

پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای مناطق شهری با در نظر داشتن تأثیر وضعیت کالبدی به کمک تئوری منطق فازی: مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی ۷ تهران

آزاده قدیمی حمزه‌کلایی^۱، غلامرضا قدرتی امیری^{۲*}، علیرضا قراگوزلو^۳، علیرضا وفایی نژاد^۴، و علی زارع حسین‌زاده^۵

۱- دانشجوی دکتری مهندسی عمران، گروه محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد، دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۳- دانشیار، آموزشکده‌ی سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- کارشناس ارشد مهندسی عمران-مهندسی زلزله، دانشکده‌ی مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

یکی از مهم‌ترین گام‌ها در طرح برنامه‌های بهسازی لرزه‌ای برای مناطق شهری در کلان‌شهرها، تعیین سطح خطرپذیری منطقه می‌باشد. شکی نیست که پیاده‌سازی هدفمند یک برنامه‌ی مدون بهسازی لرزه‌ای می‌تواند مناطق شهری را در برابر آسیب‌های ناشی از رخداد زلزله ایمن کند، اما هزینه‌های اجرایی زیاد و زمان‌بر بودن این طرح‌ها، از جمله اساسی‌ترین مشکلات آن‌ها می‌باشد. بنابراین، بدیهی است یک برنامه‌ی منسجم بهسازی لرزه‌ای زمانی کارآ خواهد بود که بتواند اولویت‌های اجرایی را از طریق شناسایی مناطق و محله‌های پرخطر، تفکیک نماید و در اولویت نخست، هدف اصلی خود را در راستای بهسازی چنین مناطقی متمرکز سازد. در این مقاله، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۷ شهر تهران مورد مطالعه قرار می‌گیرد. برای این منظور، ابتدا شاخص‌های اصلی مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری این منطقه، شناسایی می‌گردد. سپس، با در نظر داشتن عدم قطعیت‌های موجود در این شاخص‌ها، میزان تأثیر آن‌ها بر روی آسیب‌پذیری منطقه تعیین می‌شود. به‌منظور مدل‌سازی تأثیر هم‌زمان این شاخص‌ها و آموزش داده‌ها، از نرم‌افزار ArcGIS استفاده می‌گردد. نتیجه‌ی این مطالعه، مبین سطح آسیب‌پذیری محلات مختلف منطقه‌ی ۷ تهران است. در پایان، نتایج به‌دست آمده به‌صورت نقشه‌ی پهنه‌بندی سطح آسیب‌پذیری منطقه، ارائه می‌گردد. بر اساس این نتایج و با شناسایی محلات یا نواحی با خطر لرزه‌ای بالا، می‌توان تکنیک‌های بهسازی لرزه‌ای منطقه را به‌طور هدفمند پیاده‌سازی کرد. نتایج حاصل از این مطالعه، دیدی جامع از وضع موجود منطقه‌ی مورد مطالعه ارائه می‌نماید که با استفاده از آن می‌توان برنامه‌های بهسازی لرزه‌ای کارآمد و هدفمند را جهت ایمن‌سازی منطقه پیشنهاد کرد.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی سطح خطر، نرم‌افزار ArcGIS، آسیب‌پذیری لرزه‌ای، طرح بهسازی هدفمند، منطقه‌ی ۷ تهران.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	10.22065/jsce.2017.89829.1239	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
	http://dx.doi.org/10.22065/jsce.2017.89829.1239	۱۳۹۷/۰۸/۳۰	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۱۳۹۶/۰۷/۲۵	۱۳۹۶/۰۶/۰۵	۱۳۹۶/۰۳/۲۸
			*نویسنده مسئول:		غلامرضا قدرتی امیری	
			پست الکترونیکی:		ghodrati@iust.ac.ir	

Seismic zoning of urban areas considering the effect of physical conditions using Fuzzy logic theory: case study of Tehran's 7th region

Azadeh Ghadimi Hamzehkolaei¹, Gholamreza Ghodrati Amiri^{2*}, Alireza Gharagozlu³, Alireza Vafaeinezhad⁴, and Ali Zare Hosseinzadeh⁵

1- PhD Student, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2- Professor, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

3- Associate Professor, School of National Surveying Organization, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

5- MSc in Civil Engineering-Earthquake Engineering, School of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

ABSTRACT

One of the most important steps in designing seismic rehabilitation programs for urban areas in metropolises is determining the region's risk level. There is no doubt of cast that the implementation of a seamless seismic rehabilitation program can secure urban areas against seismic damages. However, these plans face some difficulties in most cases. For instance, their execution costs are very high, or, they are really time-consuming in some cases. It is obvious that a coherent rehabilitation strategy will be effective if it can distinguish executive priorities by identifying areas with high level of risk, and focusing primarily on improving the general condition of these areas. In this paper, the seismic vulnerability of the 7th region of Tehran is studied. For this purpose, the main parameters that affect the vulnerability of the region are identified first. Then, considering the uncertainties in these parameters, their impact on the vulnerability of the region is determined. ArcGIS software is used not only to model the impact of these parameters, but also for data training. The results of this study show the vulnerability level of different parts of Tehran's 7th region. In fact, this study provides a comprehensive and meaningful overview of the current status of the studied region, which can help the engineers to design suitable seismic rehabilitation programs. The obtained results are presented as a map which reveals the vulnerability level of the region. Based on such a map, neighborhoods or areas with high seismic hazard are identified. Considering these classification, the seismic rehabilitation techniques can be offered purposefully.

ARTICLE INFO

Received: 18/06/2017

Revised: 27/08/2017

Accepted: 17/10/2017

Keywords:

Risk level zoning
ArcGIS software
Seismic vulnerability
Rehabilitation plan
Tehran's 7th region.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2017.89829.1239

*Corresponding author: Gholamreza Ghodrati Amiri.

