Town & Country Planning *https://jtcp.ut.ac.ir/*
Vol. 14, No. 2, Autumn & Winter 2022-2023 *Print ISSN: 2008-7047*
Manuscript Type: Research Paper *Online ISSN: 2423-6268*
DOI: 10.22059/jtcp.2022.337834.670300

Zoning the Vulnerability of Urban Areas to Earthquake: The Case Study of Urmia City

Reza Ghaderi[1*], Ghasem Farahmand[2]

1. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Payame Noor University, Urmia, Iran
2. PhD Student in Urban Meteorology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

(Received: February 28, 2022; Accepted: May 29, 2022)

Abstract

The risk of earthquake always influences the human communities and inflicts irreparable damages to them. Therefore, preparation against this crisis through the identification and elimination of vulnerable parts is effective in reducing the damages of earthquakes. As Iran is located on one of the two major seismic belts of the world and has many faults, the occurrence of earthquake in the Iranian plateau is natural. Iran is among the top ten countries with the highest rates of earthquakes. Urmia city, which is located on the skirts of Zagros mountain range, is not an exception in this regard, and every year many earthquakes with different intensities occur in this city. Therefore, in order to confront the foregoing issue, we need precise studies regarding construction and safety. In this study, to evaluate the rate of vulnerability to earthquakes, the effective parameters were identified and then were weighted using fuzzy hierarchical analysis. The vulnerability map was prepared using index and fuzzy logic overlay method for Urmia statistical blocks and was presented in the spatial information system environment. The obtained results indicated the vulnerability of nearly 50 percent of the city area to earthquake (i.e., 151574 m^2), with .005 percent having a very high vulnerability grade and .40 percent (i.e., 11538359 m^2) a high vulnerability grade to earthquake.

Keyword

zoning, risk assessment, earthquake, fuzzy logic, Urmia.

* **Corresponding Author, Email:** reza_ghaderi86@yahoo.com

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۴، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۱
صفحات ۵۶۹-۵۴۳ (پژوهشی)

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر زلزله (مطالعهٔ موردی: شهر ارومیه)

رضا قادری[۱*]، قاسم فرهمند[۲]

۱. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه پیام نور، ارومیه، ایران
۲. دکتری آب‌وهواشناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۸)

چکیده

خطر زلزله همواره جوامع بشری را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و خسارات جبران‌ناپذیری به این جوامع وارد می‌آورد. بنابراین، آمادگی مقابله با این بحران از طریق شناسایی نقاط آسیب پذیر و برطرف کردن آن‌ها در جهت کاهش آسیب های ناشی از زلزله مؤثر است. با توجه به واقع شدن ایران روی یکی از دو کمربند زلزله‌خیز جهان و وجود گسل های فراوان، وقوع زلزله در فلات ایران امری طبیعی است. ایران جزء ده کشور زلزله‌خیز دنیاست. به‌تبع، شهر ارومیه نیز، به دلیل قرارگیری در دامنهٔ رشته‌کوه‌های زاگرس، از این قائده مستثنی نیست و هر ساله شاهد تعداد زیاد لرزه با شدت‌های متفاوت است. از این رو، برای مقابله با مشکل یادشده، به مطالعات دقیق در حوزه‌های ساخت‌وساز و ایمنی بیشتر نیاز است. در این پژوهش، به منظور ارزیابی شدت آسیب‌پذیری از زلزله، پارامترهای مؤثر شناسایی و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی وزن‌دهی شدند. نقشهٔ آسیب‌پذیری به روش همپوشانی شاخص و منطق فازی برای بلوک‌های آماری شهر ارومیه تهیه و به صورت بصری در محیط سیستم اطلاعات مکانی ارائه شدند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آسیب‌پذیری حدود ۵۰ درصد از سطح شهر در مقابله با زلزله است. به بیان دقیق‌تر حدود ۱۵۱۵۷۴ متر مربع، یعنی ۰/۰۰۵ درصد، دارای گرید آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱۱۵۳۸۳۵۹ متر مربع، با میزان بالغ بر ۰/۴۰ درصد، در مقابل زلزله دارای گرید آسیب‌پذیری زیاد است.

کلیدواژگان

ارزیابی خطر، ارومیه، پهنه‌بندی، زلزله، منطق فازی.

---

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: reza_ghaderi86@yahoo.com

مقدمه

مخاطرات طبیعی واقعیات جهان امروز ما هستند که به طور قابل ملاحظه‌ای شرایط زندگی مردم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از آنجا که قابل پیشگیری نیستند، اقدامات پایه‌ای احتیاطی باید قبل از وقوع برای محافظت از مردم انجام گیرد. در این نقطه است که آمادگی برای هر تهدیدی واقعاً مهم است که آثار مخرب بلایا را برای جوامع کاهش می‌دهد و مداخلات بازیابی را کوتاه می‌کند. در شرایط آمادگی شناسایی افراد آسیب‌پذیر جامعه نقش مهمی در برنامه‌ریزی بهتر در مدیریت بلایای طبیعی بازی می‌کند (Gungor 2003: 3). برنامه‌ریزی شهری در اکثر شهرهای جهان سوم با نوعی روزمرگی همراه عدم آمادگی برای رویارویی با حوادث آینده مواجه بوده و حوادث طبیعی ناگوار اتفاق افتاده در این شهرها پیش از آنکه تدبیری برای مقابله با آنها اندیشیده شود، وقوع این مخاطرات را طبیعی جلوه می‌دهد (اسمیت ۱۳۸۲: ۱۹۹). امروزه تمدن بیش از پیش شهری شده و رشد شهری پیامدهای ناگواری بر پیکرهٔ شهرها وارد آورده است. ابعاد سکونتگاه‌های شهری روز به روز پیچیده‌تر و به‌تبع آن ناپایداری امنیتی در بوم‌شهرها نمایان‌تر شده است. بر این منوال جامعهٔ شهری، به‌ویژه در اشکال امروزی و مدرن آن، به طور دائم و گسترده در معرض انواع مختلف مخاطرات قرار گرفته است (امینی ورکی و همکاران ۱۳۹۳: ۵). از طرفی این توسعهٔ شتابان شهرها و ازدیاد روزافزون جمعیت شهری در دهه‌های اخیر برنامه‌ریزی و مدیریت و کنترل شهرها را بیش از پیش با مشکل مواجه کرده است. این مشکل در زمان وقوع بحران‌های طبیعی و به‌ویژه زمانی که با ناهنجاری‌های اجتماعی همراه می‌شود بسیار پیچیده‌تر می‌شود (حبیبی و همکاران ۱۳۹۱: ٦۷). از میان مخاطرات و بحران‌های طبیعی، زلزله یکی از مخاطرات مهم است که کشورهای متعددی را در طول سال تحت تأثیر قرار می‌دهد و عاملی است که تأثیر عوارضی آن روی جوامع بشری، چه از بعد تلفات جانی و چه از جنبه‌های اقتصادی، همواره در طول تاریخ قابل توجه بوده است (زیاری ۱۳۸۵: ۲۸۳؛ مهدوی و هزاریان ۱۳۹٦: ۲۸). زلزله، چه به لحاظ روانی و چه به لحاظ مالی، به دلیل سرعت و وقوع حجم تخریب، آثار ویرانگری به همراه دارد و در صدر بلایای طبیعی قرار می گیرد (شمسی‌پور و شیخی ۱۳۸۹: ٥٤). شدت این تأثیرگذاری تابعی است از عوامل گوناگون که زمینه‌ساز آسیب پذیری و وقوع بحران می‌شود (زنگی‌آبادی و همکاران ۱۳۸۸: ۱۱٦). تحلیل

آسیب‌پذیری شهری و ارزیابی و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی و مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است. عوامل آسیب‌پذیر گوناگون (طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات، و ...) پیوسته یک‌دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ نه به صورت منفرد بلکه به شکل سیستمی جامع. از سوی دیگر، گروه‌های آسیب‌پذیر از بحران‌ها نیز با عوامل جمعیتی چون سن، مذهب، اقلیت، فقر، سواد در ارتباط‌اند (Douglas 2001: 967). بر اساس آمارهای منتشرشده از سوی سازمان ملل، طی بیست سال گذشته، بیش از سه‌میلیون نفر بر اثر بلایای طبیعی جان خود را از دست داده‌اند و زندگی بیش از یک‌میلیارد نفر تحت تأثیر این بلایا قرار گرفته است (UN 1991). سرزمین ایران با توجه به موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی یکی از ده کشور سانحه‌خیز جهان به شمار می‌آید و همواره بر اثر بروز سوانحی چون سیل، خشک‌سالی، طوفان، و غیره خسارات جانی و مالی قابل توجهی به آن وارد آمده است (هاشمی و همکاران ۱۳۸۹: ۳۰۶). بر همین اساس کشور ایران نیز از کشورهای آسیب‌دیده از بلایای طبیعی است؛ طوری که بر اساس آمارهای منتشرشده ۱۷۰ زلزله با قدرت بالا در یکصد سال گذشته در جهان رخ داده است که سهم ایران ۱۸ درصد بوده است. قرارگیری در بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین ناحیهٔ زمین‌ساخت کرهٔ زمین، به نام آلپ ـ هیمالیا، منجر به وارد آمدن ۳۷ درصدی خسارت جهانی زلزله به کشور ایران شده است (غفوری و همکاران ۱۳۸۸: ۱ ـ ۳). بین کشورهای جهان، ایران به لحاظ بروز حوادث غیرمترقبه جزء دَه کشور بلاخیز جهان است که از چهل حادثهٔ طبیعی شناسایی‌شده در جهان بیش از سی مورد آن در ایران رخ داده است. این در حالی است که جمهوری اسلامی ایران ٦ درصد تلفات بلایای طبیعی جهان را به خود اختصاص می‌دهد، اما فقط ۱ درصد جمعیت جهان را در خود جای داده است. هرچند نقش انسان‌ها در وقوع بسیاری از حوادث طبیعی غیرمترقبه با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه است، آنچه مسلم است بشر در تشدید و شدت بخشیدن به برخی بلایای طبیعی، مانند تشدید پیامدهای ناشی از طوفان‌های گردوغبار و بروز خشک‌سالی‌های ناشی از انتشار بی‌رویهٔ گازهای گلخانه‌ای، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، نقش دارد که این رخدادهای طبیعی سالیانه هزینه‌های جانی و مالی هنگفتی بر اقتصاد کشورها، به‌ویژه کشورهای در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته، تحمیل می‌کنند. شهر ارومیه نیز از شهرهای

