



## Modeling human casualties in different overnight earthquake scenarios based on the FAIM model (Case study: Kianpars neighborhood of Ahvaz metropolis)

Massoud Safaeipour<sup>1</sup> & alireza parvizia<sup>2</sup>

1. Professor of Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2. PhD Student in Geography and Urban Planning, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran (Corresponding Author)

### Abstract

**Background and objective:** Disasters in recent years have shown that communities and individuals have become increasingly vulnerable and risks have increased. However, risk reduction and vulnerability are often overlooked until after the disaster. The occurrence of a possible earthquake is predicted and examined in line with the main purpose of this study.

**Method:** This research is applied in terms of nature and descriptive-analytical in terms of implementation method. Theoretical data of the research were collected by library method and after extracting the indicators, spatial analysis of each index was obtained using FAIM model and GIS and Geoda software analysis.

**Findings:** Analyzes show that 35 deaths, 2,638 hospitalizations, 4,509 outpatients and 39,580 were healthy in the Style destruction scenario. In the average destruction scenario, 970 people died, 4509 were hospitalized, 7314 were hospitalized and 33969 were healthy. In the severe destruction scenario, 6079 people died, 7950 people were hospitalized, 10755 people were hospitalized and 21978 people were healthy. In the very serious destruction scenario, 7482 people died, 10288 people were hospitalized, 13093 people were hospitalized and 15899 people were healthy. Also in the scenario of complete destruction of 19172 deaths, 7482 hospitalizations, 9820 outpatients and 10288 healthy people.

**Conclusions:** In this research, we came to the conclusion that it is possible to calculate the degree of vulnerability to earthquakes using research indicators and to take control measures to reduce the effects of earthquakes based on prioritizing crisis management. Although in the event of an earthquake the central part of Kianpars neighborhood is more vulnerable, but in general it can be concluded that the use of the combined model FAIM in addition to assessing physical vulnerability in different parts of an area, can provide useful information about the situation during, before And after the occurrence of a crisis for the pathology of environmental rescue.

**Keywords:** Vulnerability, Earthquake, Human casualties, Kianpars neighborhood of Ahvaz metropolis

► **Citation (APA 6th ed.):** Massoud Safaeipour<sup>1</sup> & alireza parvizia<sup>2</sup>. (2022, Spring). Modeling human casualties in different overnight earthquake scenarios based on the FAIM model (Case study: Kianpars neighborhood of Ahvaz metropolis). *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK)*, 12(1), 31-46

## مدل سازی تلفات انسانی در سناریوهای مختلف زلزله شبانه بر پایه مدل FAIM (مطالعه موردی: محله کیانپارس کلان شهر اهواز)

مسعود صفایی پور<sup>۱</sup> و علیرضا پرویزیان<sup>۲</sup>

۱- استاد رشته جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. safae\_a@seu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (نویسنده مسئول) parvizia68@gmail.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** بلایای اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب پذیرتر شده و ریسک‌ها نیز افزایش یافته‌اند. با این حال، کاهش ریسک و آسیب پذیری اغلب تا بعد از وقوع سوانح نادیده انگاشته می‌شوند در پژوهش حاضر سعی شده نمای آسیب پذیری محله کیانپارس کلان شهر اهواز و میزان تلفات انسانی در زمان وقوع زلزله احتمالی پیش بینی و در راستای هدف اصلی این پژوهش بررسی گردد.

**روش:** این پژوهش به لحاظ ماهیت از نوع کاربردی و به لحاظ روش اجرا، توصیفی-تحلیلی محسوب می‌شود، داده‌های نظری پژوهش به روش کتابخانه‌ای جمع‌آوری و پس از استخراج شاخص‌ها، تحلیل مکانی هر شاخص با استفاده از مدل FAIM و تحلیل‌های نرم افزار GIS و Geoda به دست آمد.

**یافته‌ها:** تحلیل یافته‌ها نشان می‌دهد که در سناریوی تخریب سبک ۳۵ نفر مرگ، ۲۶۳۸ نفر مجروح بستری، ۴۵۰۹ نفر مجروح سرپایی و ۳۹۵۸۰ نفر سالم می‌باشند. در سناریوی تخریب متوسط ۹۷۰ نفر مرگ، ۴۵۰۹ نفر مجروح بستری، ۷۳۱۴ نفر مجروح سرپایی و ۳۳۹۶۹ نفر سالم می‌باشند. در سناریوی تخریب سنگین ۶۰۷۹ نفر مرگ، ۷۹۵۰ نفر مجروح بستری، ۱۰۷۵۵ نفر مجروح سرپایی و ۲۱۹۷۸ نفر سالم می‌باشند. در سناریوی تخریب خیلی سنگین ۷۴۸۲ نفر مرگ، ۱۰۲۸۸ نفر مجروح بستری، ۱۳۰۹۳ نفر مجروح سرپایی و ۱۵۸۹۹ نفر سالم می‌باشند. همچنین در سناریو تخریب کامل ۱۹۱۷۲ نفر مرگ، ۷۴۸۲ نفر مجروح بستری، ۹۸۲۰ نفر مجروح سرپایی و ۱۰۲۸۸ نفر سالم می‌باشند.

**نتیجه گیری:** در این تحقیق به این نتیجه دست یافتیم که می‌توان با استفاده از شاخص‌های تحقیق، میزان آسیب پذیری در برابر زلزله را محاسبه و بر مبنای اولویت بندی مدیریت بحران اقدامات کنترلی در جهت کاهش اثرات زلزله انجام داد. اگرچه در صورت وقوع زلزله بخش مرکزی محله کیانپارس آسیب پذیری بیشتری دارد، ولی در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مدل ترکیبی FAIM علاوه بر ارزیابی آسیب پذیری کالبدی در بخش‌های مختلف یک منطقه، می‌تواند اطلاعات مفیدی را از وضعیت حین، قبل و بعد از وقوع یک بحران جهت آسیب شناسی امداد و نجات محیطی ارائه دهد.

**کلیدواژه‌ها:** آسیب پذیری، زلزله، تلفات انسانی، سناریو، محله کیانپارس کلان شهر اهواز

◀ **استناد فارسی (شبه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** صفایی پور، مسعود؛ پرویزیان، علیرضا. (بهار، ۱۴۰۱). مدل سازی تلفات انسانی در سناریوهای مختلف زلزله شبانه بر پایه مدل FAIM (مطالعه موردی: محله کیانپارس کلان شهر اهواز). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*, 12(1), 31-46.

## مقدمه

بنابراین مسأله آسیب‌پذیری مناطق شهری نقش ویژه برنامه‌ریزان شهری را در مدیریت شهری آشکار می‌سازد. یکی از اصولی‌ترین روش‌های کاهش تأثیر زمین‌لرزه در مناطق شهری، شناسایی نواحی مستعد، درجه‌بندی میزان ریسک مناطق و ارزیابی خسارت‌ها و تلفات انسانی در زلزله با شدت‌های مختلف می‌باشد. برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در مقابل زلزله به برنامه‌ریزی بلندمدت به منظور تقویت زیرساخت‌ها و رعایت استانداردهای ساخت‌وساز نیاز است. هر نوع برنامه‌ریزی با تصمیم‌گیری همراه است و دستیابی به اطلاعات مورد نیاز تصمیم‌گیران، کمک بزرگی برای تصمیم‌گیری می‌باشد (شکيبا و ديگران، ۱۳۹۲: ۵۰).

ایران از جمله کشورهایی است که گسل‌های فراوان دارد و حرکت این گسل‌ها باعث رها شدن انرژی ذخیره شده و بروز زلزله‌های مکرر می‌گردد و تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی را در مناطق شهری به دنبال می‌آورد. در میان حدود ۵۰۰ شهر کشور که لرزه‌خیزی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است، تنها ۱۵ شهر کم‌خطر هستند و اکثر آن‌ها آسیب‌پذیری زیادی نسبت به زلزله دارند و ایران باید برای به حداقل رساندن خطرات زلزله آماده باشد (پرویزیان و احمدی، ۱۳۹۸: ۲). مهم‌ترین زمین‌لرزه‌های اهواز در سال (۱۳۵۷ ش) و (۱۳۷۹ ش) اتفاق افتاده‌اند. به‌عنوان قلمرو پژوهش حاضر، محله کیانپارس شهر اهواز به دلیل قرارگیری بر روی گسل اصلی و وجود کانون‌های زلزله از پتانسیل زلزله‌خیزی بالایی برخوردار است. از طرفی نظام چند نقشی کلان‌شهر اهواز و افزایش جمعیت بیش از یک میلیون نفر در کنار موقعیت ژئواستراتژیک و حساس این شهر، ضرورت توجه به اصول و راهبردهای ایمنی در مقابل زلزله و در قالب شهرسازی پایدار را در این شهر را گریزناپذیر کرده است.