Email address: ghodrati@iust.ac.ir

۱- مقدمه

زلزله، یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی است که ماهیتی غیر قابل پیش‌بینی داشته و همواره در طول زندگی بشر، جان و مال انسان‌ها را تهدید کرده‌است. کشور ایران، جزء یکی از زلزله خیزترین مناطق جهان می‌باشد که سالانه، زلزله‌های متعددی را تجربه می‌کند. با توجه به گسترش شهرها و افزایش جمعیت ساکن در آن‌ها و به‌منظور کاهش میزان تلفات جانی و مالی زلزله، لازم است میزان خطرپذیری مناطق مختلف شهری تعیین، و تهمیدات پیش‌گیرانه‌ی مناسب در دستور کار قرار گیرد. تولید نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای از جمله مواردی است که در برآورد خطرپذیری قبل از وقوع زمین لرزه ضروری به نظر می‌رسد. اهمیت این قضیه در شهرهای بزرگ و پر تراکم، نظیر کلان شهر تهران (که به خاطر تراکم جمعیتی و ساختمانی بالا و قرارگیری بر روی گسل‌های فعال، مستعد آسیب‌های ناشی از زلزله می‌باشد) دوچندان است.

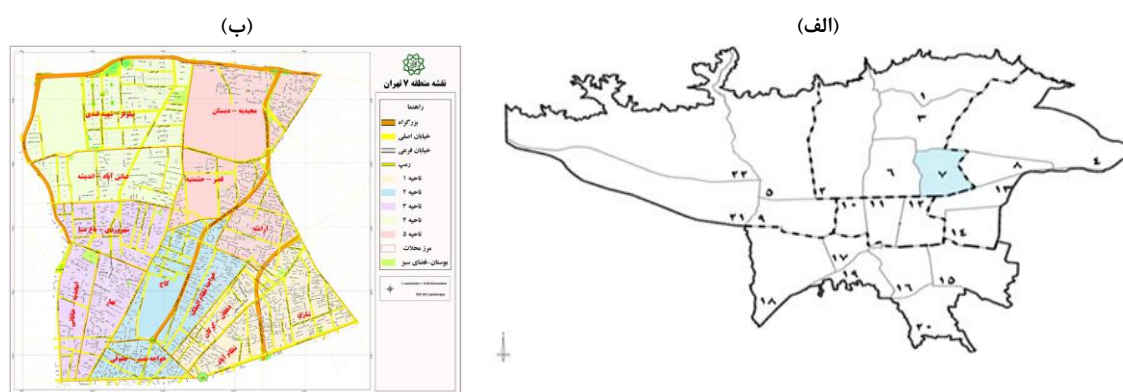
برای پهنه‌بندی لرزه‌ای مناطق شهری، لازم است در گام نخست تعریفی جامع پیرامون واژه‌ی «شهر» مطرح شود. آن‌چه در این‌جا به‌عنوان تعریف شهر حائز اهمیت است، این‌است که شهر، تنها مجموعه‌ای از ساختمان‌ها و سازه‌ها نیست؛ بلکه پدیده‌ای انسانی، اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی و کالبدی است که بین این عوامل ارتباطی تنگاتنگ و پیچیده وجود دارد. بنابراین، تعریف شهر به‌صورت مجموعه‌ای از عناصر کلیدی و مرتبط به‌هم، راهکار مناسبی است که با کمک آن‌ها می‌توان به روش‌های کاربردی و مناسبی جهت ارزیابی کالبد شهر و تعیین شاخص‌های آسیب‌پذیری دست یافت [۱]. درحقیقت، با این دیدگاه می‌توان شهر را با هدف کاهش خطرپذیری در برابر زلزله طوری طراحی و یا مقاوم‌سازی نمود که نه تنها میزان تلفات ناشی از بلایای طبیعی را به حداقل برساند، بلکه بودجه‌ی تخصیص یافته برای بهسازی مناطق شهری را به طرز حساب شده‌ای تفکیک نماید.

درسال‌های اخیر تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است. آژانس همکاری بین المللی ژاپن (جایکا) در سال ۱۳۸۰ مطالعات جامعی در مورد ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران انجام داد [۲]. خاکپور و همکاران [۳]، با مطالعه‌ی شاخص‌های مناسب منطقه‌ای شهر مشهد، نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای را برای یکی از مناطق این شهر تهیه کردند. در کنار این مطالعات، استفاده از تئوری منطق فازی، بستری مناسب جهت تلفیق عوامل مختلف دخیل در موضوع را جهت رسیدن به یک ارتباط منسجم و منطقی بین آنها فراهم آورده است. سیلاوی و همکاران [۴] با استفاده از روش سلسله مراتبی و مدل فازی شهودی، نقشه‌ی آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر تهران را تولید کردند. حبیبی و همکاران در [۵]، با انتخاب شاخص‌های آسیب‌پذیری و استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، به شناسایی پهنه‌های ناپایدار در شهر زنجان پرداختند. قدرتی امیری و همکاران [۶]، با استفاده از سیستم‌های استنتاج‌گر فازی، روشی سریع جهت ارزیابی لرزه‌ای و تعیین سطح خطر مدارس شهر تهران ارائه دادند.

در این مقاله، با کمک تئوری فازی، به بررسی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۷ تهران پرداخته شده است. منطق فازی، روشی کاملاً دقیق برای حالتی است که قضاوت‌های فردی و مبهم در مورد یک پدیده منحصربه‌فرد، وارد مدل‌های احتمالی یا ریاضی می‌گردد [۷]. این نظریه قادر است به بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی که نادقیق و مبهم هستند، صورت ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط وجود عدم اطمینان آماده سازد. درجه‌ی عضویت‌پذیری، اجتماع، اشتراک، متمم، ضرب، جمع و ... اساسی‌ترین مفاهیم موجود در یک مدل فازی است که به‌منظور تلفیق منسجم داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. در این مقاله، با توجه به شاخص‌ها و پارامترهای اساسی موثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای (پارامترهایی نظیر تراکم شهری (ساختمانی و جمعیتی)، شبکه‌ی ارتباطی، اندازه‌ی قطعات، دسترسی به فضای باز و مراکز امداد و نجات، فاصله از مراکز بحرانی و خطرناک و نیز فاصله از گسل)، آسیب‌پذیری منطقه‌ی ۷ شهر تهران مورد بررسی قرار گرفته است. این کار، با کمک نرم افزار ArcGIS صورت پذیرفته است. این نرم افزار، ابزاری قدرتمند جهت تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و توصیفی می‌باشد که در مطالعات و تحقیقات مختلفی از آن استفاده شده است [۹-۱۱]. نتیجه‌ی این مطالعه، به‌صورت نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۷ تهران، خلاصه شده است. بر اساس این پهنه‌بندی و با توجه به این‌که استراتژی به‌کار رفته در تهیه‌ی این نقشه بر پایه‌ی تلفیق عوامل مختلف دخیل در آسیب‌پذیری یک منطقه استوار می‌باشد، می‌توان نقاط خطرپذیر منطقه را شناسایی و اولویت‌های بهسازی و مقاوم‌سازی منطقه را بر اساس آنها تفکیک نمود.