مهم ایران است که با وجود شرایط خاص خود دارای پتانسیل بالای حوادث طبیعی از جمله سیل و زلزله است. فلاتی که شهرستان ارومیه داخل آن قرار گرفته و شامل دریاچهٔ ارومیه نیز هست پهنه‌ای با ارتفاع ۱۳۰۰ تا ۳۰۰۰ متر از سطح دریاست. این پهنه منطقه‌ای کوهستانی است که به موازات حرکت از طرف غرب به طرف شرق از ارتفاع آن‌ها کاسته می‌شود. این رشته‌کوه‌ها و قله‌های آن‌ها بیشتر روی مرز ایران و ترکیه قرار گرفته است. وجود رشته‌کوه‌های جوان و مرزی و تعداد بالای گسل در اطراف شهرستان ارومیه امکان لرزه‌خیزی را در این شهر افزایش داده است. با توجه به آنچه آمد ضروری است برای جلوگیری از افزایش آسیب پذیری میزان تاب‌آوری جامعهٔ محلی شناسایی و ظرفیت‌های جامعه برای ایستادگی و بازیابی در برابر مخاطره‌ها هنگام وقوع بحران سنجیده شود. از این رو، هدف مطالعهٔ حاضر شناسایی مناطق آسیب‌پذیر ناشی از زلزله در مناطق مختلف شهر ارومیه به صورت دقیق و مشخص است.

مبانی نظری پژوهش

مخاطرات محیطی: برتون[1] و کیت مخاطرات طبیعی را مخاطراتی تعریف کرده‌اند که نیروهای خارج از جامعه آن را ایجاد می‌کنند. مثلاً در حال حاضر سیل، به خاطر نوسانات طبیعی، با فراوانی کمتری در اقلیم ایجاد می‌شود و بیشتر مرتبط با فعالیت‌های انسان، نظیر زهکشی و کانال‌سازی و جنگل‌زدایی، است (Burton et al. 1999). مخاطرات طبیعی توانایی آن را دارد که در نبود سیستم‌های تقلیل مخاطرات به سوانحی هولناک بدل شوند (کرمی و امیریان ۱۳۹۷: ۱۱۱).

آسیب‌پذیری جوامع: آسیب‌پذیری سرمایه‌های فیزیکی و انسانی، هنگام وقوع بحران در روستاها، یکی از مهم‌ترین مسائلی است که امروزه در بسیاری از بخش‌های مطالعاتی ـ از قبیل جامعه‌شناسی، انسان‌شناسی اجتماعی، مدیریت بحران، علوم محیطی، پدافند غیرعامل ـ مورد توجه قرار گرفته است. به طور کلی مفهوم آسیب‌پذیری چارچوب بسیار مناسبی برای درک ماهیت بحران، وقایع بحرانی، آثار و پیامدهای ناشی از وقوع بحران، و همچنین واکنش در مقابل بحران در سطوح مختلف فراهم می‌آورد (سبکبار و همکاران ۱۳۹۳: ٤۷). آسیب پذیری اصطلاحی است که جهت نشان دادن وسعت و میزان خسارت احتمالی بر اثر وقوع

1. Burton

سوانح طبیعی به جوامع و ساختمان ها و مناطق جغرافیایی به کار می‌رود. بنا بر تعریف یونسکو، میزان حساسیت محیط در مقابل وقوع و شدت یک سانحهٔ طبیعی آسیب‌پذیری آن محیط را تعیین می‌کند. بر اساس برنامهٔ راهبردی بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل، کلیهٔ مخاطرات دو منشأ دارند؛ مخاطرات طبیعی و مخاطرات ناشی از فعالیت‌ها و فناوری که حاصل دخالت انسان است (Moe et al. 2006: 396). به طور کلی منظور ما از آسیب‌پذیری عبارت است از شرایط و وضعیت‌های داخلی که در صورت قرارگیری در معرض حساسیت، تأثیرپذیری و شکنندگی نسبت به خطرهارا بالا برده یا سایر شوک‌ها و فشارهای وارده را به مردم افزایش می‌دهد (ISDR 2004: 207). به عبارت دیگر، آسیب‌پذیری به خسارات ناشی از عناصر و پدیده‌های بالقوه یا بالفعل بحران‌زا نسبت به نیروهای انسانی، تجهیزات، و تأسیسات در بازهٔ شدت صفر تا صد گفته می‌شود (Keller 2007: 3). عوامل آسیب‌پذیری بسیار گوناگون‌اند که شامل عوامل طبیعی، کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، بنیادی، قوانین و مقررات، و غیره می‌شوند. این عوامل همدیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند؛ نه به صورت منفرد، بلکه به شکل یک سیستم جامع در ارتباط هستند (Paton & Fohnston 2001: 270). امروزه آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی، فضاهای بی‌دفاع، محلات ناامن، روستاهایی با معماری غلط، همه و همه از عوامل تهدیدکنندهٔ امنیت‌اند (بیات ۱۳۸۷: ۸٦) که می‌توانند اختلالاتی اساسی در هر کانون سکونتگاهی به وجود آورند و کارایی دیگر سازمان‌ها را مختل کنند (Quarol 2005: 8). از طرفی مسئلهٔ حفاظت از جان انسان‌ها و متعلقات آن‌ها در مقابل مخاطرات طبیعی و انسانی آن‌قدر مهم است که یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزان محسوب می‌شود (Gibson 1997: 8). بر این اساس یافتن راهکارهای مفید برای کاهش آسیب‌پذیری همواره اولویتی برای دولت‌ها و جوامع آن‌ها بوده است.

آسیب‌پذیری[1]: آسیب‌پذیری اندازه‌گیری پیوسته‌ای از آسایش حاصل از تلفیق عناصر محیطی و اقتصادی و سیاسی در معرض یک دامنه از آشفتگی‌های زیان‌بار بالقوه تعریف می‌شود. طبق تعریف سازمان ملل (۱۹۹۱) آسیب‌پذیری عبارت است از درجهٔ زیان یک عنصر معین یا دسته‌ای از عناصر در معرض ریسک در نتیجهٔ وقوع یک پدیدهٔ طبیعی با بزرگای معین و بیان‌شده روی مقیاسی از صفر (بدون آسیب‌پذیری) تا یک (آسیب‌پذیری کامل) (کاملی‌فر ۱۳۹۱: ٤۳۱). از طرفی

1. vulnerability

آسیب‌پذیری بر حسب مبانی متفاوت مانند درجهٔ زیان و آسیب حاصل از یک پدیدهٔ بالقوه آسیب‌رسان، وضعیت و موقعیت اجتماعی ـ اقتصادی، و خصیصه‌ای از یک سیستم انسانی ـ محیطی تعریف شده است (ملکی و همکاران ۱۳۹٦: ۱۰).

آسیب‌پذیری شهری[1]: میزانی از تفاوت ظرفیتی جوامع شهری است برای مقابله با آثار مخاطرات طبیعی بر اساس موقعیت آن‌ها در جهان مادی (ساختار فضایی شهر) و ویژگی‌های اجتماعی آن جوامع (ساختار اجتماعی) (احدنژاد ۱۳۸۸: ٤۳).

نظریهٔ آسیب‌پذیری شهری: بر اساس نظریهٔ آسیب‌پذیری شهری و ویژگی‌های مفهومی آن در هر فضای شهری مفروض، مقدار معینی از خطر پذیری وجود دارد. اما سطوح و دامنهٔ آسیب پذیری و ایمنی در سطح شهر به طور یکنواخت توزیع نشده است. زیرا فضاهایی با عنوان آلوده، بی‌دفاع، آسیب‌پذیر محل رخداد انواع خشونت‌ها و جرایم و حتی مخاطرات محیطی هستند (محمدی ده‌چشمه ۱۳۹۲: ٤۷).

پیشینهٔ پژوهش

آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها در برابر رخدادهای طبیعی، مانند زمین‌لرزه، تابعی از رفتارهای واحدهای انسانی است که نشان دهندهٔ درجهٔ تأثیرپذیری یا توانایی ایستادگی است. یکی از اصول مدیریت مخاطرات لزوم دقت در جانمایی عناصر محیط و استفادهٔ هوشمندانه از امکانات طراحی برای کاهش صدمات ناشی از این رخداد و مخاطرات است (Burton et al. 1999). تاکنون مطالعات مختلفی در حیطهٔ ارزیابی آثار مخاطرهٔ زلزله بر جوامع انجام شده است که در ادامه به صورت خلاصه به چند مورد اشاره می‌شود.

ژو[2] و همکارانش (۲۰۱۸) در پژوهشی، که با هدف بررسی عوامل مؤثر بر پدافند غیرعامل شهری در زمان پیش و پس از بروز زلزله انجام شد، نشان دادند اقدامات پیشگیرانه می تواند مهم تر از اقدامات پس از سانحه باشد. این مطالعه همچنین نشان داد مشارکت اجتماعی یکی از اقدامات مؤثر بر کاهش میزان آسیب‌پذیری در مواقع بحران است.

1. town vulnerability
2. Xu

نوی و همکارانش (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی خطرپذیری زلزله در شهرستان ماندالی کشور میانمار، که در نزدیکی گسل فعال سگینگ قرار دارد، پرداختند و با استفاده از لایه‌های اطلاعات لرزه‌ای، زمین‌شناسی، گسل، و با استفاده از روش AHP خطرپذیری شهرستان را به پنج طبقه تقسیم کردند. نتایج پژوهش نشان داد بیشترین خطر در قسمت غربی شهرستان ماندالیکه نزدیک به گسل سگینگ و کمترین خطر در محدودهٔ تپهٔ ماندالی قرار دارد.