## اهداف

هدف اصلی این پژوهش، مدل‌سازی تلفات انسانی در سناریوهای مختلف زلزله شبانه در محله کیانپارس کلان‌شهر اهواز می‌باشد و اهداف فرعی شامل: شناسایی طیف‌های مختلف آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری محله کیانپارس شهر اهواز، برآورد میزان تلفات انسانی در محله کیانپارس کلان‌شهر اهواز و به کارگیری

رشد سریع شهرنشینی شهرهای امروزی را با مسائل پیچیده‌ای مواجه ساخته است (پرویزیان و دیگران، ۱۳۹۷: ۳۵). تخمین زده می‌شود ۶۶ درصد از جمعیت جهان در سال ۲۰۵۰ در مناطق شهری سکونت داشته باشند. بنابراین شهرها، به‌منزله مناطقی که به‌سرعت در حال رشد و افزایش جمعیت هستند، در برابر انواع خطرات طبیعی مانند زلزله بسیار حساس و آسیب‌پذیر می‌باشند (امان‌پور و پرویزیان، ۱۳۹۹: ۳۸۶). در سال‌های اخیر توجهات بسیاری از برنامه‌ریزان، دولت‌ها و ملت‌ها به موضوع خطرپذیری و مدیریت آن جلب شده است. این موضوع به‌ویژه پس از نتایج فاجعه‌بار رویدادهای طبیعی در شهرهای بزرگ جهان مانند زلزله ۱۹۹۵ کوبه در هیوگوئی ژاپن، زلزله ۱۹۹۹ ازمیر در کشور ترکیه و همچنین زلزله و سونامی ۲۰۱۱ در شمال شرق ژاپن شدت و اولویتی بسیار بیشتری پیدا کرده است (محمدی ده چشمه و دیگران، ۱۳۹۸: ۱۴۹). جدا از افزایش بلایای طبیعی طی دهه‌های گذشته، افزایش قربانیان به دلیل افزایش آسیب‌پذیری جوامع شهری می‌باشد (رحمانی لیر، ۱۳۹۴: ۹۹). زلزله ۲۰۰۴ سوماترا بیش از ۳۰۰ هزار کشته و تلفات زلزله مارس ۲۰۱۱ ژاپن حدود ۳۰ هزار کشته داشت. بلایای اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به‌صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیرتر شده و ریسک‌ها نیز افزایش یافته‌اند. با این‌حال، کاهش ریسک و آسیب‌پذیری اغلب تا بعد از وقوع سوانح نادیده انگاشته می‌شوند (عین‌الدین و روتری، ۲۰۱۲: ۲۶)<sup>۱</sup>. متأسفانه تعداد زیادی از این شهرها به دلیل عدم برنامه‌ریزی با محدودیت فضا روبه‌رو هستند و این سبب می‌شود که از یک‌سو بافت شهری فشرده شود و در نتیجه، تراکم جمعیتی ساکن در آن افزایش یابد و از سوی دیگر، زمین‌های نامناسب از دید آسیب‌پذیری از بلایای طبیعی بیشتر توسط فقیرترین طبقات جامعه تصرف شود (ون وستن، ۲۰۰۶: ۶۳)<sup>۲</sup>. با توجه به دستورالعمل‌های سازمان ملل، آسیب‌پذیری را می‌توان به عنوان درصدی از خسارت‌های فرضی ناشی از تهدیدها ارزیابی کرد (عزیزی و دیگران، ۱۴۰۰: ۱۳۳). تحلیل و ارزیابی آسیب‌پذیری فرایندی برای تعریف، شناسایی و طبقه‌بندی تهدیدات بالقوه آسیب‌پذیری است (زارعی و دیگران، ۱۳۹۹: ۲۱۷).

1. Ainuddin and Routray, 2012

2. Van Westen, 2006



زیادی یافته و از ۱/۵ درصد به ۴۶ درصد رسیده است. حیبی و دیگران (۱۳۹۲) با هدف تهیه یک مدل پیش‌بینی ناپایداری بافت‌های کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله مراتبی وارون و سامانه اطلاعات جغرافیایی، شاخص‌های کالبدی-فضایی مؤثر بر آسیب‌پذیری شهرها در قالب مدل‌های برنامه‌ریزی را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند؛ با استفاده از مدل فازی ارائه شده می‌توان میزان تاب‌آوری و شهر را در برابر زلزله و دیگر بحران‌های طبیعی محاسبه کرد. محمدی ده چشمه و نظریور دزکی (۱۳۹۵) با هدف مدل‌سازی تلفات انسانی در سناریوی وقوع زلزله شبانه منطقه یک شهر اهواز بر پایه مدل کوبرن فازی با استفاده از روش توصیفی و تحلیلی به این نتیجه رسیدند که از نظر تلفات انسانی، ناحیه چهار با ۷۰۳۱ نفر بیشترین تلفات و ناحیه پنج با ۴۲۵ نفر کمترین تلفات را به خود اختصاص داده‌اند. عابدینی و سرمستی (۱۳۹۵) با هدف تحلیل ارزیابی ضریب آسیب‌پذیری کلان‌شهر تبریز در برابر خطر زلزله و برآورد تلفات انسانی با استفاده از امکانات تحلیلی GIS و ارائه سناریوی زلزله در میانگین شدت، به ارزیابی آسیب وارده به ساختمان‌ها و تلفات انسانی در برابر زلزله پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کلان‌شهر تبریز از نظر خطر زلزله وضعیت مطلوبی نداشته و بیشتر قسمت‌های پرتراکم شهری به‌ویژه قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر در پهنه‌های آسیب‌پذیری با خطر بسیار بالا و بالا قرار دارند. پرویزیان و احمدی (۱۳۹۸) با هدف سنجش تاب‌آوری کلان‌شهرها در برابر زلزله؛ مطالعه موردی کلان‌شهر اهواز با استفاده از مدل فازی و روش توصیفی و تحلیلی، به این نتیجه رسیدند که در بین شاخص‌های تحقیق، بیشترین ارزش وزنی را شاخص مسکونی با وزن ۲۹۹/۰ دارد، بعد از آن شاخص‌های آموزشی، تجاری، مذهبی، اداری، درمانی اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند. از نقاط اشتراک تحقیق با تحقیقات گذشته توجه به نقش فرسودگی ساختمان‌ها در افزایش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله است، اما در مقام مقایسه، تفاوت اساسی بین مطالعات قبلی در مورد آسیب‌پذیری شهرها و مخاطره زلزله مشاهده می‌شود. در واقع نوآوری این تحقیق نسبت به تحقیقات قبلی این است که برای پیش‌بینی پهنه‌های خطرپذیری از توانایی‌های GIS استفاده کرده و با بهره‌گیری از نظر کارشناسان شاخص‌ها را مقایسه و برآوردی

توانمندی‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمینه آسیب‌شناسی محیطی-کالبدی در رابطه با مخاطرات شهری می‌باشد.

#### پیشینه

در زمینه آسیب‌شناسی شهرها در برابر زلزله مطالعاتی مختلفی صورت گرفته که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. آيسان و دیویس (۱۹۹۲) با هدف بررسی کاهش بلایای طبیعی در دهه ۱۹۹۴ به این نتیجه رسیدند که امکان استفاده از تجارب حاصل از مطالعات بلایا به منظور کاهش خطر و دستیابی به مدل‌های گوناگون، کاملاً امکان‌پذیر است. آنتونی<sup>۱</sup> و دیگران (۲۰۰۷) با هدف بررسی ارزیابی کمی احتمال خطر حوادث بزرگ ایجاد شده توسط زمین‌لرزه، به این نتیجه رسیدند که میزان تاب‌آوری تأسیسات صنعتی موجود با کیفیت ساخت فعلی در ارتباط با میزان آسیب‌پذیری پیش‌بینی شده است. آلن و بریانت<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) تاب‌آوری شهرها و نقش فضاهای باز در تاب‌آوری در برابر زمین‌لرزه را مطرح نموده و بر نقش برنامه‌ریزی شهری و برنامه‌بازتوانی در بازسازی تاب‌آور تأکید کرده‌اند. آماراتونگا و هیق<sup>۳</sup> (۲۰۱۱) با هدف جمع‌آوری مقالات و نظرات افراد مختلف در یک مجموعه، بازسازی محیط‌های ساخته شده را پس از سوانح به منظور افزایش تاب‌آوری مورد بررسی قرار داده و نتیجه می‌گیرند که تاب‌آوری را باید در زمره ملزومات بازسازی قلمداد نمود. یوکیو تماری و دیگران<sup>۴</sup> (۲۰۱۹) با هدف توسعه مدل زمینی سه بُعدی برای تجزیه و تحلیل واکنش زمین‌لرزه با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی ساده زمین به این نتیجه رسیدند که مدل سه بُعدی با وجود تعداد محدودی از تحلیل‌ها مربوط به گمانه، می‌تواند با استفاده از این سیستم به‌طور مؤثری توسعه یابد. شکیبیا و دیگران (۱۳۹۲) با هدف ارزیابی تلفات انسانی و خسارت‌های ساختمانی در سناریوهای مختلف زلزله در شرایط عدم قطعیت (منطقه مطالعه شده: منطقه ۸ شهر تبریز)، با روش توصیفی-تحلیلی و استفاده از مدل FAHP خسارت ساختمانی و تلفات، انسانی در سه سناریوی زلزله ۶، ۷ و ۸ ریشتری را محاسبه و تحلیل کردند. نتایج پژوهش نشان می‌دهند که خسارت‌های ساختمانی از ۶ تا ۸ مرکلی افزایش

