های شهری با استفاده از تحلیل اندرکنشی با رویکرد برنامه‌ریزی شهری. *مدیریت بحران*، ۲(۲)، ۳۳-۴۱.

25. Ebert, A., Karle, N., & Stein, A. (2008). Urban social vulnerability assessment using object-oriented analysis of remote sensing and GIS data: A case study for Tegucigalpa, Honduras. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (Vol. XXXVII, (Part B7) pp. 1307–1311).
26. Elshehabi, O. (2015). Rootless hubs: Migration, urban commodification and ‘the right to the city’ in the GCC. In A. Khalaf, O. AlShehabi, & A. Hanieh (Eds.), *Transit states: Labour, migration & citizenship in the Gulf* (pp. 101–131). Pluto Books.
27. Moehle, J., Barkley, C., Bonowitz, D., Karlinsky, S., Maffei, J., & Poland, C. (2009). The resilient city: A way of thinking about preparedness, mitigation, and rebuilding. *Proceedings of the 2009 NZSEE Conference* (pp. 1–10). New Zealand Society for Earthquake Engineering.
28. 27b. Murgante, B., Borruso, G., & Lapucci, A. (Eds.). (2009). *Geocomputation and urban planning*. Springer.
29. Rashed, T., Weeks, J., Couclelis, H., & Herold, M. (2017). An integrative GIS and remote sensing model for place-based urban vulnerability analysis. In V. Mesev (Ed.), *Integration of GIS and remote sensing* (pp. 57–84). Wiley.
30. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). (2005). **Proceedings of the World Conference on Disaster Reduction, 18-22 January 2005, Kobe, Hyogo, Japan**. United Nations.