ناگایی[1] و همکارانش (۲۰۱۲) در مقالهٔ «راهبرد تقویت ضد لرزه‌ای برای شبکهٔ معابر» چهارچوبی برای یافتن راه‌های تقویت ضد لرزه‌ای برای امکانات حمل‌ونقل و شبکهٔ معابر شهری ارائه دادند. آن‌ها، برای آزمون کارایی محاسبات و منطقی بودن روش، سناریوی آن را در شهر کوبهٔ ژاپن و حومه به کار بردند.

لاتاندا[2] و همکارانش (۲۰۰۹) در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل Risk_UE، با به‌کارگیری مدل‌های موجود در زمینهٔ تخمین خسارت، به ارزیابی خسارت انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداختند.

کاتر[3] و همکارانش (۲۰۰۳) در مقاله‌ای با عنوان «آسیب‌پذیری اجتماعی مخاطرات زیست‌محیطی» آسیب پذیری اجتماعی در برابر بلایا را در ایالات متحدهٔ امریکا مورد ارزیابی و تحلیل قرار دادند.

گونگور هاکی[4] (۲۰۰۳) در پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد دانشگاه فنی خاورمیانه[5] با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی منطقهٔ پندیک استانبول» به ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله پرداخت.

خاک‌پور و همکارانش (۱۳۹۰) در مقاله‌ای تحت عنوان «میزان آسیب پذیری فیزیکی کالبدی منطقهٔ ۹ مشهد از دیدگاه زلزله‌خیزی» به این نتیجه رسیدند که شهر مشهد از نظر زلزله‌خیزی در منطقه‌ای با خطر متوسط قرار گرفته است. سپس، با استفاده از شاخص‌هایی نقشه‌های پهنه‌بندی

1. Nagae
2. Latand
3. Cutter
4. Gungor Haki
5. Middle East Technical University

آسیب پـذیری هنگـام وقـوع زلزلـه را تهیـه کردنـد تـا امکـان اتخـاذ راهکارهـای لازم در حـوزهٔ سیاست‌گذاری مدیریت شهری میسر شود.

حبیبی و همکارانش (۱۳۹۲) در مقاله‌ای تحت عنوان «تهیهٔ یک مدل پیش‌بینی ناپایداری بافت‌هـای کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله‌مراتبی وارون و سامانهٔ اطلاعـات جغرافیـایی» شـاخص‌هـای کالبدی- فضایی مؤثر بر آسیب‌پذیری شهرها را در قالب مدل‌های برنامه‌ریزی بررسی کردند.

عیسی‌لو (۱۳۹۵) در مقاله‌ای تحت عنوان «ارزیابی آسیب پذیری کالبدی بافت منطقهٔ ۱ شهر تهران در برابر زلزله» با استفاده از روش IHWP در سیستم اطلاعات جغرافیایی با بهره‌گیری از پنج شاخص (کاربری اراضی، کیفیت ابنیه، عمر ابنیه، دسترسـی بـه مراکـز امـداد، تـراکم جمعیتـی) بـه شناسـایی محدوده‌های آسیب‌پذیر پرداختند و نشان دادند که نواحی ۱ و ۳ این منطقه نواحی ناایمن هستند.

فرجی سبکبار و همکارانش (۱۳۹۵) در پژوهشی تحت عنوان «عوامل مـؤثر بـر آسـیب‌پـذیری منطقهٔ ٦ شهر تهران و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در مواجهه با بحران‌های طبیعی» به شناسـایی نـواحی منطقهٔ ٦ تهران در برابر زلزله با استفاده از داده‌های میدانی در نـرم‌افزارهـای IDRISI, MATLAB, ArcGIS پرداختند و نشان دادند بخش‌های مرکزی، جنوبی، و به‌ویژه جنوب شرقی منطقه به لحاظ بالا بودن قدمت ساختمان‌ها دارای پتانسیل بالای آسیب‌پذیری‌اند.

دربان‌آستانه و همکارانش (۱۳۹۷) در مقاله‌ای تحت عنوان «راهبردهای کـاهش آسـیب پـذیری بافت مسکونی در برابر خطر زلزله در منطقهٔ ٦ شـهر تهـران، بـا اسـتفاده از روش AHP FUZZY» نشان دادند محله های امیرآباد، نصرت، قزل‌قلعه، دانشگاه تهران، و پارک لاله آسـیب پـذیری کـم و محله‌های شریعتی، آرژانتین- ساعی، بهجت‌آباد، و گاندی آسیب‌پذیری متوسط دارند.

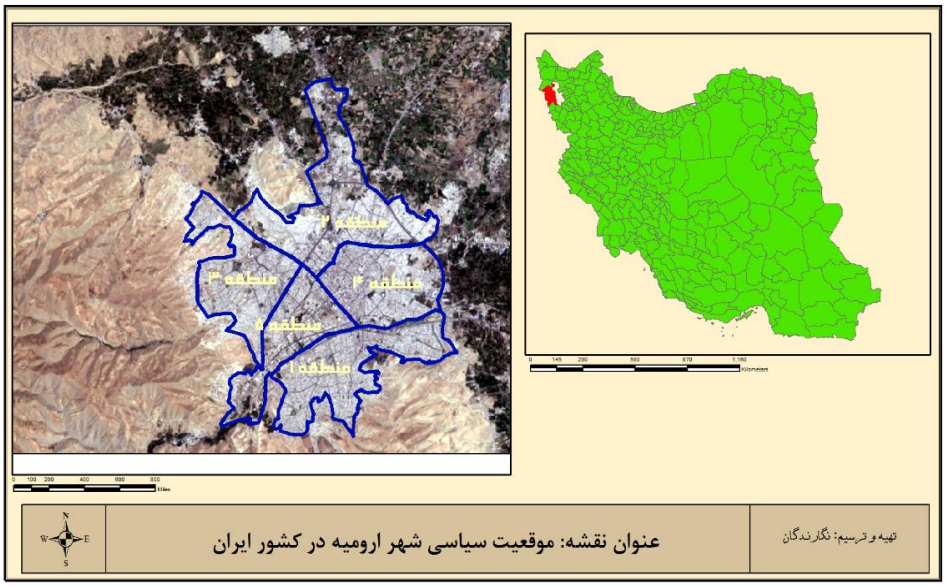
همچنـین افـرادی نظیـر مایونگـا[1]، آلـن و بریانـت[2] (۲۰۱۰)، آینـودین[3] (۲۰۱۲)، مختـاری و همکارانش (۱۳۹٦)، پوراحمد و همکارانش (۱۳۹۷)، رحمانی و همکارانش (۱۳۹۷) در این زمینـه مطالعاتی داشته‌اند.

1. Mayunga
2. Allan & Bryant
3. Ainuddin

مواد و روش‌ها

محدودهٔ مورد مطالعه

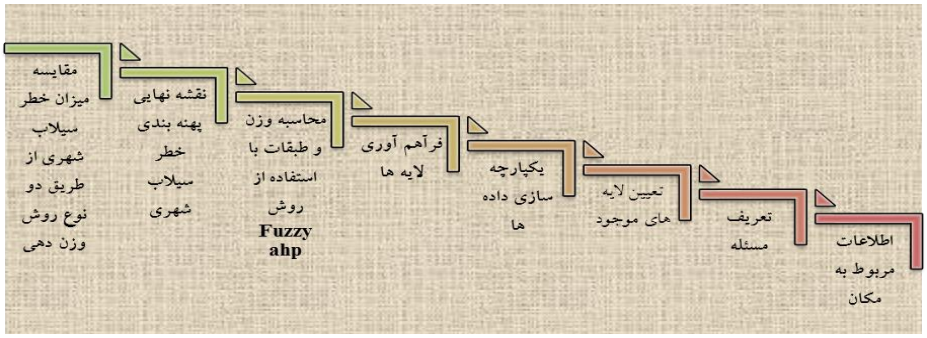
شهرستان ارومیه یکی از شهرستان‌های چهارده‌گانهٔ استان آذربایجان غربی است که در قسمت میانی استان قرار گرفته است. شهرستان ارومیه از شمال به شهرستان سلماس، از جنوب به شهرستان نقده و مهاباد، از شرق به دریاچه ارومیه، و از غرب به مرز ایران و ترکیه محدود می‌شود. شهر ارومیه مرکز شهرستان و نیز مرکز استان آذربایجان غربی است که در فاصلهٔ ۱۸ کیلومتری دریاچهٔ ارومیه، در مختصات ٤٥ درجه و ٤ دقیقهٔ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقهٔ عرض شمالی از مبدأ خط استوا داخل جلگه‌ای به طول ۷۰ کیلومتر و به عرض ۳۰ کیلومتر قرار گرفته است (طرح جامع شهر ارومیه ۱۳۹۲: ٢٤). این شهر در آخرین سرشماری ارائه‌شده از سوی مرکز آمار ایران دارای جمعیتی بالغ بر ٦٨٠٠٠٠ نفر است که در مجموع در پنج منطقه از مجموعه مناطق این شهر گسترده شده‌اند.



شکل ۱. موقعیت سیاسی شهر ارومیه در کشور ایران (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)

روش پژوهش

پژوهش حاضر از لحاظ هدف‌گذاری کاربردی و از لحاظ شیوهٔ گردآوری داده ها توصیفی ـ تحلیلی است. جهت رسیدن و دستیابی به هدف نهایی پژوهش ابتدا به تولید و تشکیل داده های کالبـدی و عوامل طبیعی تأثیرگذار در آسیب پذیری ناشی از زلزله پرداخته شد که مراحل اجرای این پـژوهش در شکل ۲ شرح داده شده است.