1. Aysan, Y. & Davis
2. Antonioni, G
3. Allan, P and Bryant, M
4. Amaratunga D, and Haigh R
5. Yukio Tamari, Yuichi Suzuki, Yuta Nakagama, Yuichi Otsuka

زلزله، مردم و مسئولان را برای رویارویی با زلزله واقعی در منطقه مهیا می‌کند (شکیبا و دیگران، ۱۳۹۲: ۵۰). حوادث و سوانح طبیعی و غیرمترقبه همانند زلزله از دو بُعد قابل بررسی و تحلیل می‌باشند، یکی از جنبه تهدید و دیگری از بعد فرصت. زلزله هم تهدید است و هم فرصت؛ تهدید است، اگر تحولات و رخداد‌های طبیعی فهم نشده و راهبردها و راه‌کارهای اجرایی مناسبی برای مقابله با آن‌ها در درازمدت تهیه و تدوین نشود، و فرصت است، اگر پس از شناخت این تحولات و رخداد‌ها، راهبردها و راه‌کارهای مدیریت بحران در کلیه سطوح اجرایی و تصمیم‌گیری تهیه و تدوین شود، سیاست‌های متناسب با آن طراحی شده، ابزارهای سیاست‌گذاری تعریف و اهرم‌های اجرایی نیز شناسایی گردند (شهین‌باهر و وظیفه‌شناس، ۱۳۹۱: ۵۷). آسیب‌پذیری شهری در برابر رخداد‌های طبیعی مانند زمین‌لرزه تابعی از رفتارهای واحدهای انسانی است که نشانگر درجه تأثیرپذیری یا توانایی ایستادگی اقتصادی-اجتماعی و دارایی‌های فیزیکی شهری در برابر خطر طبیعی می‌باشد.

#### محدوده مورد مطالعه

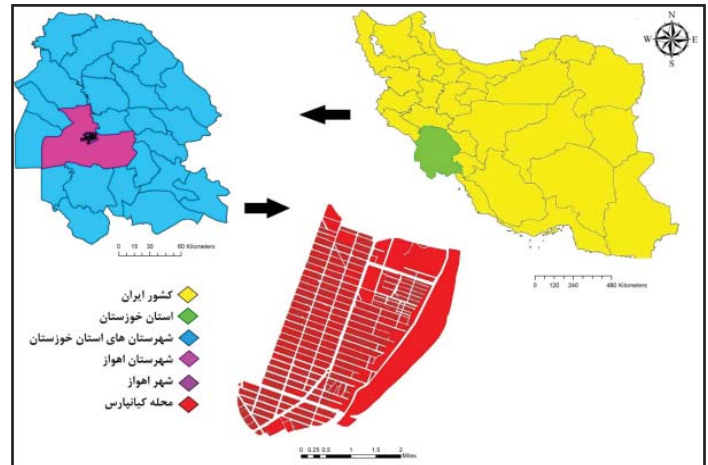
اهواز مرکز استان خوزستان با مساحت ۲۲۲ کیلومترمربع، دارای ۸ منطقه شهری است که به وسیله رودخانه کارون به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌شود. جمعیت کلان‌شهر اهواز در سال (۱۳۹۵) برابر با ۱۱۳۳۰۰۳ نفر بوده است (صفایی‌پور و دیگران، ۱۳۹۳: ۹۴). کیانپارس، از مناطق اعیان‌نشین اهواز و هم‌جوار با محله کیان‌آباد است. این منطقه در غرب رودخانه کارون و هم‌ردیف با امانیه و گلستان می‌باشد و حدفاصل پل سیاه تا پل سوم اهواز قرار دارد. کیان‌آباد و کیانپارس به لحاظ ارزشی گران‌ترین املاک در اهواز می‌باشند که علت اصلی آن تمرکز بالای امکانات در این مناطق است. وجود مراکز تجاری و مراکز خرید زیاد یکی دیگر از دلایل باارزش بودن ملک در این مناطق است. جمعیت محله کیانپارس غربی ۲۸۳۰۵ نفر با تراکم ۱۶۱ نفر در هکتار و جمعیت محله کیانپارس شرقی ۱۸۴۵۷ با تراکم ۷۷ نفر در هکتار در سال ۱۳۹۴ می‌باشد (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری اهواز، ۱۳۹۴: ۲۴). نقشه شماره (۱) محدوده مورد مطالعه تحقیق را نشان می‌دهد.

متفاوت از تلفات انسانی در سناریوهای مختلف ارائه می‌دهد. به همین دلیل علاوه بر ارزش محتوایی که در کاهش آسیب‌پذیری شهری دارد از لحاظ روش‌شناسی، همچنین محدوده مکانی متفاوت است و از این لحاظ تازگی دارد.

#### مبانی نظری

یکی از حوادث طبیعی و غیرمترقبه‌ای که انسان‌های گذشته و امروزی با آن مواجه بوده و همیشه سعی کرده‌اند به روش‌های مختلف آن را مدیریت کنند مربوط به وقوع زلزله است (شهین‌باهر و وظیفه‌شناس، ۱۳۹۱: ۵۷). حوادث و بلایای طبیعی همواره زندگی انسان را در معرض آسیب قرار داده‌اند. در قرن بیستم بیش از ۱۰۰۰ زلزله مخرب در ۷۰ کشور جهان اتفاق افتاد و بیش از ۵۳ میلیون نفر تلفات انسانی و خسارت‌های اقتصادی فراوان برجای گذاشت (شکیبا و دیگران، ۱۳۹۲: ۵۰). حوادث و بلایای طبیعی بزرگ و کوچکی که مدام در محیط شهری روی می‌دهد، سال‌ها تلاش و زحمت و کار برای توسعه و پیشرفت مکرر و پیوسته را نابود می‌کند (ساندرسون، ۲۰۰۰: ۱۰۰).<sup>۱</sup> برخی از شهرها نظیر آنگلور در مسیر تاریخ کاملاً متروکه شده و رها شده‌اند، اما برخی دیگر از شهرهای جهان، با وجود اینکه مدام مجبور به تطابق با تغییر شرایط پیرامون بوده‌اند، سابقه طولانی در پذیرش مداوم ساکنان و ادامه حیات شهری دارند؛ قاهره، استانبول، بغداد از این‌گونه شهرها می‌باشند. از زمان حیات بشری تاکنون، بلایا در زندگی انسان‌ها تأثیرات منفی بر جای می‌گذارند؛ در پاسخ، افراد و جوامع تلاش می‌کنند تا پیامدهای این بلایا را کاهش داده و مقیاس‌هایی را برای بررسی تأثیرات اولیه ایجاد کنند. همچنین به نیازهای پس از پیدایش بلایا و بازگشت به شرایط اولیه پاسخ دهند (امان‌پور و دیگران، ۱۳۹۷: ۳۲). در این راستا فرایند «تخمین خسارت» می‌تواند مجموع خسارت و چگونگی توزیع آن را در صورت وقوع زلزله نشان دهد. بدون شک، تأثیر و نتایج وقوع زلزله تفاوت‌های زیادی با نتایج سناریو خواهند داشت، سناریو فقط فرضیه‌ای است که بیان می‌کند تأثیر وقوع زلزله می‌تواند بدتر یا شبیه به چیزی باشد که سناریو محاسبه کرده است. آماده بودن هنگام وقوع زلزله براساس سناریوی