۲- وضعیت عمومی منطقه ۷ تهران

منطقه ۷ تهران، با مساحتی معادل با ۱۵۴۰ هکتار در حوالی مرکز شهر تهران قرار گرفته و دارای ۵ ناحیه و ۱۶ محله می باشد و از شمال به مناطق ۳ و ۴، از جنوب به مناطق ۱۲ و ۱۳، از غرب به منطقه ۶ و از شرق به منطقه ۸ منتهی می گردد (شکل ۱-الف). این منطقه، حدوداً ۱/۲٪ از مساحت کل شهر را به خود اختصاص داده است و از لحاظ وسعت مقام پانزدهم را در بین مناطق شهر تهران دارا می باشد. طبق آمار رسمی مرکز آمار نفوس و مسکن (سال ۱۳۸۵)، جمعیت این منطقه حدوداً ۳۲۹۹۲۰ نفر بوده و از حیث شمار جمعیت، هشتمین منطقه، در بین مناطق ۲۲گانه شهر تهران می باشد [۱۲]. مرز شمالی این منطقه بزرگراه رسالت، مرز شرقی آن خیابان سبلان و قسمت جنوبی خیابان مجیدیه (استاد حسن بنا)، مرز جنوبی خیابان های انقلاب و دماوند، و مرز غربی آن بزرگراه مدرس و خیابان شهید دکتر مفتاح می باشد [۱۳]. در شکل ۱-ب، جزییات تقسیم بندی محلات و نواحی این منطقه قابل مشاهده است.



شکل ۱: (الف) موقعیت منطقه ۷ در شهر تهران [۱۳]، (ب) جزییات شهری منطقه ۷ [۱۴].

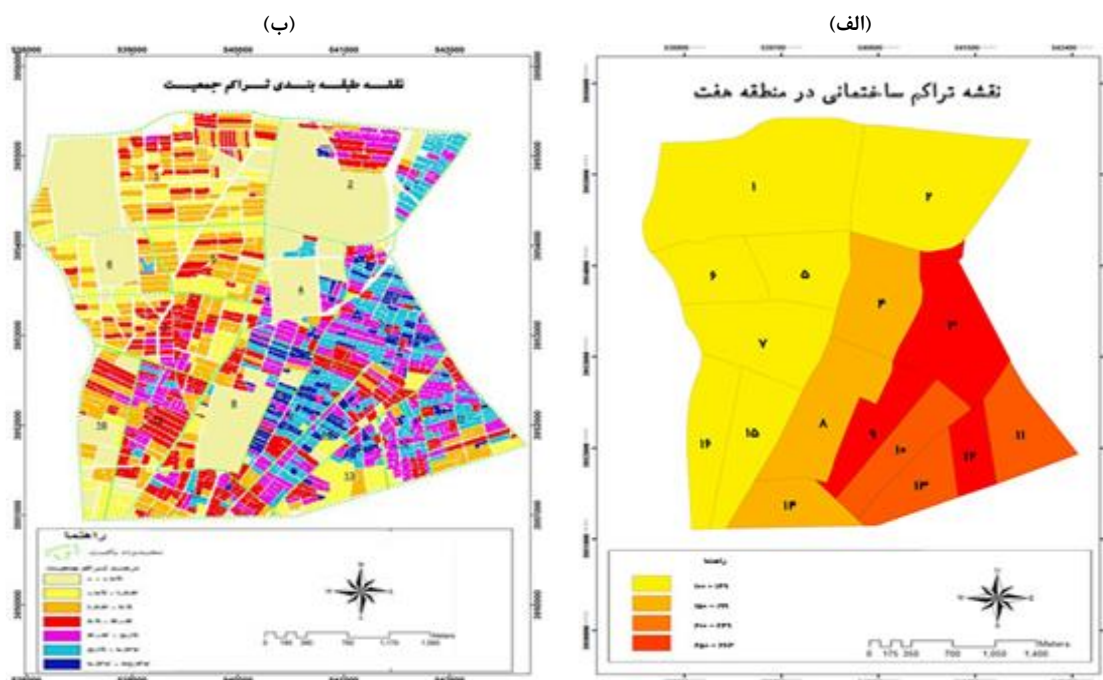
۳- نحوه مدل سازی

هدف اصلی این مقاله، تهیه نقشه پهنه بندی آسیب پذیری لرزه ای برای منطقه هفت تهران می باشد. برای این منظور، اطلاعات مربوط به مشخصات اصلی منطقه از منابع مرتبط استخراج شده و به فرمت مناسب قابل آنالیز، تبدیل می گردد. سپس، با کمک تئوری منطق فازی و با نرم افزار ArcGIS، نقشه پهنه بندی آسیب پذیری منطقه ترسیم می گردد. جزییات مدلسازی، در ادامه این بخش، تشریح می شود.