شکل ۲. روند نمای مراحل پژوهش

جهت دستیابی به اهداف مد نظر پژوهش در گام اول، با بهره گیری از مطالعـات کتابخانـه ای و اسناد موجود و ارزیابی نتایج حاصل از مطالعات گذشته، شاخص های لازم جهـت بررسـی میـزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله شناسایی و استخراج شد. در مرحلـهٔ بعـدی پـژوهش نیز، با بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ سلسله‌مراتبی فازی و نظریـات کارشناسـان منتخب، سطح و اهمیت شاخص های مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری مشـخص شـدند. بـه طـور کلـی داده ها شامل داده های مکانی (نقشه) و داده‌های توصیفی (غیرفضایی) هستند. داده ها و اطلاعات از طریق مراجعه به مراکز و سازمان‌های مربوطه از جمله شهرداری، سازمان مسکن و شهرسازی، و ... اخذ و به منظور تحلیل‌های مورد نظر ویرایش و آماده شدند که هر یک بنا به شـیوه و روش مـورد نظر مورد استفاده قرار گرفتند؛ طوری که داده های مربوط به بخش کالبدی و ساختمان هـا از طـرح جامع شهر ارومیه استخراج و سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis تبدیل به لایه‌های وکتوری شـد و داده های کیفی مورد نیاز نیز از طریق نظرسنجی کسب و سپس از طریق مدل سلسله‌مراتبی فازی به لایه‌های تولیدشده وزن اختصاص داده شد.

جدول ۱. شاخص‌ها و متغیرهای پژوهش (مأخذ: یافته‌های پژوهش ۱۳۹۹)

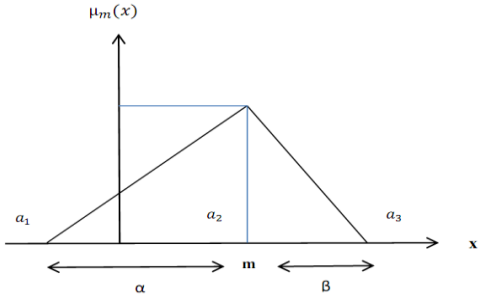
	نام شاخص	تعداد طبقات	تحلیل طبقات
کالبدی	درمانی	۱۰۰	فاصله کم
		۵۰۰	فاصله متوسط
		۲۰۰۰	فاصله زیاد
	آتش نشانی	۱۰۰	فاصله کم
		۵۰۰	فاصله متوسط
		۲۰۰۰	فاصله زیاد
	ایستگاه های گاز شهری	۵۰	فاصله کم
		۲۵۰	فاصله متوسط
		۵۰۰	فاصله زیاد
	کیفیت ساختمان	بتنی	نوساز
		آجر همراه با بلوک	قابل مرمت و نگهداری
		بلوک همراه با چوب	تخریبی
	ساحت	۰الی ۱۰۰	ساحت کم
		۱۰۰الی ۲۰۰	ساحت متوسط
		۲۰۰الی ۳۰۰	ساحت بالا
		۳۰۰ بالاتر از	ساحت خیلی بالا
	فضای سبز	۱۰۰	فاصله کم
		۵۰۰	فاصله متوسط
		۲۰۰۰	فاصله زیاد
	دسترسی	۵۰	فاصله کم
		۱۵۰	فاصله متوسط
		۲۵۰	فاصله زیاد
	تعداد طبقات ساختمان	۱الی ۲	وضعیت مطلوب
		۳الی ٤	وضعیت متوسط
		۵الی ٦	وضعیت خوب
		٦ بالاتر	وضعیت خیلی خوب
	تأسیسات	۱۰۰	فاصله کم
		۲۵۰	فاصله متوسط
		۵۰۰	فاصله زیاد

	نام شاخص	تعداد طبقات	تحلیل طبقات
طبیعی	گسل	۱۰	فاصله خیلی کم
		۲۰	فاصله کم
		۳۰	فاصله متوسط
		٤۰	فاصله زیاد
		۵۰	فاصله خیلی زیاد
	کاربری	ساخته شده	.....
		بایر	.....
		فضای سبز	.....
		کشاورزی	.....
		باغات	.....
	شیب	۳-۰	کم
		۱۱-٦,۵	متوسط
		۲۳-۱٦	زیاد
		۲۳ بالاتر از	خیلی زیاد
	زمین شناسی	خاک رس	خوب
		رس ماسه دار	متوسط
		عمیق سنگی	خیلی خوب
		لس ماسه دار	ضعیف
		لس و سنگ آهکی	خیلی ضعیف

در مرحلهٔ بعد وزن‌ها و ارزش‌های رتبه‌بندی به لایه‌ها و طبقات هر لایه اختصاص داده شد. فرایند اختصاص وزن و ارزش‌های رتبه‌بندی‌شده با استفاده از روش Fuzzy Ahp شکل گرفت. FAHP یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره است که رویهٔ مقایسهٔ زوجی را برای رسیدن به اهداف مورد نظر در میان گزینه‌های متعدد به کار می‌گیرد و با عملکرد متفاوت مکان‌های مورد نظر را انتخاب می‌کند. در ادامه به ارائهٔ توضیحی در خصوص این دو روش تصمیم‌گیری پرداخته می‌شود.

مدل تحلیل سلسله‌مراتبی FAHP

این مدل ابتدا در سال ۱۹۸۳ توسط دو محقق هلندی به نام‌های لارهورن[1] و پدریکز[2] پیشنهاد شد که بر مبنای روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا نهاده شده بود. ولی به علت پیچیدگی مراحل محاسباتی و روش‌شناسی مورد استقبال قرار نگرفت. تا اینکه در سال ۱۹۹٦ محققی چینی به نام چانگ روشی را تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای بر مبنای تحلیل سلسله‌مراتبی فازی ارائه کرد که برای محاسبه در آن از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شد (عطایی ۱۳۸۹: ٦٤). اعداد فازی مورد استفاده در این مدل و به طور مشخص در پژوهش حاضر به صورت اعداد فازی مثلثی[3] است که به شکل $M=(m,\alpha,\beta)$ خواهد بود (مؤمنی ۱۳۹۲: ۸۷). فضای هندسی چنین مجموعه‌ای در محیط فازی در شکل ۳ آمده است.



شکل ۳. تابع عضویت اعداد مثلثی در محیط فازی

ساختار ریاضیاتی تابع عضویت اعداد فازی مثلثی نیز به صورت رابطه ۱ خواهد بود.

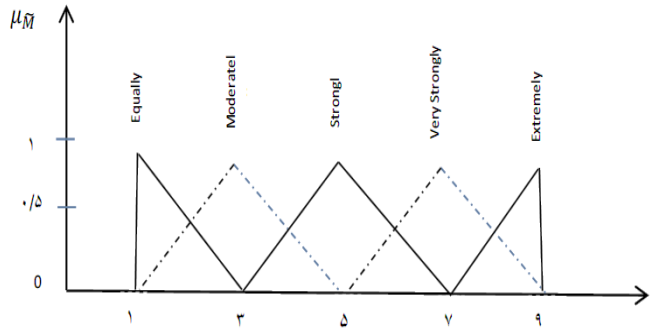
$$\begin{cases} 1-\dfrac{m-x}{\alpha}, & m-\alpha \le x \le m \\ 1-\dfrac{x-m}{\beta}, & m \le x \le m+\beta \\ \text{درغیراین‌صورت } 0 \end{cases} \qquad (۱)$$

بنابراین، بر اساس روش چانگ، مدل تحلیل سلسله‌مراتبی فازی دارای مراحلی بدین شرح است:

مرحلهٔ اول: در این مرحله نمودار سلسله‌مراتبی ترسیم می‌شود.

1. Larhorn
2. Pedricz
3. triangular fuzzy number

مرحلهٔ دوم: در این مرحله اعداد فازی به منظور مقایسه های زوجی تعریف می‌شوند. بر مبنـای مطالعاتی که در این خصوص صورت گرفته و نیز توصیهٔ چانگ، طیف فازی مورد استفاده در ایـن پژوهش در قالب شکل ٤ ارائه می‌شود.



شکل ٤. متغیرهای زبانی مورد استفادهٔ پژوهش

مرحلهٔ سوم: در این مرحله ماتریس مقایسهٔ زوجی تشکیل می‌شود که با به‌کارگیری اعداد فازی مثلثی در پژوهش حاضر به انجام رسید. (رابطه ۲)

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}\tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21}\tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{m1}\tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (۲)$$

مرحلهٔ چهارم: محاسبهٔ مقدار S_i از طریق روابط ۳ الی ۵ خواهد بود:

$$S_i = \sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1} \quad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i\right) \quad (٤)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} M_{gi}^{i}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}\right) \quad (۵)$$

در این روابط i شمارهٔ سطر و j شمارهٔ ستون است

مرحلهٔ پنجم: محاسبهٔ درجهٔ بزرگی S_iها برای همهٔ شاخص‌ها در این مرحله انجام می‌شود که در آن بزرگی دو عدد فازی $S_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $S_1 = (l_2, m_2, u_2)$ به صورت رابطهٔ (۷) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} 1 & \text{اگر } m_1 \geq m_2 \\ 0 & \text{اگر } u_2 \geq l_1 \\ \dfrac{l_2 - u_1}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} & \text{در غیر اینصورت} \end{cases} \quad (۶)$$

مرحلهٔ ششم: در این مدل محاسبهٔ وزن شاخص ها در ماتریس مقایسهٔ زوجی خواهد بود. بدین منظور از رابطهٔ زیر استفاده شده است:

$$d'(A_i) = \text{Min } V(S_i \leq S_k) \quad k = 1,2,\dots,n \quad (۷)$$

بنابراین، بردار وزن نرمالیزه‌نشده برای شاخص‌های پژوهش به صورت زیر خواهد بود:

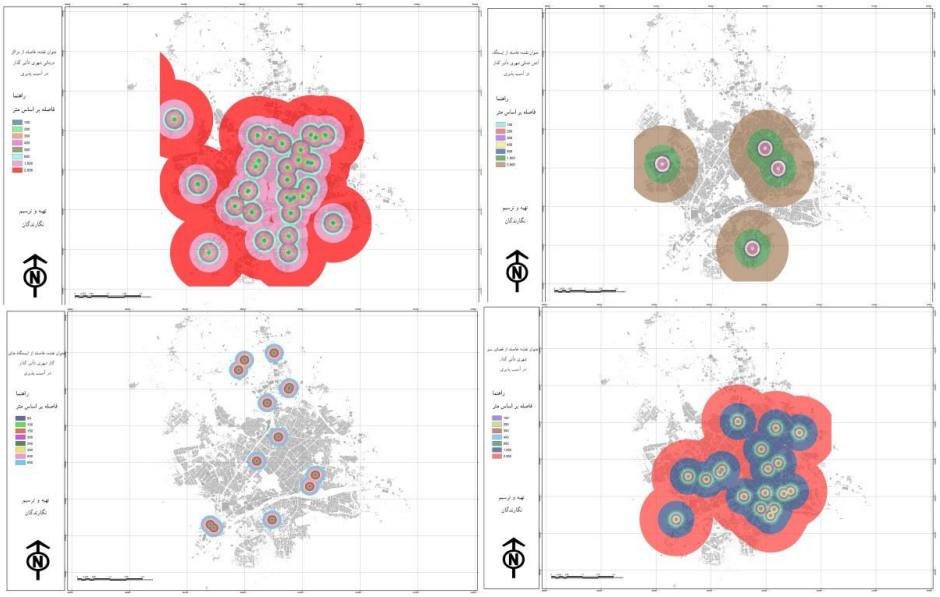
$$W'(d'(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (۸)$$

مرحلهٔ نهایی: در این مدل محاسبهٔ بردار وزن نهایی خواهد بود:

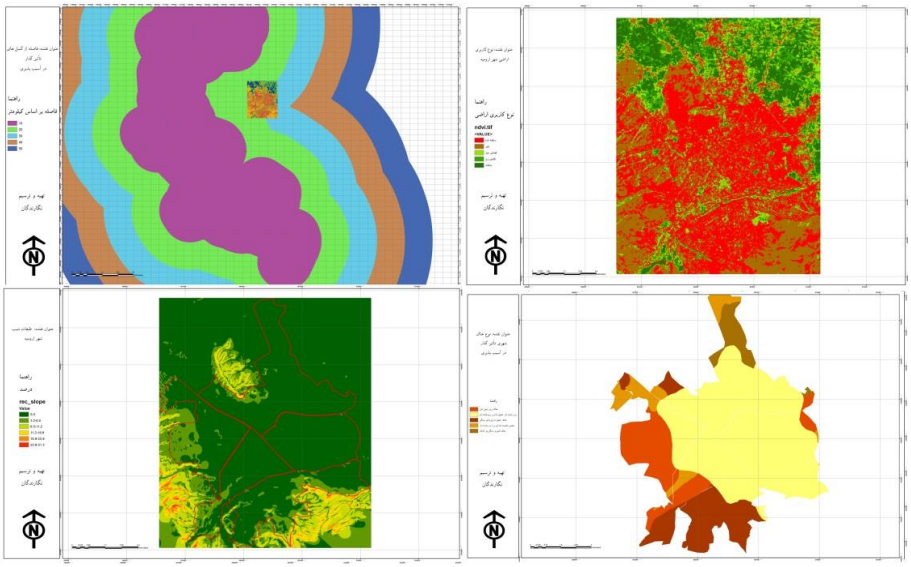
$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n)) \quad (۹)$$

بحث

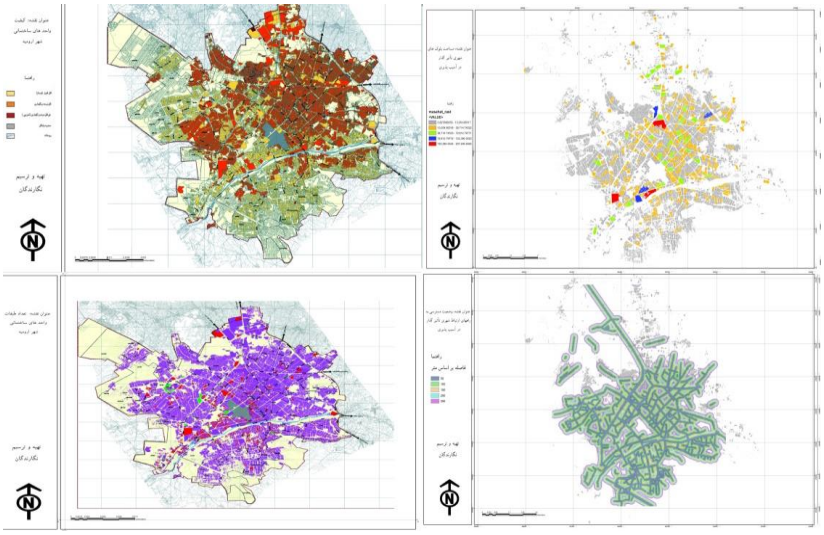
در مرحلهٔ تحلیل داده و اطلاعات پژوهش باید به ترسیم نقشه های مربوط به ۱۳ متغیر (فاصله از گسل، شیب، جنس زمین، نوع پوشش اراضی، فاصله از مراکز درمانی، تأسیسات شهری، فضای سبز، ایستگاه گاز شهری، آتش‌نشانی کیفیت ابنیه ، تعداد طبقات و مساحت ابنیه، و وضعیت دسترسی به ابنیه) مورد استفاده در قالب شاخص های تأثیرگذار سیلاب شهری محدودهٔ مورد مطالعه اقدام می‌شد. بنابراین، برای این کار ابتدا به تهیهٔ نقشهٔ پایه از منطقهٔ مورد مطالعه و تشکیل پایگاه داده‌ها و ترسیم لایه‌های مربوط به هر یک از متغیرهای سیزده‌گانه در قالب نرم‌افزار Arc GIS اقدام شد که نتیجهٔ آن به صورت شکل ۵ نمایان شد.



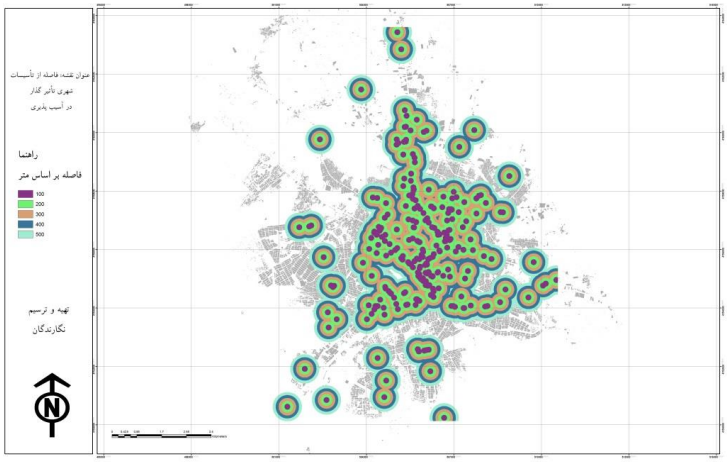
شکل ۵. (از راست به چپ) نقشهٔ فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی، مراکز درمانی، فضای سبز، ایستگاه‌های گاز شهری (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)



شکل ۶. (از راست به چپ) نقشهٔ نوع کاربری اراضی، فاصلهٔ شهر از گسل، جنس زمین، و طبقات شیب شهر (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)



شکل ۷. (از راست به چپ) نقشهٔ مساحت بلوک، کیفیت ساختمان‌ها، دسترسی به ابنیه، تعداد طبقات ساختمان‌ها (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)

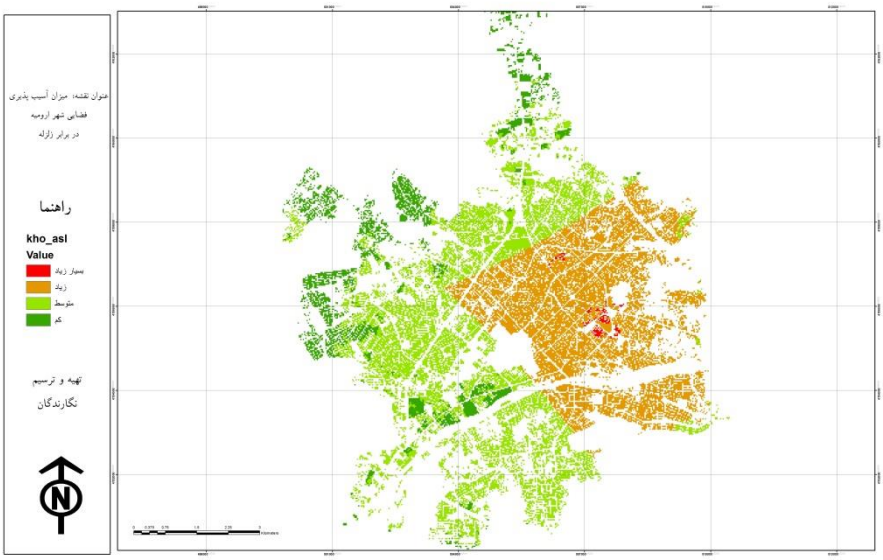


شکل ۸. فاصله از تأسیسات و تجهیزات مهم شهری تأثیرگذار در آسیب‌پذیری (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)