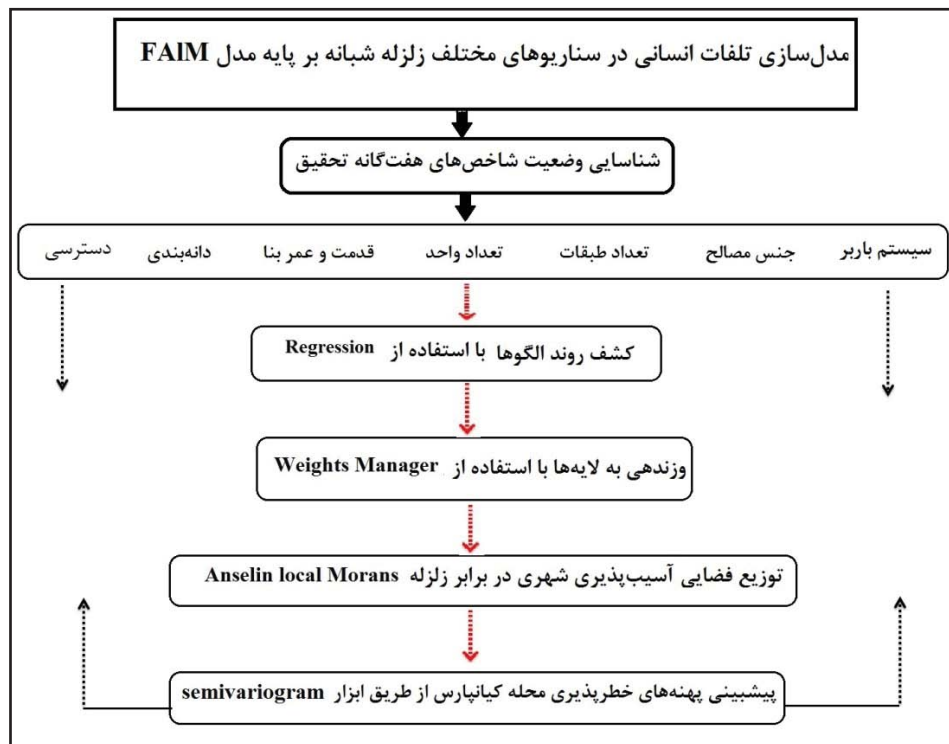
روش‌شناسی، توصیفی - تحلیلی مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی است. برای دستیابی به اهداف تحقیق، شاخص‌های هفت‌گانه سیستم باربر ساختمان، جنس مصالح، تعداد طبقات، تعداد واحد ساختمانی، قدمت و عمر بنا، دانه‌بندی و نفوذپذیری استخراج گردید. برای کشف روند الگوها و برای وزن دهی به لایه‌ها از نرم‌افزار Geoda استفاده شد. همچنین برای توزیع فضایی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله از روش (Anselin local Morans) (Morans) مربوط به نرم‌افزار ArcGIS استفاده شده است. و در انتها جهت پیش‌بینی پهنه‌های خطرپذیری محله کیانپارس از طریق ابزار semivariogram (سمی‌اریوگرام) تحلیل مکانی انجام شده است. مدل بکار رفته شده در این پژوهش بر پایه مدل ترکیبی FAIM<sup>۲</sup> می‌باشد. نمودار (۱) مدل عملیاتی تحقیق را نشان می‌دهد.



نقشه شماره ۱. محدوده مورد مطالعه تحقیق (نگارندگان، ۱۴۰۰)

### روش

پژوهش حاضر به لحاظ هدف، توسعه‌ای - کاربردی و از لحاظ



نمودار ۱. مدل عملیاتی تحقیق (نگارندگان، ۱۴۰۰)

### روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

نشان‌گر که نشان‌دهنده نوع خوشه برای هر عارضه است، می‌پردازد. شاخص محلی موران از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{i=1, j=i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{x}) \quad \text{رابطه ۱:}$$

شاخص محلی موران: این ابزار نشان می‌دهد که مقادیر عوارض جغرافیایی در کجا زیاد و در کجا کم توزیع شده‌اند. همچنین نشان می‌دهد که کدام عوارض دارای مقادیر بسیار متفاوت از پیرامونشان هستند. برای انجام این مسأله از امتیاز Z و PValue و یک

۱. انسلین محلی موران

2. FAHP & Anselin local Morans

سایز - ملویل به دست می آید:

$$I_0 = 1.3M_s - 0.09 \quad \text{رابطه (۲)}$$

که  $I_0$  شدت زمین لرزه در کانون در مقیاس مرکلی،  $M_s$  بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر است.

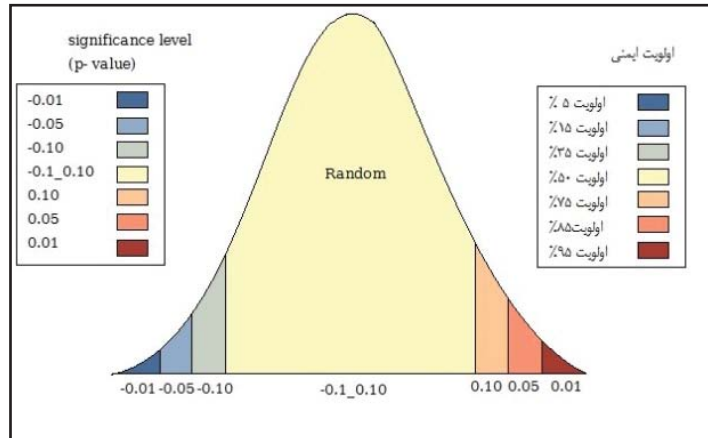
در مطالعات سناریوی ارزیابی تلفات انسانی، اغلب فرض های متفاوتی در نظر گرفته می شود. ارزیابی تلفات انسانی به طور گسترده به عواملی از جمله زمان وقوع، خدمات امدادی و آگاهی مردم از بلایا و عوامل دیگر وابسته است. برای ارزیابی تلفات انسانی ناشی از زلزله، باید تعداد جمعیت نواحی هر سناریوی زلزله مشخص شود. تعداد افراد ساکن و تعداد تلفات مورد انتظار در هر زون آسیب پذیری ساختمان در زمان وقوع زلزله، جزء پارامترهای مهمی در تخمین تلفات انسانی هستند. درصد احتمال آسیب دیدگی هر زون جمعیتی بر اساس گزارش زلزله های گذشته کشورمان در ارتباط با آسیب پذیری ساختمانی و جمعیتی برآورد شده است. تلفات انسانی از رابطه زیر به دست می آید:

$$H = \sum BP_i \times PK_i \quad \text{رابطه (۳)}$$

که  $H$  تلفات انسانی،  $BP_i$  تعداد جمعیت و  $PK_i$  درصد احتمال آسیب دیدگی جمعیت هر زون تخریبی ساختمان ها می باشد. نمودار (۳) مدل مفهومی تحقیق را نشان می دهد.

که در آن  $X_i$  خسیصه عارضه،  $i$  میانگین خسیصه مربوط و  $W_{ij}$  وزن فضایی بین عوارض می باشد.

شاخص محلی موران که برای خواص آماری ساخته شده اند، برای توصیف همبستگی فضایی از الگوهای استفاده می کنند که بعضی مواقع به عنوان نقاط داغ و نقاط سرد نامیده می شوند.



نمودار ۲. نمودار خودهمبستگی فضایی داغ و سرد در شاخص محلی موران

برای مثال اگر ارزش های بالا نزدیک یکدیگر باشند، شاخص موران دلالت بر خودهمبستگی فضایی مثبت نسبتاً بالا دارند، که این طبقه از ارزش های بالا ممکن است به عنوان نقطه تمرکز (داغ) نامیده شود.