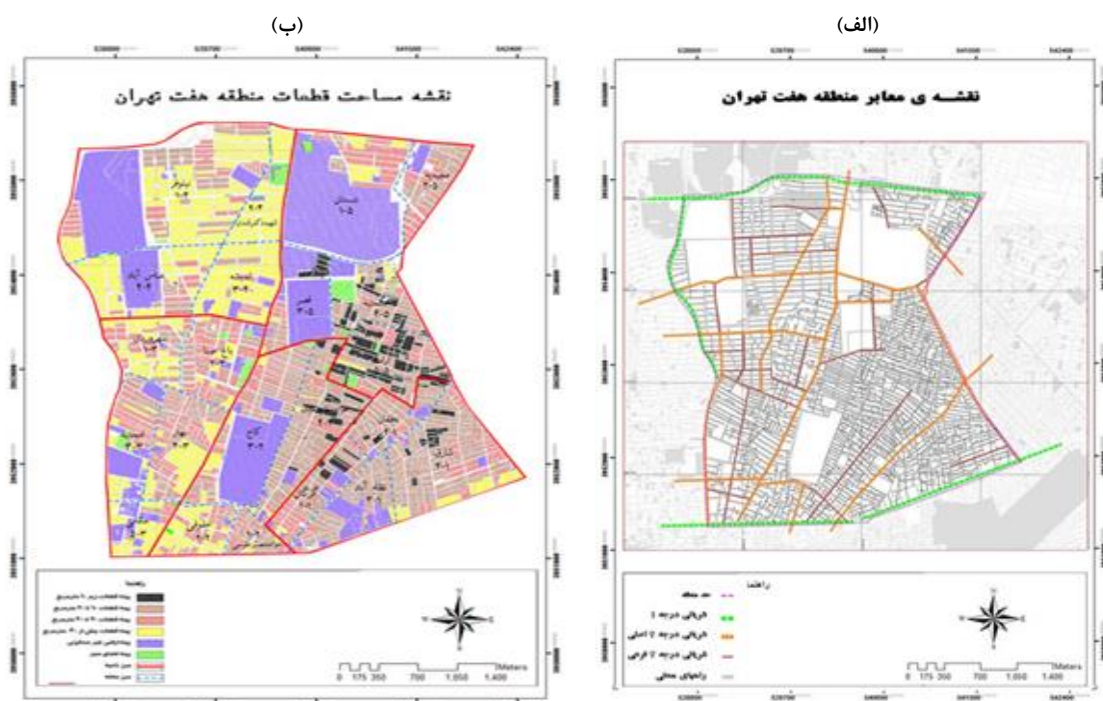
۳-۱- انتخاب معیارهای اصلی و آماده سازی داده ها

معیارهای اصلی در ارزیابی آسیب پذیری هر منطقه، به صورت مشخصات و ویژگی های بارز آن منطقه تعریف می شوند که هر کدام از آن ها تأثیر مشخصی در میزان آسیب پذیری منطقه دارند. به عنوان نمونه، تراکم جمعیتی، یکی از مهم ترین و اصلی ترین معیارها می باشد و تأثیر آن، به این صورت است که اساساً هر چقدر تراکم جمعیتی زیادتر باشد، نرخ آسیب پذیری منطقه نیز بیشتر خواهد شد. معیارهایی که در این مقاله در نظر گرفته شده است عبارتند از: تراکم جمعیتی، تراکم ساختمانی، دسترسی معابر، مساحت قطعات مسکونی، مراکز امداد و نجات، مراکز بحرانی (نظیر ایستگاه های سوخت گیری)، گسل های موجود در منطقه و فضاهای باز. به منظور تعیین تأثیر این معیارها در خطرپذیری منطقه، ابتدا لازم است داده های خام مورد نظر، بر اساس نکته اصلی و کلیدی موجود در هر معیار، مرتب و در فرمت مناسب (از نظر نگارش داده ها) آماده شود.

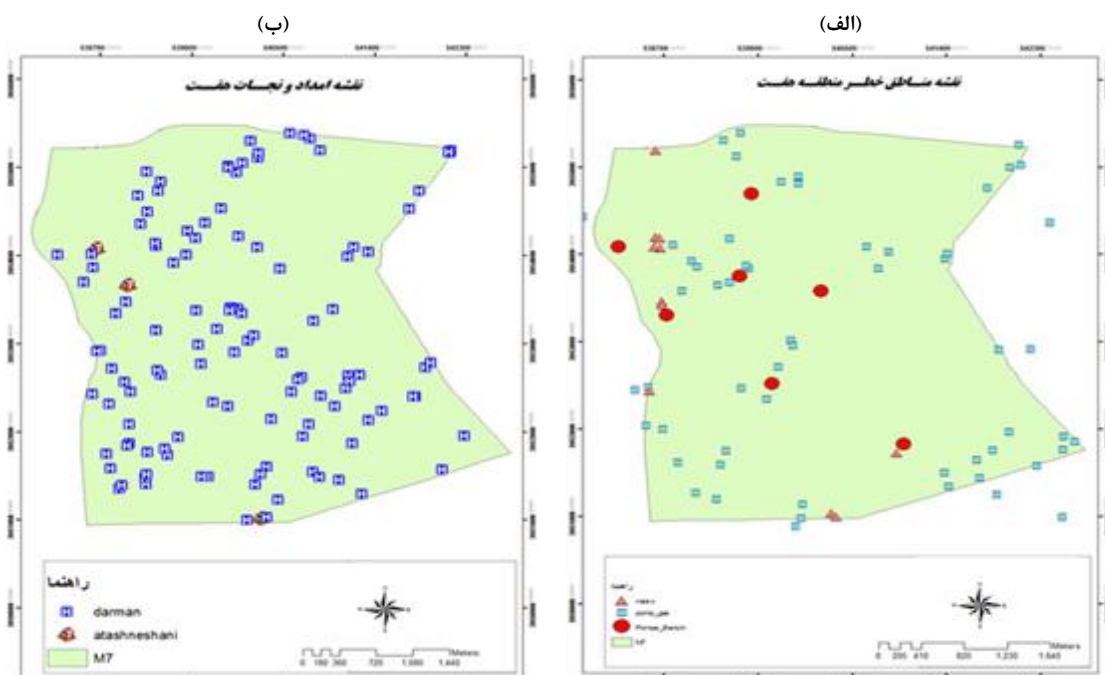
در شکل های ۲ تا ۵، معیارهای هشت گانه در فرمت مناسب با قابلیت معرفی به نرم افزار، نشان داده شده اند.