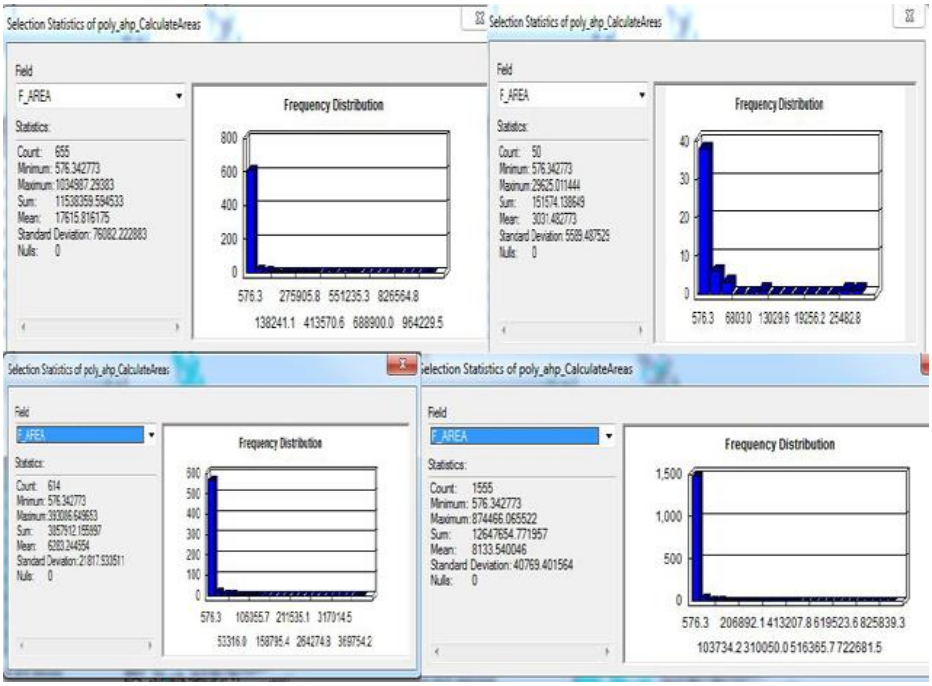
در ادامه پس از تهیهٔ نقشه ها برای دست‌یابی به نتیجهٔ مورد نظر از مدل سلسله‌مراتبی فازی استفاده شد. در این مدل بعد از وزن‌گذاری متغیرهای پژوهش در قالب اعداد فازی مثلثاتی متغیرها با وزن‌های متفاوت از حداقل وزن تا حداکثر وزن مشخص شدند که در جدول ۲ می‌توان مشاهده کرد:

جدول ۲. وزن نهایی لایه‌ها برای پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر (مأخذ: محاسبات نگارندگان ۱۳۹۹)

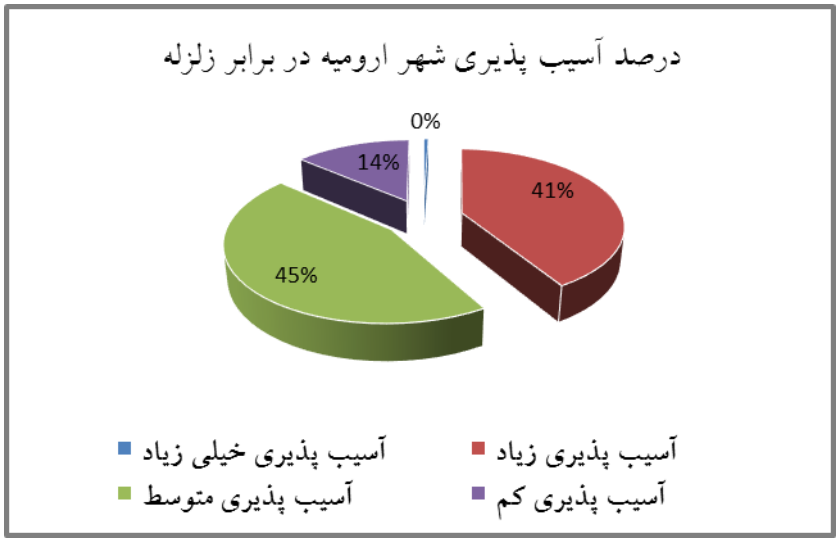
گزینه‌ها	وزن نرمال‌نشده	وزن نرمال‌شده
فاصله از گسل	۰/٦٤	۰/۱٤۱
شیب	۰/۳۸	۰/۰۸٤
جنس زمین	۰/۲۷	۰/۰٦۰
نوع کاربری اراضی	۰/۲٤	۰/۰۵۳
فاصله از مراکز درمانی	۰/۱۷	۰/۰۳۸
فاصله از فضای سبز	۰/۲۱	۰/۰٤٦
فاصله از ایستگاه‌های آتش‌نشانی	۰/۱٤	۰/۰۳۱
فاصله از ایستگاه‌های گاز شهری	۰/۱۸	۰/۰٤۰
فاصلهٔ تأسیسات شهری	۰/۱۹	۰/۰٤۲
تعداد طبقات ساختمان‌ها	۰/٤۵	۰/۰۹۹
مساحت ابنیه	۰/۳٤	۰/۰۷۵
کیفیت ساختمان‌ها	۱	۰/۲۲۱
وضعیت دسترسی به ابنیه	۰/۳۲	۰/۰۷۱



شکل ۹. نقشهٔ نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله در شهر ارومیه با استفاده از مدل Fuzzy AHP (مأخذ: نگارندگان ۱۳۹۹)



شکل ۱۰. (از راست به چپ) مساحت محدوده‌های آسیب‌پذیر در گریدهای ۱ تا ٤



شکل ۱۱. نمودار درصد مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله در شهر ارومیه با استفاده از مدل Fuzzy AHP (مأخذ: نگارندگان (۱۳۹۹

بر اساس شکل ۱۰ شرق شهر ارومیه در برابر زلزله بسیار آسیب‌پذیر است. به بیان دقیق‌تر حدود ٤٢ درصد از شهر ارومیه در مقابل زلزله بسیار آسیب پذیر است. این مناطق اغلب شامل منطقهٔ ۲ شهرداری ارومیه است. این مناطق به علت نوع بافت و مصالح به‌کاررفته در ساخت وساز آن دارای ایمنی کمتری است. این مناطق مساحتی بالغ بر ۱۱٦۸۹۹۳۳ متر مربع است که مرکز شهر تا شرق و جنوب شرقی شهر را در بر می‌گیرد. با وجود این، حدود ۵۸ درصد از سطح شهر در گرید آسیب پذیری متوسط و کم قرار می‌گیرد که این محدوده مساحتی بالغ بر ۱٦۵۰۵۵٦٦ متر مربع است که در غرب و شمال شهر قرار گرفته است. این محدوده از نظر ساخت وساز دارای مساکن و ساختمان‌های نوساز و اغلب شامل تعداد طبقات کم و کیفیت بالاست.

نتیجه

آسیب‌پذیری تابعی از میزان در معرض بودن و حساسیت یک سیستم نسبت به درجه‌ای که مکان‌ها و افراد آسیب می‌بینند است. موضوع آسیب‌پذیری و مدیریت آن توجهات بسیاری را در سال‌های اخیر، در میان برنامه‌ریزان، دولت‌ها و ملت‌ها به خود جلب شده است بلایای اتفاق‌افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیرتر شده و ریسک‌ها نیز افزایش یافته‌اند. با این حال، کاهش ریسک و آسیب‌پذیری اغلب تا بعد از وقوع سوانح نادیده انگاشته می‌شوند. ویژگی ها و شرایط حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی لزوم توجه به برنامه‌ریزی در زمینهٔ مصونیت شهرها در برابر انواع مخاطرات را نشان می‌دهد. با سیر توسعه در جوامع و پیچیده شدن فرایندهای درونی شهرها (کالبدی، ساختاری، اجتماعی، اقتصادی) آثار حوادث و بلایای طبیعی نیز در آن‌ها بسیار پیچیده و کاهش و کنترل آسیب‌پذیری بسیار مشکل‌تر شده است. بنابراین بررسی آثار سوانح طبیعی بر سکونتگاه‌های انسانی، به‌ویژه شهرها، از مسائل مهم و مورد توجه برنامه‌ریزان شهری است. پرواضح است که تا کنون عدم توجه به اصول مدیریت بحران سبب شده خسارات فراوانی از زلزله‌های متعدد بر جوامع سکونتگاهی تحمیل شود. مطالعات انجام‌شده در زمینهٔ پیشگیری نشان داده بررسی آسیب پذیری کالبدی در بافت شهرها و توجه به اصول و استانداردهای شهرسازی در راستای آن و به‌سازی و نوسازی بافت نیازمند اقدام تا حدّ زیادی می‌تواند در کاهش آثار وقوع

زلزله مؤثر واقع شود. وقوع احتمالی زلزله در شـهر ارومیـه و نگرانـی‌هـای مـرتبط بـا آن ارزیـابی آسیب‌پذیری کالبدی را ضروری ساخته است. در این تحقیق با توجه به شرایط خاص شهر ارومیـه از سیزده شاخص گوناگون از جمله فاصله از گسل، جنس زمین، تعداد طبقات ساختمان، وضعیت کیفیت ساختمان‌ها، وضعیت دسترسی، و ... برای بیان آسیب‌پذیری منطقه در برابـر زلزلـه اسـتفاده شد. نتایج نشان داد با توجه به نوع مصالح به‌کاررفته در ساخت مساکن، تعـداد طبقـات و کیفیـت ساختمان‌هـا، و وزن‌هـای اختصـاص‌داده بـه آن حـدود ٤۲ درصـد از مسـاحت شـهر ارومیـه کـه ۱۱٦۸۹۹۳۳ متر مربع است دارای پتانسیل بالای آسـیب‌پـذیری در برابـر زلزلـه اسـت. بـر اسـاس طبقه‌بندی به‌دست‌آمده درمی‌یابیم که مساحت زیادی از لکه‌های نارنجی و قرمز که در مرکز منطقـهٔ ٤ شهرداری ارومیه قرار گرفته است بیشترین همبسـتگی را بـا بافـت‌هـای فرسـوده دارد و درجـهٔ آسیب‌پذیری بالایی را به خود اختصاص داده است؛ موضوعی که محمودی و همکـارانش (۱۳۹۹) نیز در مطالعهٔ خود در منطقهٔ ۲۰ شهرداری تهران بر آن تأکید کرده‌اند. از آنجا که ساکنان این بافـت معمولاً اقشار ضعیف و کم‌درآمد هستند و محلات این بافـت از لحـاظ وضـعیت دسترسـی دارای شرایط مناسبی نیست و همچنین فاصلهٔ کمی بـا تأسیسـات خطـرزا دارنـد، دارای اولویـت بـالای آسیب پذیری معرفی شده‌اند. از طرفی دیگر مناطق شمالی و غرب شهر ارومیه به علت نوساز بودن و دسترسی بهتر به شریان‌های اصلی و فضای سـبز دارای پتانسـیل کمتـری در برابـر زلزلـه‌خیـزی هستند. بنابراین با توجه به ارزیابی صورت‌گرفته در خصوص محدودهٔ مورد مطالعه منطقهٔ ۲ شـهر ارومیه باید از نظر ساخت وساز نوسازی یا بهسازی شود و کیفیت دسترسی به ابنیه در ایـن منطقـه بالا برود.