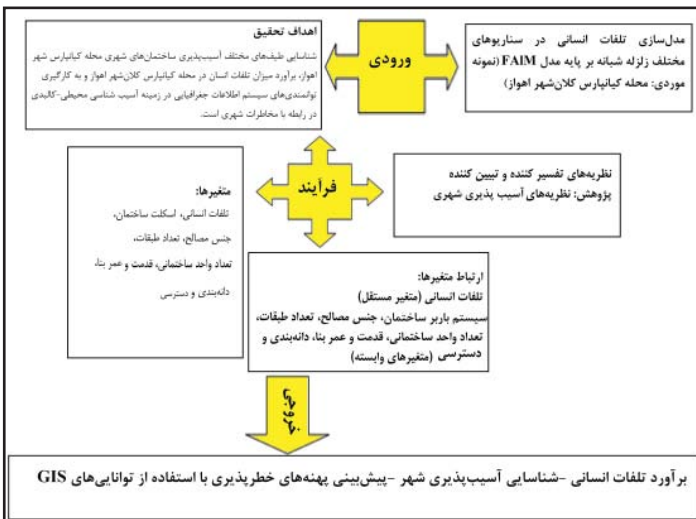
### مدل ارزیابی میزان تلفات

برای ارزیابی میزان تلفات، ابتدا لازم است با روش میزان متوسط آسیب به طراحی سناریوهای زلزله برای شدت های مختلف آن پرداخت و در نهایت با تحلیل های حاصله، ارزیابی نسبتاً دقیقی از میزان تلفات انسانی میسر شود. برای این منظور، از طریق رابطه (۱) به محاسبه متوسط درجات آسیب ساختمان در برابر شدت های مختلف زلزله پرداخته می شود:

رابطه (۱)

$$\mu_D = 2.5 [1 + \tanh((I_0 + 6.25V_i - 13.1) / 2.3)]$$

که  $\mu_D$  نشانگر متوسط درجه آسیب،  $\tanh$  تانژانت هیپربولیک،  $I_0$  شدت زلزله بر اساس واحد مرکلی و  $V_i$  مقدار آسیب پذیری لرزه ای حاصل از روش چندمعیاری مورد نظر است. شدت نسبی زلزله در کانون ( $I_0$ ) در مقیاس مرکلی از رابطه آمبر



نمودار ۳. مدل مفهومی تحقیق (نگارندگان، ۱۴۰۰)



محدوده مورد مطالعه، اقدام به ترسیم نقشه‌های مربوط به هر شاخص شد. جدول شماره ۱ طبقه‌بندی و اولویت‌بندی بافت شهری محله کیانپارس و نقشه شماره ۲ وضعیت شاخص‌های هفت‌گانه را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد.

جدول ۱. طبقه‌بندی و اولویت‌بندی بافت شهری محله کیانپارس

| شاخص           | طبقه‌بندی               | اولویت مدیریت بحران | درصد  |
|----------------|-------------------------|---------------------|-------|
| جنس مصالح      | تیر آهن و آجر           | ۴                   | ۱۰۰/۰ |
|                | بلوک سیمانی             | ۳                   | ۰     |
|                | سایر                    | ۲                   | ۰     |
|                | خشت و گل                | ۱                   | ۰     |
| قدمت و عمر بنا | کمتر از ۱۰ سال          | ۴                   | ۲۱/۴  |
|                | ۱۰ تا ۲۰ سال            | ۳                   | ۲۲/۲  |
|                | ۲۱ تا ۳۰ سال            | ۲                   | ۵۶/۴  |
|                | بیش از ۳۰ سال           | ۱                   | ۰/۰۹  |
| دسترسی         | بین ۱ - ۵۰ متر فاصله    | ۴                   | ۵۲/۵۶ |
|                | بین ۵۱ - ۱۰۰ متر فاصله  | ۳                   | ۳۰/۸۴ |
|                | بین ۱۰۱ - ۱۵۰ متر فاصله | ۲                   | ۹/۷۲  |
|                | بیشتر از ۱۵۰ متر فاصله  | ۱                   | ۶/۸۸  |
| تعداد واحد     | ۱-۲ واحد                | ۴                   | ۶۴/۴  |
|                | ۳-۴ واحد                | ۳                   | ۲۸/۴  |
|                | ۵-۶ واحد                | ۲                   | ۴/۴   |
|                | ۷ واحد و بیشتر          | ۱                   | ۲/۸   |
| تعداد طبقات    | یک طبقه                 | ۴                   | ۵۲/۶  |
|                | دو طبقه                 | ۳                   | ۱۵/۶  |
|                | سه طبقه                 | ۲                   | ۱۳/۴  |
|                | چهار طبقه و بیشتر       | ۱                   | ۱۸/۴  |
| سیستم باربر    | بتنی                    | ۴                   | ۵۶/۳  |
|                | فلزی                    | ۳                   | ۳۶/۸  |
|                | سایر                    | ۲                   | ۰     |
|                | فاقد سیستم باربر        | ۱                   | ۶/۹   |
| دانه بندی      | کمتر از ۱۰۰ متر مربع    | ۱                   | ۰/۷   |
|                | ۱۰۰-۲۰۰ متر مربع        | ۲                   | ۵/۴   |
|                | ۲۰۱-۳۰۰ متر مربع        | ۳                   | ۲۶/۶  |
|                | بیشتر از ۳۰۰ متر مربع   | ۴                   | ۶۷/۳  |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

## یافته‌ها

الف) شناسایی و اولویت‌بندی بافت شهری محله کیانپارس از نظر مدیریت بحران:

سیستم باربر ساختمان: سیستم باربر ساختمان فاکتور بسیار مهمی است که میزان دوام بنا در برابر بحران به میزان مقاومت آن بستگی دارد.

جنس مصالح: جنس مصالح و ترکیب این مصالح می‌تواند از جمله فاکتورهای مهم برای مقاومت در برابر هرگونه بحران از جمله بحران طبیعی و انسانی است.

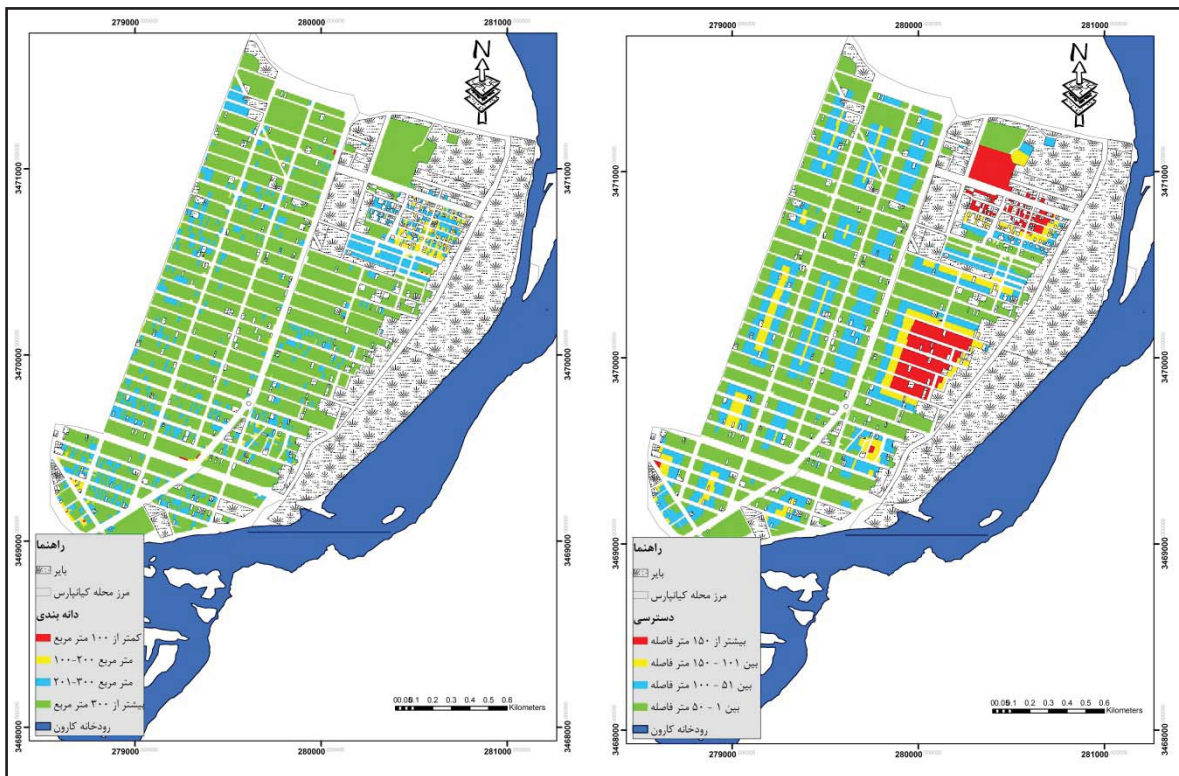
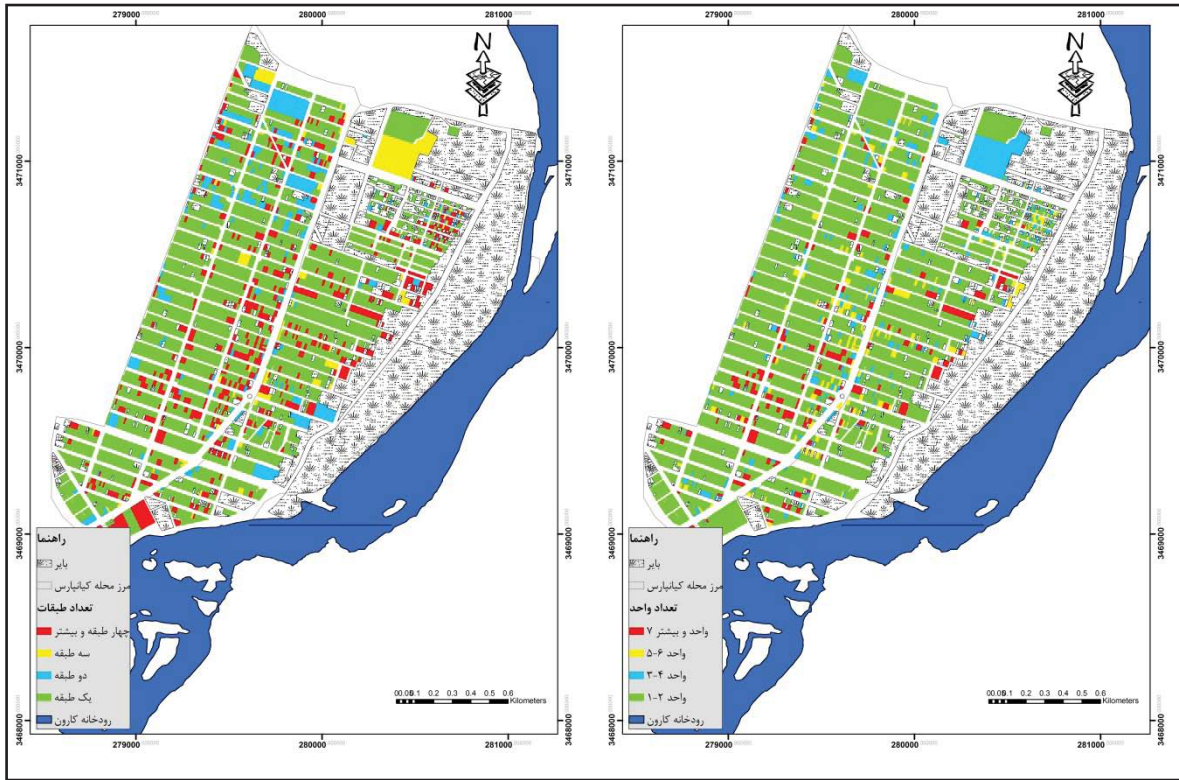
تعداد طبقات: وجود تعداد طبقات بالا در هنگام بحران اگر با فاکتورهایی همانند جنس مصالح ناپایدار و سیستم باربر نامقاوم همراه باشد میزان تلفات و خسارات در هنگام بحران را به شدت افزایش خواهد داد. تعداد طبقات ارتباط مستقیمی با آسیب‌پذیری لرزه‌ای دارد، به‌گونه‌ای که هرچه تعداد طبقات بیشتر شود آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. البته از ارتفاع مشخصی به بعد به علت وجود سیستم باربر ساختمان در ساخت طبقات بیشتر آسیب‌پذیری کمتر می‌شود.