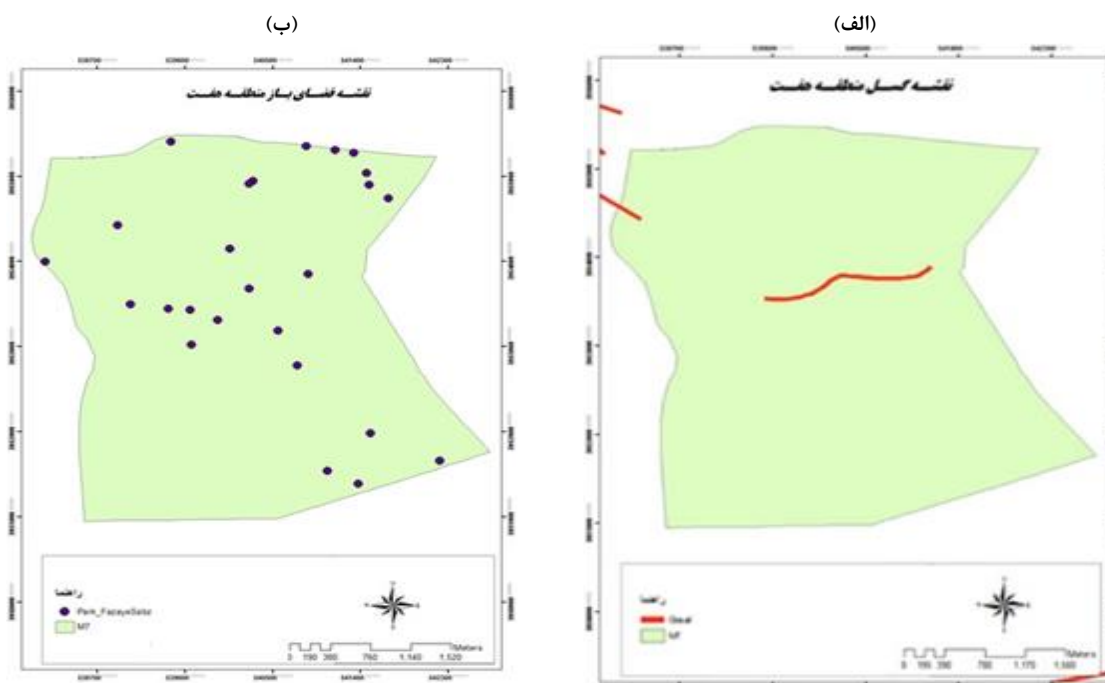
شکل ۲: (الف) نقشه تراکم ساختمانی منطقه ۷ تهران، (ب) نقشه تراکم جمعیت منطقه ۷ تهران.



شکل ۳: (الف) نقشه شبکه معابر منطقه ۷ تهران، (ب) نقشه مساحت قطعات منطقه ۷ تهران.



شکل ۴: (الف) نقشه مراکز بحرانی منطقه ۷ تهران، (ب) نقشه مراکز امداد و نجات منطقه ۷ تهران.



شکل ۵: (الف) نقشه گسل های منطقه ۷ تهران، (ب) نقشه فضاهای باز منطقه ۷ تهران.

برای تولید لایه‌های اطلاعاتی قابل تحلیل با نرم‌افزار، لازم است نقشه‌ها به داده‌هایی نرمال شده (بی‌بعد) تبدیل شوند. این کار با استفاده از مبانی منطق فازی، صورت می‌پذیرد. تئوری فازی دامنه‌ی وسیعی از توابع عضویت را در مقایسه با سایر روش‌های استانداردسازی (نظیر تابع انتقال مقیاس خطی، تابع مقدار و احتمالات تجدیدنظر شونده) دارا می‌باشد. لذا، مدل مبتنی بر منطق فازی قادر است تا با به کارگیری توصیفات کیفی (غیر عددی) و با تعریف توابع عضویت مناسب مساله، داده‌هایی هم‌گون را جهت تولید لایه‌های اطلاعاتی فراهم نماید. این کار با کمک مدل فازی موجود در نرم افزار IDRISI صورت گرفته و معیارها با فرمت raster، به صورت نقشه‌های فازی بازنویسی می‌گردد. لازم به یادآوری است که تأثیرات منطقی هر معیار بر روی میزان آسیب‌پذیری هر منطقه، در این مرحله وارد مدل‌سازی شده و به صورت قواعد شرطی به نرم افزار تعریف می‌گردد. در این قواعد، صفر نشان دهنده‌ی مناطق با آسیب‌پذیری زیاد و یک نمایانگر مناطقی با آسیب‌پذیری کم می‌باشد.

نکته‌ی مهم در فازی‌سازی معیارها، انتخاب نقاط آستانه و تابع عضویت است. در این مقاله، برای پارامترهای «فاصله از گسل» و «مراکز بحرانی»، از توابع عضویت خطی کاهشی و برای مابقی معیارها از تابع خطی افزایشی استفاده شده است.

۳-۲- ارزش‌گذاری معیارها و اعتبارسنجی

بعد از فازی‌سازی معیارها، لازم است بر اساس اهمیت آن‌ها در میزان آسیب‌پذیری منطقه، ارزش‌گذاری صورت گیرد. این کار به منظور فراهم آوردن بستری مناسب و منطقی جهت تلفیق معیارها، انجام می‌پذیرد. برای این منظور، ابتدا رده‌های مختلف قابل تصور برای هر معیار، به تناسب میزان تأثیر در آسیب‌پذیری و بر اساس نظر کارشناسان، به مقادیری بین ۱ تا ۷ رتبه‌بندی می‌شوند. سپس یک مقایسه‌ی زوجی بین هر یک از معیارها صورت می‌گیرد تا اهمیت هر یک از معیارها در قیاس با سایر معیارها مشخص شود. هدف از انجام این مقایسه‌ها، تشکیل ماتریس تناسب می‌باشد. این ماتریس تعدادی مقایسه‌ی دوتایی را به‌عنوان ورودی دریافت و اوزان موردنظر را به‌عنوان خروجی تولید می‌کند. در مقاله‌ی حاضر، این آنالیز و تولید اوزان مربوط به تلفیق هر معیار، کمک نرم افزار expert choice 2000 و با استفاده از مدل AHP انجام شده است.

نظر به انجام مقایسه‌های زوجی معیارها و کنار گذاشتن تأثیرات انفرادی آن‌ها، احتمال بروز ناسازگاری در اوزان خروجی از نرم افزار expert choice وجود دارد. به‌منظور کنترل این عامل، نسبت سازگاری محاسبه و بررسی می‌شود. اگر نسبت سازگاری، عددی کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها قابل قبول است و گرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود [۱۵]. در مدل‌سازی صورت پذیرفته در این مقاله، نسبت سازگاری برابر با ۰/۰۴ بدست آمده که قابل قبول می‌باشد. لذا، با عنایت بر اوزان سازگار بدست آمده برای ترکیب زوجی معیارها، می‌توان نتیجه گرفت که رتبه‌ی اختصاص داده شده به معیارها، قابل قبول بوده و بالتبع همگرایی مناسبی بین قواعد شرطی تعریف شده برای معیارهای هشت‌گانه وجود دارد. ضرایب بدست آمده از این نرم‌افزار، در شکل ۶، نشان داده شده‌اند.