به طور کلی، از آنجا که مؤلفه‌های کالبدی فضای شهری نظیر ساختمان و ویژگی‌هـای کالبـدی آن‌ها، توزیع فضایی کاربری ها، حجم توده و فضاها همگی نقش تعیین‌کننده ای بر شـدت و میـزان آسیب‌پذیری شهرها و مجتمع‌های زیستی در مقابله با بحران‌هـا و سـوانح دارنـد نتـایج حاصـل از بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر ارومیه در برابر زلزلـه نشـان داد کـه پـایین بـودن کیفیـت ساخت و شاخصه‌های شهرسازی بخش‌های زیادی از محـلات منطقـهٔ ٤، بـالاخص نـوع مصـالح به‌کاررفته در ساخت، کم بودن عرض معابر، و ... آسیب پذیری این مناطق را در برابر زلزله افزایش

داده و این آسیب‌پذیری و ناپایداری را به‌تنهایی نمی‌توان معلول یک معیار آسیب‌پذیری خاص دانست؛ بلکه این معضل برآیند مجموعه‌ای از مشکلات و کمبودهاست که در کنار هم و به عنوان یک مجموعه آسیب‌پذیری این بافت ها را تحت تأثیر قرار داده است که این نتایج با نتایج مطالعاتی نظیر مارسیو و همکارانش (۲۰۱۸)، گل‌مختاری و همکارانش (۱۳۹۷)، کاظمی‌نیا و همکارانش (۱۳۹٦) هم‌سو بوده است.

منابع

احدنژاد روشنی، محسن (۱۳۸۸). «مدل‌سازی آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، مطالعهٔ موردی: شهر زنجان»، رسالهٔ دکتری رشتهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکدهٔ جغرافیا دانشگاه تهران.

اسمیت، کیت (۱۳۸۲). *مخاطرات محیطی*، مترجمان: ابراهیم مقیمی و شاپور گودرزی، سمت.

امینی ورکی، سعید؛ مهدی مدیری؛ فتح‌الله شمسایی؛ علی قنبری‌نسب (۱۳۹٤). «تدوین و ارائهٔ الگوی ارزیابی تهدیدات، آسیب‌پذیری، و تحلیل خطرپذیری زیرساخت‌های حیاتی با تأکید بر پدافند غیرعامل»، *مدیریت بحران*، د ٤، پاییز و زمستان ۱۳۹٤، ص ٦۹ ـ ۸۵.

بیات، بهرام (۱۳۸۷). «تبیین جامعه‌شناختی احساس امنیت در بین شهروندان تهرانی»، رسالهٔ مقطع دکتری، دانشکدهٔ علوم و ادبیات انسانی، گروه جامعه‌شناسی، دانشگاه اصفهان.

پوراحمد، احمد؛ کرامت‌الله زیاری؛ علی‌رضا صادقی (۱۳۹۷). «تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی بافت های فرسودهٔ شهری در برابر زلزله، نمونهٔ موردی: منطقهٔ ۱۰ شهرداری تهران»، *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، س ۸، ش ۱، ص ۱۱۱ ـ ۱۳۰.

حبیبی، کیومرث؛ علی سرکارگر اردکانی؛ زاهد یوسفی؛ مصطفی صفدرنژاد (۱۳۹۱). «پیاده‌سازی الگوریتم‌های سلسله‌مراتبی فازی جهت تعیین آسیب‌پذیری چندعامله هستهٔ مرکزی شهرها، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ٦ تهران»، *مدیریت بحران*، ش ۲، ص ٦۷ ـ ۷٦.

حبیبی، کیومرث؛ مصطفی بهزادفر؛ ابوالفضل مشکینی؛ سعید نظری (۱۳۹۲). «تهیهٔ یک مدل پیش‌بینی ناپایداری بافت‌های کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله‌مراتبی وارون و GIS»، *علوم زمین*، س ۲۲، ش ۸۷، ص ۸۳ ـ ۹۲.

دربان‌آستانه، علی‌رضا؛ محسن شیخ‌زاده؛ سعید بازیگر (۱۳۹۷). «راهبردهای کاهش آسیب پذیری بافت مسکونی در برابر خطر زلزله، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ٦ شهر تهران»، *جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری*، د ٦، ش ۲، ص ۲٦۵ ـ ۲۸۸.

زنگی‌آبادی، علی؛ نازنین تبریزی (۱۳۸۸). «زلزلهٔ تهران و ارزیابی فضایی آسیب پذیری مناطق شهری»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۵۵، ص ۱۱۵ ـ ۱۳۰.

زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۵). *اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، یزد، انتشارات دانشگاه یزد.

شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ محمد شیخی (۱۳۸۹). «پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیری محیطی در ناحیهٔ

غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی»، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ش ۷۳، ص ۵۳ ـ ٦٨.

عطایی، محمد (۱۳۸۹). *تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فازی*، چ ۲، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

عیسی‌لو، شهاب‌الدین؛ غلامرضا لطیفی (۱۳۹۵). «ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی بافت منطقهٔ ۱ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از روش IHWP در سیستم اطلاعات جغرافیایی»، *اطلاعات جغرافیای سپهر*، د ۲۵، ش ۱۰۰، ص ۷۳ ـ ۸۷.

غفوری زرندی، علی‌رضا؛ محمدرضا قائم‌قامیان؛ کامبد امینی حسینی (۱۳۸۸). «زمین‌لرزه؛ توسعهٔ پایدار روستایی و مدیریت خطرپذیری»، نخستین همایش ملی توسعهٔ پایدار روستایی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ص ۱ ـ ۳.

فرجی سبکبار، حسن‌علی؛ بهزاد قادری؛ محمد رضایی نریمیسا (۱۳۹۵). «عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقهٔ ٦ شهر تهران و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری در مواجه با بحران‌های طبیعی»، *مطالعات مدیریت شهری*، س ۸، ش ۲۸، ص ۱ ـ ۱۰.

کاملی‌فر، محمدجواد (۱۳۹۱). «ارزیابی آسیب پذیری شبکهٔ معابر شهری در برابر زلزله با رویکرد مدیریت بحران، نمونهٔ موردی: منطقهٔ ۱ شهر تبریز»، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشکدهٔ علوم انسانی دانشگاه زنجان.

کرمی، محمدرضا؛ سهراب امیریان (۱۳۹۷). «پهنه‌بندی آسیب پذیری شهری ناشی از زلزله با استفاده از مدل Fuzzy-AHP، مطالعهٔ موردی: شهر تبریز»، *برنامه ریزی توسعهٔ کالبدی*، س ۳، ش ٦ (سری جدید)، پیاپی ۱۰، ص ۱۱۰ ـ ۱۲٤.

کلی مختاری، لیلا؛ علی شکاری‌بادی؛ زهرا بشکنی (۱۳۹۷). «ارزیابی میزان آسیب پذیری محدودهٔ شهری کاشان در برابر خطر زلزله با استفاده از مدل IHPW»، *مخاطرات محیط طبیعی*، د ۷، ش ۱٦، تابستان ۱۳۹۷، ص ۱۰۵ ـ ۱۲٦.

محمدی ده‌چشمه، مصطفی (۱۳۹۲). *ایمنی و پدافند غیرعامل شهری*، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.

محمدی ده‌چشمه، مصطفی؛ سعید حیدری‌نیا (۱۳۹٤). «مدل‌سازی مکانی هم‌جواری کاربری‌های ویژه از دیدگاه پدافند غیرعامل در کلان‌شهر اهواز»، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، د ۱۹، ش ۲، ص ۲۱۲ ـ

.۲۳٦

محمدی ده‌چشمه، مصطفی؛ رضا نظرپور دزکی (۱۳۹۵). «مدل‌سازی تلفات انسانی در سناریوی وقـوع زلزلهٔ شبانهٔ منطقهٔ ۱ شهر اهواز بر پایهٔ مدل کوبرن فازی»، *جغرافیـا و مخـاطرات محیطـی*، ش ۲۰، ص ۲۱ ـ ۳۸.

محمودی، لقمان؛ محمدتقی رضویان؛ مرتضی قورچی؛ عباس استادتقی زاده (۱۳۹۹). «به‌کارگیری مـدل شبکهٔ عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) در پهنه‌بندی آسیب پذیری شهری با تأکید بر زلزله (مـورد مطالعه: منطقهٔ ۲۰ شهرداری تهران)»، *مخاطرات محیط طبیعی*، د ۹، ش ۲٤، ص ۱۲۹ ـ ۱۵۰.

ملکی، سعید؛ سعید امان‌پور؛ مسعود صفایی‌پور؛ سید نادر پورموسوی؛ الیاس مودت (۱۳۹٦). «ارزیـابی طیف تاب‌آوری کالبدی شهرها در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های برنامـه‌ریـزی، نمونـهٔ مـوردی: شهر ایلام»، *برنامه‌ریزی توسعهٔ کالبدی*، س ۲، ش ۱، پیاپی ۵. ص ۹-۲۰

موسی‌وند، جعفر (۱۳۹۰). «تعیین کاربری بهینه در راستای کاهش مخاطرهٔ طبیعی زلزله، مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۱ تهران»، پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد، دانشگاه علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران.

مهدوی، داوود؛ الهام هزاریان (۱۳۹٦). «ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری کالبدی سکونتگاه‌های روسـتایی در برابر زلزله، مطالعهٔ موردی: روستاهای شهرستان یزد»، *برنامه ریزی توسعهٔ کالبـدی*، س ۲، ش ٤ (سری جدید)، پیاپی ۸، ص ۲۷ ـ ٤۵.