تعداد واحد: وجود تعداد واحد بالا همچنین در هنگام بحران میزان تلفات و خسارات را به شدت افزایش خواهد داد.

دانه‌بندی: وضعیت مساحت زیربنای کاربری‌ها نشان می‌دهد که هر چه میزان فضای خالی ساختمان و یا به عبارتی مساحت کاربری‌ها کمتر باشد میزان خسارت به وجود آمده بیشتر و در نتیجه، ایمنی کاهش می‌یابد.

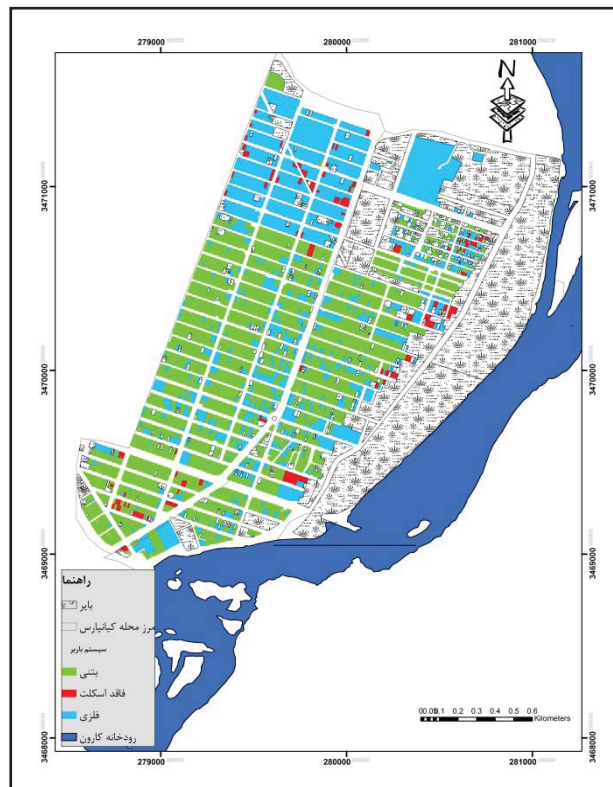
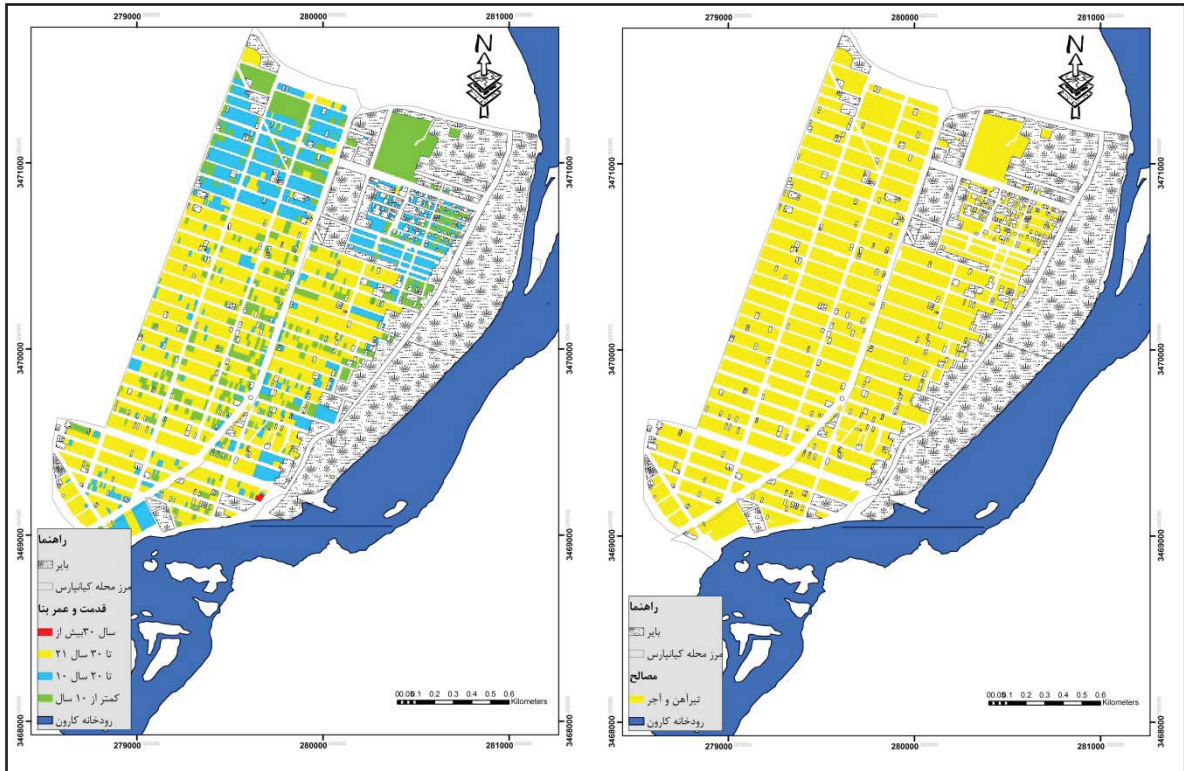
قدمت ساختمان: وضعیت قدمت و طول عمر یک ساختمان به‌خودی‌خود، یکی از فاکتورهای مهم و به‌نوعی نشان‌دهنده فرسودگی یک بنا است، به‌طوری‌که هرچه میزان فرسوده بودن یک بنا یا به عبارتی قدمت ساختمان بیشتر باشد، خسارات آن در برابر بحران نیز بیشتر خواهد بود.