شکل ۶: ضریب هر کدام از شاخص‌های موثر در آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۷.

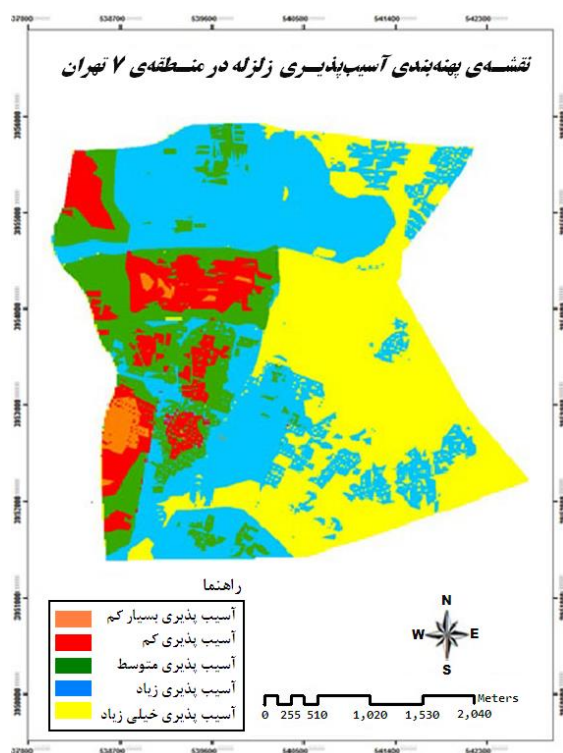
۳-۳- تلفیق معیارها و ترسیم نقشه‌ی آسیب‌پذیری منطقه

بعد از همگون‌سازی معیارها با کمک منطق فازی و بیان آن‌ها به صورت اعدادی در بازه‌ی صفر تا یک، می‌توان با کمک نرم‌افزار ArcGIS و با استفاده از عملیات Overlay، پهنه‌ی آسیب‌پذیری منطقه را مشخص کرد. در شکل ۷ نقشه‌ی بدست آمده از تلفیق لایه‌ها نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که پنج پهنه‌ی متفاوت، شامل آسیب‌پذیری بسیار کم، آسیب‌پذیری کم، آسیب‌پذیری متوسط، آسیب‌پذیری زیاد، و آسیب‌پذیری خیلی زیاد قابل تشخیص می‌باشد.

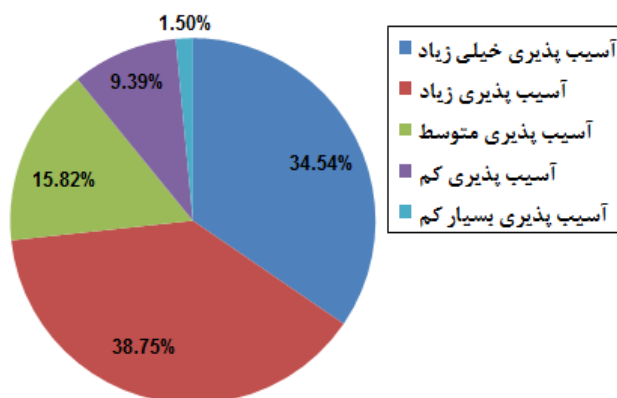
۴- تفسیر نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه

به منظور تفسیر نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری منطقه‌ی ۷ تهران و با استناد به شکل ۷، مساحت هر کدام از پهنه‌های پنج‌گانه‌ی آسیب‌پذیری، محاسبه و در شکل ۸ به صورت درصدی از مساحت منطقه ترسیم شده است. ملاحظه می‌شود که بخش اعظمی از منطقه، دارای سطح آسیب‌پذیری زیاد و خیلی زیاد است (مجموعاً چیزی بالغ بر ۷۰٪). لذا، این منطقه از حیث آسیب‌پذیری «متوسط به بالا» به شمار می‌آید. این موضوع، از منظر مطالعات تحلیل خطر لرزه‌ای هم، به خاطر قرارگیری بخشی از گسل شمال تهران در منطقه‌ی ۷، دور از انتظار نمی‌باشد. بنابراین واضح است که بهسازی لرزه‌ای این منطقه، از اولویت بالایی برخوردار است.

از سوی دیگر، از بررسی شکل ۷ می‌توان در مورد اولویت محلات مختلف، جهت مقاوم‌سازی منطقه، تصمیم‌گیری نمود. به عنوان مثال، در یک برنامه‌ی مدون بهسازی لرزه‌ای، تمرکز بر مقاوم‌سازی نواحی جنوب‌غربی و شمال‌غربی این منطقه، پیشنهاد می‌شود. یادآور می‌شود که باتوجه به نحوه‌ی تلفیق معیارها و مشخصات منطقه، تأثیر همزمان مهم‌ترین عوامل موثر بر آسیب‌پذیری منطقه در تفاسیر فوق لحاظ گردیده است و لذا، می‌توان از این نتایج به منظور مکان‌یابی نقاط مناسب جهت استفاده‌ی موقت به عنوان مراکز عمومی ارائه‌ی سرویس در شرایط بحرانی، استفاده نمود، که البته این مهم بر اساس نوع سرویس مدنظر و تعریف بحران مقطعی، می‌تواند متغیر باشد. همچنین، از این پهنه‌بندی می‌توان برای جانمایی درست مراکز امداد و نجات، تخصیص فضاهای بازکافی، تفکیک و تجمیع قطعات و جلوگیری از افزایش تراکم شهری در نقاط آسیب‌پذیر، استفاده کرد.