مهندسان مشاور طرح و آمایش (۱۳۹۲). طرح جامع شهر ارومیه.

مؤمنی، منصور (۱۳۹۲). *مباحث نوین تحقیق در عملیات*، انتشارات دانشگاه تهران.

هاشمی، مهدی؛ علی‌اصغر آل‌شیخ؛ محمدرضا ملک (۱۳۸۹). «پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزلـه بـه کمـک GIS، مطالعهٔ موردی: شهر تهران»، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، د ۱٦، شمارهٔ ویژه ۹۳.

References

Ahadnejad Roshani, M. (2009). "Modeling the vulnerability of cities to earthquakes, a case study. Zanjan", PhD Thesis in Geography and Urban Planning, Faculty of Geography, University of Tehran. (in Persian)

Ainuddin, S. & Routray, Jayant K. (2012). "Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2, pp. 25-36.

Amini Varki, S., Modiri, M., Shamsaii, F., & Ghanbari-Nasab, A. (2014). "Develop and present a model for assessing threats, vulnerabilities and risk analysis of critical infrastructure with emphasis on passive defense", Crisis Management Vol. 4, Fall and

Winter 2015, pp. 69-85. (in Persian)
Ataiee, M. (2010). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*, Second Edition, Shahroud University of Technology Press. (in Persian)
Burton, I., Kates, R. W, & White, G. F. (1999). *The environment as hazard*, Oxford university press, New York.
Cutter, S., Boruff, B., & Shirley, W. (2003). "Social Vulnerability to Environment Hazards", *Journal of social science quarterly*, 34, pp. 24242-261.
Darban Astaneh, A.l., Sheikhzadeh, M., & Bazigar, S. (2018). "Strategies to reduce the vulnerability of residential fabric to earthquake risk Case study: Tehran Region 6", *Quarterly Journal of Geography and Urban Planning*, Vol. 6, No. 2, pp. 265-288. (in Persian)
Design and planning consulting engineers (2013). Master plan of Urmia city.
Douglas, P., Fohnston, D., (2001)., Disaster and Communities: Vulnerability, Resilience and Preparedness, Disaster. *Prevention and Management*, (10), 965-3562.
Faraji Sabokbar, H.A., Ghaderi, B., & Rezaei Narimisa, M. (2016). "Factors Affecting Vulnerability in District 6 of Tehran and Vulnerability Zoning in the Face of Natural Crises", *Quarterly Journal of Urban Management Studies*, Year 8, No. 28, pp. 1-10. (in Persian)
Ghafouri Zarandi, A., Qaem-Qamian, M.R., & Amini Hosseini, K. (2009). "Earthquake; Sustainable Rural Development and Risk Management", *The First National Conference on Sustainable Rural Development*, Razi University, Kermanshah, pp. 1-3. (in Persian)
Gibson, G. (1997). "An Introduction To Seismology", *Disaster Prevention And Management*, Vol. 6, No. 5, Mcb University Press, Emerald Group Limited.
Gungor Haki, Z. (2003). Assessment of Social Vulnerability Using Geographic Information Systems: Pendik, Istanbul casestudy Msc Thesis in *Middle East Technical University*, Turkey.
Habibi, K., Behzadfar, M., Meshkini, A., & Nazari, S. (2013). "Preparation of an equilibrium model of the instability of ancient urban textures against earthquakes with inverted hierarchical logic and GIS", *Quarterly Journal of Earth Sciences*, Vol. 22, No. 87, pp. 83-92. (in Persian)
Habibi, K., Sarkargar Ardakani, A., Yousefi, Z., & Safdar-Nejad, M. (2012). "Implementation of fuzzy hierarchical algorithms to determine the multi-factor vulnerability of the core of cities Case study; District 6 of Tehran", *Journal of Crisis Management*, No. 2, pp. 67-76. (in Persian)
Hashemi, M., Al-Sheikh, A.A., & Malek, M.R. (2010). "GIS Earthquake Vulnerability Zoning Case Study: Tehran", *Environmental Science and Technology*, Vol. 16, Special Issue 93. (in Persian)
Isa Lu, SH. & Latifi, Gh. (2016). "Evaluation of Physical Vulnerability of Tissue in District One of Tehran against Earthquake Using IHWP Method in Geographic Information System", *Sepehr Geographical Information Quarterly*, Vol. 25, No. 100, pp. 73-87. (in Persian)
ISDR (2004). living with risk: A global review of disaster reduction initiatives United Nations international strategy for disaster reduction.
Kamelifar, M.J. (2012). "Assessing The Vulnerability Of Urban Road Network To

Earthquakes With A Crisis Management Approach; Region 1 of Tabriz", Master Thesis, Faculty of Humanities, Zanjan University. (in Persian)

Karami, M. R. & Amirian, S. (2018). "Zoning of Urban Vulnerability Due to Earthquake Using Fuzzy-AHP Model Case Study: Tabriz", *Journal of Physical Development Planning*, Third Year, No. 6 (New series), 10 consecutive, pp. 110-124. (in Persian)

Keller, C. (2007). "Urban Riots In France, History, Pattern And The Significance Of Institutional Violence", *Journal of social justice*.

Kolly Mokhtari, L., Shekar-Buddy, A., & Beshkani, Z. (2018). "Assessing the vulnerability of Kashan urban area against earthquake risk using IHPW model", *Journal of Natural Environment Hazards*, Vol. 7, Issue 16, pp. 105-126. (in Persian)

Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A. (2009). "Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation, A comparison", *Nat Hazards 51*, pp. 501–524.

Mahdavi, D. & Hezarian, E. (2017). "Assessment and analysis of physical vulnerability of rural settlements to earthquakes Case study: Yazd villages, Scientific-Research", *Journal of Physical Development Planning*, Second Year, No. 4 (New Series), 8, pp. 27-45. (in Persian)

Mahmoudi, L., Razavian, M.T., Ghorchi, M., & Ostadzad-Taghizadeh, A. (2020). "Application of Multilayer Perceptron Neural Network (MLP) Model in Urban Vulnerability Zoning with Emphasis on Earthquake (Case Study, District 20 of Tehran Municipality)", *Journal of Environmental Hazards*, Vol. 9, No. 24, pp. 129-150. (in Persian)

Maleki, S., Amanpour, S., Safaeipour, M., Poor-Mousavi, S. N., & Mavedat, E. (2017). "Evaluation of the physical resilience spectrum of cities against earthquakes using case planning models: Ilam city", *Scientific-research journal of physical development planning*, Second Year, No. 1, Consecutive 5. (in Persian)

Melton, A. (2003). What come county natural hazard identification and vulnerability analysis, OECD Development Center, Working Paper No. 257.

Mitchell, T. & Harris, K. (2012). Resilience: a risk management approach, background note, ODI.P2-3.

Moe, T. L. & pathranakul, P. (2006). "An Integrated Approach to Natural Disaster Prevention and Management, Emerald Group Publishing Limited of natural hazards", *Geographical Review*, Vol. 15, No. 3, pp. 396-411.

Mohammadi Deh-cheshmeh, M. & Nazarpour Dezaki, R. (2016). "Modeling human casualties in the scenario of the occurrence of a night earthquake in region one of Ahvaz city based on the fuzzy Coburn model", *Quarterly Journal of Geography and Environmental Hazards*, No. 20, pp. 21-38. (in Persian)

Mohammadi Deh-Cheshmeh, M. (2013). *Passive urban safety and defense*, Shahid Chamran University of Ahvaz.

Mohammadi Deh-cheshmeh, M. & Heydariania, S. (2015). "Spatial modeling of the proximity of special uses from the perspective of passive defense in the metropolis of Ahvaz", *Quarterly Journal of Planning and Spatial Planning*, Vol. 19, No. 2, pp. 212-236. (in Persian)

Momeni, M. (2013). *New Topics in Operations Research*, University of Tehran Press.

Musavand, J. (2011). "Determining the optimal use in order to reduce the natural risk of earthquakes Case study: Tehran Region 1", Master Thesis, University of Geographical Sciences, Kharazmi University of Tehran.

Nagae, T., Fujihara, T., & Asakura, Y. (2012). "Ant seismic, Reinforcement strategy for an urban road network", *Transportation Research Part A*, No. 46, pp. 813-827.

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, P2.

New, Z. & Thwe Tun, K. (2016). Seismic Hazard Analysis using AHP-GIS, International conference on Civil, Architectural and Environmental Engineering (CAEE-16), At Bangkok, Thailand, pp. 25-29.

Paton, D. & Fohnston, D. (2001). "Disaster and Communities: Vulnerability, Resilience and Preparedness, Disaster", *Prevention and Management*, Vol. 10, No. 4, MCB University, ISSN, pp. 965-3562.

Poor-Ahmad, A., Ziari, K., & Sadeghi, A. (2018). "Spatial analysis of the components of physical resilience of worn-out urban tissues against earthquakes Case study: District 10 of Tehran Municipality", *Spatial Planning Quarterly (Geography)*, Year. 8, Vol. 1, pp. 111-130.

Shamsipoor, A. A. & Sheikhi, M. (2010). "Zoning Of Sensitive Logic And Environmental Vulnerability In The Western Region Of Fars, By Fuzzy Classification Method And Hierarchical Analysis Process", *Natural Geography Research*, No. 73, pp. 53-68. (in Persian)

Smith, K. (2003). Environmental hazards, Translated by Ebrahim Moghimi and Shapoor Goodarzi, Samat Publications.

UN (1991). *Mitigating Natural Disasters*, Phenomena, Effect and Options.

Xu, J. & Lu, Y. (2018). "Towards An Earthquake-Resilient World: From Postdisaster Reconstruction To Pre-Disaster Prevention", *Environmental Hazards*, 17(4), pp. 269–275

Zangiabadi, A. & Tabrizi, N. (2009). "Tehran Earthquake and Spatial Assessment of Vulnerability in Urban Areas", *Geographical Research Quarterly*, No. 55, pp. 115-130. (in Persian)

Ziari, K. (2006). *Principles and methods of regional planning*, Yazd, Yazd University Press.