دسترسی: در این تحقیق دسترسی به خیابان درجه یک در نظر گرفته شده است، شریان‌های حیاتی و راه‌های ارتباطی مناسب در زمان فاجعه از الزامات بسیار مهم در هنگام سانحه است، هرچه دسترسی به معابر با عرض بیشتر میسر باشد ایمنی بیشتر می‌شود و بالعکس. پس از شناسایی وضعیت شاخص‌های منتخب در



نقشه شماره ۲. وضعیت شاخص‌های هفت گانه تحقیق (نگارندگان، ۱۴۰۰)





ادامه نقشه شماره ۲. وضعیت شاخص‌های هفت‌گانه تحقیق (نگارندگان، ۱۴۰۰)



روند الگوها نشان می‌دهد که بیشترین آماره  $t$  در بین عوامل تأثیرگذار در سنجش آسیب‌پذیری شهری را شاخص قدمت بنا با ضریب  $۸/۰۹$  دارد و کمترین ضریب مربوط به شاخص تعداد طبقات با ضریب  $۱/۰۴$  می‌باشد.

با توجه به ضریب متفاوت هر یک از شاخص‌های منتخب در ارزیابی ضریب آسیب‌پذیری، از روش وزن‌بخشی چند متغیره (FAHP) برای تعیین وزن‌بخشی به شاخص‌ها استفاده گردید. در این مرحله خبرگان با استفاده از عبارات زبانی و بر اساس روش چانگ، برتری یک معیار بر معیار دیگر (یا یک کلاس بر کلاس دیگر) را بیان کردند و بر این اساس ماتریس مقایسات زوجی تشکیل شد. جدول ۳ عبارات زبانی مقایسات زوجی شاخص‌ها را نشان می‌دهد.

ابتدا ارزش وزنی شاخص‌های هفت‌گانه و منتخب با بهره‌گیری از مقایسات زوجی در مدل FAHP محاسبه شد. به این منظور، جدول مقایسه دو-دوئی (جدول ۴) تشکیل و میانگین وزنی حاصل از نظرسنجی با روش دلفی در آن گنجانده شد.

ب) کشف روند الگوها بین شاخص‌های هفت‌گانه و وزن‌بخشی با استفاده از مدل (FAHP): به منظور کشف روند الگوها جهت طبقه‌بندی شاخص‌های تحقیق در این پژوهش از طریق ابزار Regression موجود در نرم‌افزار Geoda با تعیین متغیرهای مستقل (شاخص‌های منتخب) و متغیر وابسته (آسیب‌پذیری) سطح این روند مشخص شد. جدول شماره (۲) کشف روند الگوها با استفاده از Regression را نشان می‌دهد.

جدول ۲. کشف روند الگوها بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته

| متغیرها     | خطای استاندارد | t آماره | معنی‌داری |
|-------------|----------------|---------|-----------|
| سیستم برابر | ۱/۳۵           | ۷/۳۹    | ۰/۰۰۰     |
| واحد        | ۹/۳۸           | ۱/۰۶    | ۰/۰۰۰     |
| طبقات       | ۹/۵۵           | ۱/۰۴    | ۰/۰۰۰     |
| قدمت بنا    | ۱/۲۳           | ۸/۰۹    | ۰/۰۰۰     |
| مصالح       | ۱/۶۲           | ۶/۱۳    | ۰/۰۰۰     |
| دانه‌بندی   | ۸/۲۵           | ۱/۲۱    | ۰/۰۰۰     |
| دسترسی      | ۸/۹۵           | ۱/۱۱    | ۰/۰۰۰     |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

جدول ۳. عبارات زبانی مقایسات زوجی شاخص‌ها

| برتری مطلق | عالی  | خیلی خوب | نسبتاً خوب | خوب   | برتر  | کمی برتر | برتری خیلی کم | برابر |
|------------|-------|----------|------------|-------|-------|----------|---------------|-------|
| ۱۰.۹.۸     | ۹.۸.۷ | ۸.۷.۶    | ۷.۶.۵      | ۶.۵.۴ | ۵.۴.۳ | ۴.۳.۲    | ۱.۲.۳         | ۱.۱.۱ |

منبع: پرویزیان و احمدی، ۱۳۹۸: ۶

جدول ۴. مقایسات زوجی با اعداد فازی

| سیستم برابر ساختمان | جنس مصالح   | دسترسی      | تعداد واحد  | تعداد طبقات | دانه‌بندی   | قدمت بنا |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| ۱.۱.۱               | ۲.۳.۴       | ۳.۴.۵       | ۴.۵.۶       | ۵.۶.۷       | ۷.۸.۹       | ۷.۸.۹    |
| ۴/۳.۱/۲.۱/۱         | ۱.۱.۱       | ۲.۳.۴       | ۴.۵.۶       | ۴.۵.۶       | ۵.۶.۷       | ۶.۷.۸    |
| ۵/۴.۱/۳.۱/۱         | ۴/۳.۱/۲.۱/۱ | ۱.۱.۱       | ۲.۳.۴       | ۲.۳.۴       | ۳.۴.۵       | ۴.۵.۶    |
| ۶/۵.۱/۴.۱/۱         | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۴/۳.۱/۲.۱/۱ | ۱.۱.۱       | ۱.۲.۳       | ۴.۵.۶       | ۴.۵.۶    |
| ۷/۶.۱/۵.۱/۱         | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۳/۲.۱/۱.۱/۱ | ۱.۱.۱       | ۳.۴.۵       | ۳.۴.۵    |
| ۹/۸.۱/۷.۱/۱         | ۷/۶.۱/۵.۱/۱ | ۵/۴.۱/۳.۱/۱ | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۵/۴.۱/۳.۱/۱ | ۱.۱.۱       | ۲.۳.۴    |
| ۹/۸.۱/۷.۱/۱         | ۸/۷.۱/۶.۱/۱ | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۶/۵.۱/۴.۱/۱ | ۴/۳.۱/۲.۱/۱ | ۱.۱.۱    |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

را شاخص‌های سیستم باربر ساختمان با وزن ۰/۲۶۶ دارد. بعد از آن، شاخص‌های جنس مصالح، قدمت بنا، دسترسی، دانه‌بندی، تعداد طبقات و تعداد واحد، به ترتیب با اوزان ۰/۱۳۴، ۰/۱۳۱، ۰/۱۲۸ و ۰/۱۲۷، ۰/۱۲۳، ۰/۰۹۱ اولویت‌های بعدی را به خود اختصاص داده‌اند.

**ج) شاخص محلی موران:** در سنجش آسیب‌پذیری شهری محله کیانپارس در برابر زلزله با استفاده از شاخص‌های مورد مطالعه، ارزش پیکسلی هر شاخص از سطح ۵ درصد اولویت در مدیریت کالبدی کاربری‌های شهری تا سطح ۹۵ درصد اولویت متغیر خواهد بود. خروجی این تحلیل به صورت وکتوری خواهد بود که در آن بلوک‌های ساختمانی به تفکیک از سطح ۵ تا ۹۵ درصد آمار فضایی برای برنامه‌ریزی مدیریت بحران جهت مقابله با زلزله احتمالی دسته‌بندی شده‌اند، که به تفکیک رنگ قابل مشاهده می‌باشند. همان‌طور که از نقشه شماره (۳) مشاهده می‌کنیم قسمت‌های قابل توجهی از (۳۶/۵٪) در این بافت در محدوده با اولویت بین ۷۵ تا ۹۵ درصد می‌باشند، به گونه‌ای که هرچه از اطراف به داخل و هرچه از شمال به سمت جنوب بافت حرکت کنیم میزان آسیب‌پذیری شدیدتر و در نتیجه، بافت‌های ساختمانی در این قسمت‌ها از نظر مدیریت بحران در رده‌های (اولویت) اول برای برنامه‌ریزی هستند (جدول ۵).