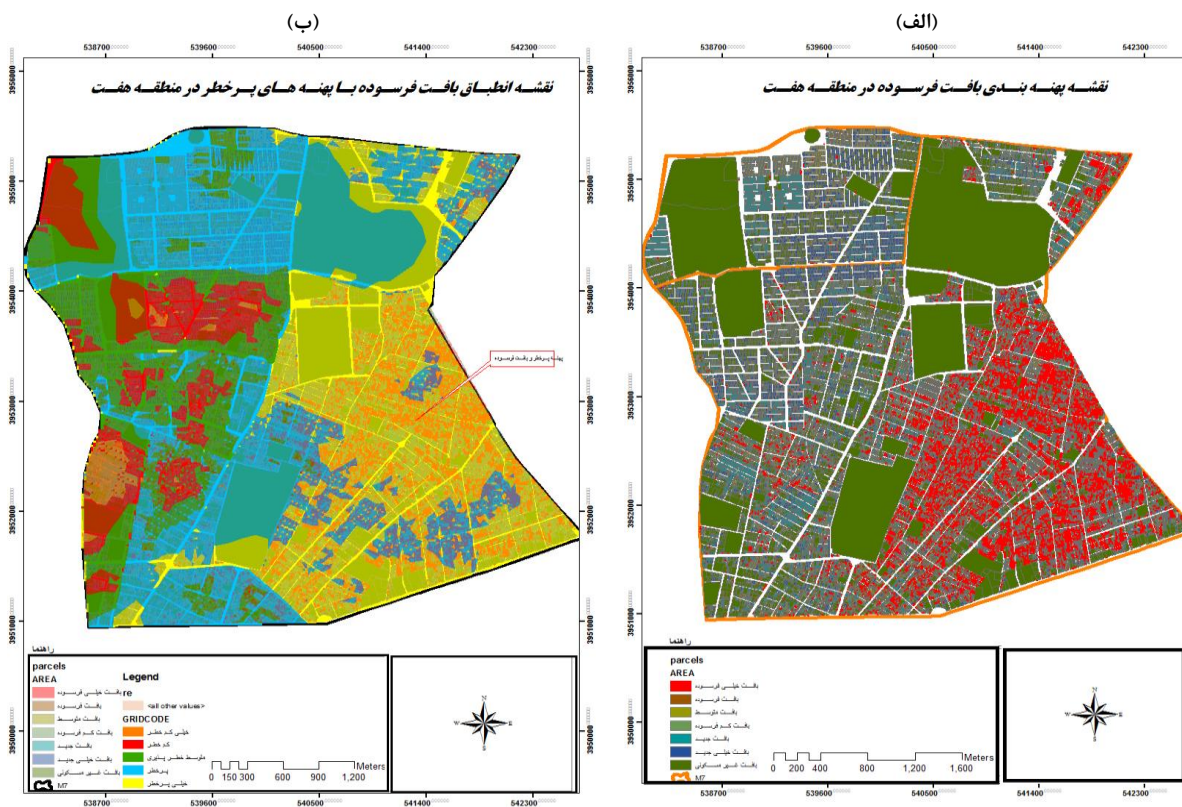


شکل ۷: نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه‌ی ۷.

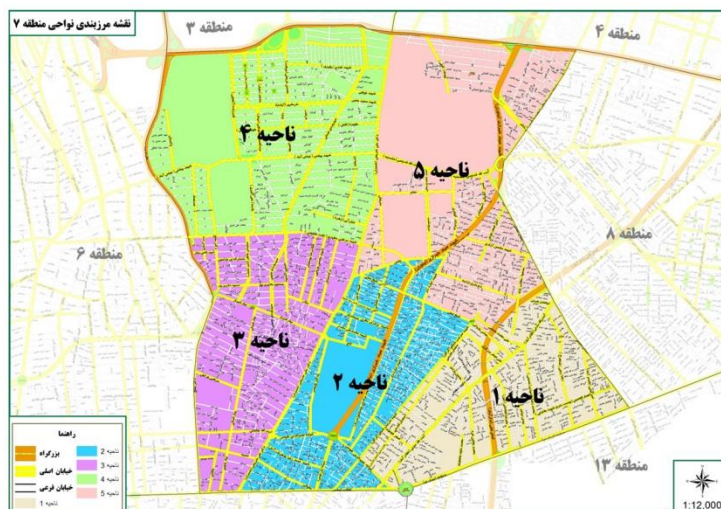


شکل ۸: مساحت پهنه‌های آسیب‌پذیری مختلف بر اساس درصدی از مساحت کل منطقه.

یکی از مهم‌ترین معیارها در ارزیابی لرزه‌ای یک منطقه از منظر شهرسازی، بررسی تاثیر بافت منطقه بر میزان آسیب‌پذیری منطقه می‌باشد. به منظور بررسی این امر، نقشه‌ی پهنه‌بندی بافت فرسوده‌ی منطقه‌ی ۷ تهران و نقشه‌ی مربوط به کنترل انطباق بافت فرسوده با پهنه‌های پرخطر این منطقه، به ترتیب در شکل‌های ۹-الف و ۹-ب ترسیم شده است. از بررسی این شکل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که اکثر بخش‌هایی که دارای بافت فرسوده هستند، دقیقاً در مناطقی قرار گرفته‌اند که دارای سطح خطرپذیری بالایی هستند (پهنه‌های پرخطر). بنابراین، توصیه می‌شود که عملیات بهسازی از مناطقی که دارای بافت فرسوده هستند آغاز شود. از سوی دیگر، تطابق بافت فرسوده با نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر حاکی از آن است که مدل‌سازی‌های انجام شده در این مقاله (اعم از نحوه‌ی مدل‌سازی پارامترهای موثر و سهم آن‌ها در انجام ارزیابی‌ها) از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است و این مهم می‌تواند به‌عنوان یک عامل صحت‌سنجی مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۹: (الف) نقشه‌ی پهنه‌بندی بافت فرسوده در منطقه‌ی ۷ تهران، (ب) نقشه‌ی انطباق بافت فرسوده با پهنه‌های پرخطر منطقه‌ی ۷ تهران.



شکل ۱۰: نواحی مختلف منطقه ۷ تهران [۱۴].

پایان بخش این قسمت، ارائه‌ی اولویت‌های بهسازی برای منطقه ۷ تهران می‌باشد. برای این منظور، نقشه‌ی ناحیه‌بندی شهری این منطقه (مطابق شکل ۱۰) در نظر گرفته می‌شود. با در نظر گرفتن نتایج به‌دست آمده از پهنه‌بندی خطر این منطقه (شکل ۷)، بدیهی است که طرح‌های بهسازی لرزه‌ای ابتدا باید در ناحیه‌هایی از این منطقه متمرکز گردد که سطح آسیب‌پذیری بالایی دارند. بنابراین، اولویت بهسازی با ناحیه‌های شهری شماره‌ی ۱، ۲، ۳ و ۴ مشخص شده در شکل ۱۰، می‌باشد. با در نظر داشتن شکل‌های ۹-الف و ۱۰، ملاحظه می‌شود که بیشتر سازه‌های فرسوده و قدیمی این منطقه، در ناحیه‌ی ۱ قرار گرفته‌اند. لذا، با عنایت بر اولویت بهسازی ذکر شده، لازم است در ابتدا اقدامات مناسب جهت بهبود شرایط ناحیه‌ی ۱ صورت پذیرد. از جمله این اقدامات، می‌توان به بررسی جزییات معابر، برنامه‌ریزی هدفمند برای تملک و تعریض معابر تنگ، بهسازی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی مهندسی‌ساز (با انجام مطالعات سلامت‌سنجی سازه‌ها)، تغییر کاربری احتمالی سازه‌های موجود (با توجه به میزان عمر مفید باقی‌مانده‌ی تخمینی) اشاره کرد. همچنین لازم است با توجه به تراکم منطقه، نقاط مناسب جهت احداث مراکز اسکان موقت (به‌منظور مدیریت بحران در لحظات اولیه‌ی رخداد بلایای طبیعی) در ناحیه‌های ۳ و ۴ مکان‌یابی شود. احداث چنین امکاناتی در نواحی ذکر شده، نه تنها امکان مدیریت مناسب وضعیت بحرانی را تسهیل می‌بخشد، بلکه میزان صدمات احتمالی ناشی از بازرخداد ویا تداوم بلایا بعد از رخداد اولین حادثه (نظیر رخداد پس‌لرزه‌ها بعد از زلزله‌ی اصلی) را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه ۷ تهران پرداخته شد. برای این منظور، هشت معیار مهم منطقه، به عنوان مهم‌ترین مشخصات و ویژگی‌های منطقه، در نظر گرفته شد. سپس، با کمک منطق فازی، داده‌های خام هر معیار به داده‌هایی مناسب تبدیل گردید. در ادامه، با استفاده از منطق فازی، قواعد کلی حاکم بر آسیب‌پذیری منطقه‌ی مورد مطالعه به‌صورت قواعد شرطی مناسب بازآرایی شده، میزان اثربخشی هر معیار با تخصیص ضرایب وزنی، مشخص شد. در نهایت، با کمک نرم افزار ArcGIS و با تلفیق معیارها، سطح آسیب‌پذیری منطقه به‌صورت نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری، مشخص گردید. نتایج عابده حاکی از آسیب‌پذیری بالای منطقه‌ی ۷ تهران می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده و با استفاده از نقشه‌ی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری، می‌توان اولویت‌های مقاوم‌سازی منطقه را مشخص کرد. به‌علاوه می‌توان از نتایج این مطالعه در جانمایی نقاط اسکان موقت در شرایط بحرانی استفاده نمود.

مراجع

- [1] Zangiabadei, A., Mohamadei, G., Safaei, H., Gaedrahmati, S. (2008). Vulnerability indicators assessment of urban housing against the earthquake hazard; case study: Isfahan housing. *Geography and Development Iranian Journal*, 6 (12), 61-79. (in Persian)
- [2] Jaika (2001). *Final Report of Greater Tehran Seismic Sub-Zoning Project*. (in Persian)
- [3] Khakpour, B.A., Zomorrodian, M., Sadeghi, S., Moghaddami, A. (2011). The analysis of physical-structural vulnerability of the Ninth District of Mashhad from a seismological perspective. *Journal of Geography and Regional Development*, 9 (16), 1-34. (in Persian)
- [4] Silavi, T., Delavar, M., Malek, M., Kamalian, N. (2005). Seismic vulnerability mapping using multi-criteria decision-making methods based on interval mathematics and spatial information systems. In: *1st International Conference on Integrated Natural Disaster Management*. Tehran, Iran. (in Persian)
- [5] Habibi, K., Pourahmad, A., Meshkini, A., Askari, A., Nazari Adli, S. (2008). Determining the structural/building factors affecting the vulnerability of the old structures of the city of Zanjan using Fuzzy Logic & GIS. *Honar-Ha-Ye-Ziba*, 10, 27-33. (in Persian)
- [6] Ghodrati Amiri, G., Asmari Saad Abad, S., Zare Hosseinzadeh, A. (2013). Earthquake risk assessment using fuzzy inference systems and its application in seismic rehabilitation studies. *Modares Civil Engineering Journal*, 13 (3), 71-84. (in Persian)
- [7] Vojoudi, M., Zare, M. (2006). Fuzzy inference model for seismic hazard analysis. In: *2nd International Conference on Integrated Natural Disaster Management*, Tehran, Iran. (in Persian)
- [8] Pourahmad, A., Habibi, K., Zahraei, S., Nazari Adli, S. (2007). Utilizing Fuzzy algorithm and GIS to locate the urban equipment. *Journal of Environmental Studies*, 33 (42), 31-42. (in Persian)
- [9] Sadrykia, M., Delavar, M.R., Zare, M. (2017). A GIS-based Fuzzy decision making model for seismic vulnerability assessment in areas with incomplete data. *International Journal of Geo-Information*, 6, doi:10.3390/ijgi6040119.
- [10] Demir, V., Kisi, O. (2016). Flood hazard mapping by using Geographic Information System and hydraulic model: Mert River, Samsun, Turkey. *Advances in Meteorology*, 2016, 4891015.
- [11] Taramelli, A., Melelli, L., Pasqui, M., Sorichetta, A. (2008). Estimating hurricane hazards using a GIS system. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8, 839-854.
- [12] Statistical Center of Iran. (2006). The general population and housing census results.
- [13] Housing and Urban Development in Tehran. (2006). The detailed design maps of District 7, Tehran.
- [14] *Shahrdari Region 7, Tehran*. [Online] Available at: <http://region7.tehran.ir>
- [15] Zebardast, A. (2001). The application of analytical hierarchy process in urban and regional planning. *Honar-Ha-Ye-Ziba*, 10, 13-21. (in Persian).