براین اساس، مقدار  $\sum_{j=1}^m M_{gi}^j =$  (معادله ۱) برای هر یک از سطرها این ماتریس برابر است با:

$$(1+2+3+4+5+7+7), (1+3+4+5+6+8+8), (1+4+5+6+7+9+9) = (29), (35), (41)$$

در ادامه برای محاسبه  $S_1$  برای هر یک از سطرها از رابطه ریاضی  $\sum_{i=1}^n \times \sum_{j=1}^m m_{gi}^j$  (معادله ۲) استفاده شده است:

$$\sum_{i=1}^n \times \sum_{j=1}^m m_{gi}^j \Rightarrow (29+23+12+11+9+4+3), (35+27+17+14+10+5+2), (41+32+20+17+12+6+2) = (91.186), (110.09), (130.02)$$

بنابراین مقدار  $(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^m m_{gi}^{-1})$  (معادله ۳) پس از استانداردسازی برابر است با:

$$(\sum_{i=1}^n + \sum_{j=1}^m m_{gi}^{-1}) \Rightarrow (\frac{1}{91.186}, \frac{1}{110.09}, \frac{1}{130.02}) = (0.011), (0.009), (0.008)$$

بر این اساس، مقدار  $S_1$  برای هر یک از سطرها ماتریس مقایسات زوجی برابر است با: (معادله ۴)

$$S_1 = (29, 35, 41) * (0.011, 0.009, 0.008) = (0.319, 0.319, 0.316)$$

در نهایت درجه بزرگی هر یک از مقادیر  $S$  نسبت به همدیگر به دست می‌آید (معادله ۵). تحلیل یافته‌ها با استفاده از مدل FAHP نشان می‌دهد در بین شاخص‌های تحقیق، بیشترین ارزش وزنی

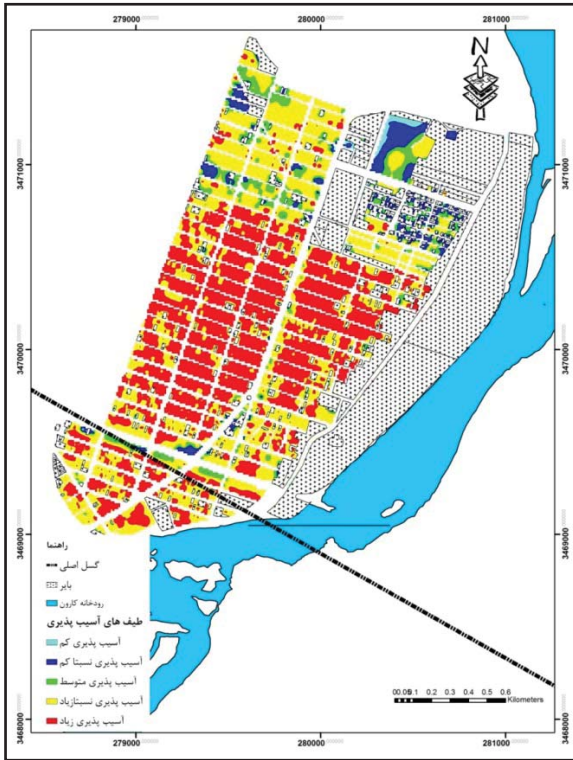
جدول ۵. رتبه‌بندی بافت شهری محله کیانپارس اهواز از نظر مدیریت بحران

| p value | اولویت از نظر مدیریت بحران | مساحت  | درصد وسعت کاربری‌ها بر اساس طیف مدیریت بحران |
|---------|----------------------------|--------|--|
| -۰/۰۱   | اولویت ۵ درصد              | ۸۵۴۷۲۸ | ۳۰/۲   |
| -۰/۰۵   | اولویت ۱۵ درصد             | ۷۰۵۹۵۱ | ۲۵/۰   |
| -۰/۱۰   | اولویت ۳۵ درصد             | ۱۷۴۸۲۷ | ۶/۲  |
| ۰/۰۰    | اولویت ۵۰ درصد             | ۵۸۵۹۴  | ۲/۱  |
| ۰/۰۱    | اولویت ۷۵ درصد             | ۳۶۲۸۷۵ | ۱۲/۸   |
| ۰/۰۵    | اولویت ۸۵ درصد             | ۲۸۴۶۰۱ | ۱۰/۱   |
| ۰/۱۰    | اولویت ۹۵ درصد             | ۳۸۴۵۹۳ | ۱۳/۶   |

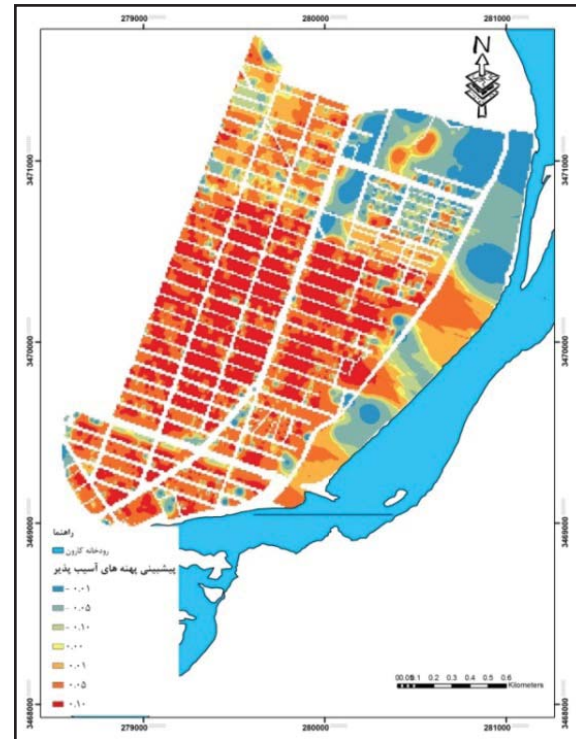
منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

تکتونیک و ویژگی‌های کالبدی مکان مورد مطالعه مشخص می‌شود. طراحی و آزمون سناریوها، رویکردهای مناسبی برای مدل‌سازی حوادث زلزله هستند که برنامه‌ریزان را به تفهیم سطح

(د) طراحی سناریوی ضریب آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر در برابر میانگین شدت زلزله: معرفی سناریوی پیشنهادی، اولین گام در ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای می‌باشد. سناریو بر اساس وضعیت



نقشه شماره ۴. درجه بندی میزان آسیب پذیری بافت شهری محله کیانپارس اهواز (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰)



نقشه شماره ۳. اولویت بندی بافت شهری محله کیانپارس اهواز (ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰)

معنی عدم آسیب پذیری یا عدم آسیب و عدد ۱ به معنای ریزش ساختمان یا آسیب کلی خواهد بود که در جدول (۶) ارائه شده است.

لرزه زایی زلزله و تلفات ناشی از آن توانمند می سازد. در این مدل، بازه تغییرات آسیب بین ۰ تا ۱ است که در اینجا عدد صفر به

جدول ۶. درجه بندی آسیب وارده به ساختمان

| درجه آسیب | بازه آسیب | شرح آسیب    | درصد آسیب وارده به ساختمان | درصد پهنه آسیب پذیری محله |
|-----------|-----------|-------------|----------------------------|---------------------------|
| D1        | ۰-۰/۲     | جزئی        | ۲-۱۰                       | ۱۱/۱۹                     |
| D2        | ۰/۲-۰/۴   | متوسط       | ۱۱-۳۰                      | ۱۶/۱۰                     |
| D3        | ۰/۴-۰/۶   | سنگین       | ۳۱-۶۰                      | ۷/۷۷                      |
| D4        | ۰/۶-۰/۸   | بسیار سنگین | ۶۱-۸۰                      | ۳۵/۰۶                     |
| D5        | ۰/۸-۱     | تخریبی کامل | ۸۱-۱۰۰                     | ۲۹/۸۷                     |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

جدول ۷. حداکثر شدت نسبی زلزله در کانون برحسب مرکزی

| میانگین | شدت نسبی (مرکزی) |     |   |     |     |     |
|---------|------------------|-----|---|-----|-----|-----|
|         | ۸/۷              | ۹/۱ | ۹ | ۸/۴ | ۸/۸ | ۸/۳ |

منبع: نگارندگان، ۱۴۰۰

سپس، با جایگزینی میانگین شدت نسبی زلزله در کانون و

نقشه حاصل از مدل همپوشانی وزنی و ارزیابی چند معیار، صرفاً نشان دهنده میزان آسیب پذیری کلی شهر با در نظر گرفتن معیارهای مورد استفاده می باشد. در این پژوهش برای طراحی سناریوی زلزله با استفاده از رابطه (۱)، ابتدا شدت نسبی زلزله در کانون  $I_0$  در مقیاس مرکزی از رابطه (۲) محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۷) ارائه شده است.



مقادیر آسیب‌پذیری لرزه‌ای حاصل از روش چند معیاری مورد نظر (نقشه ۳) به کمک محاسبه‌های رستری در محیط نرم‌افزار GIS، درجه آسیب‌پذیری کلی ساختمان‌های محله کیانپارس اهواز در برابر زلزله احتمالی طبق رابطه (۱) مدل‌سازی گردید (نقشه ۴). بررسی نتایج حاکی از آن است که اکثر ساختمان‌های محله کیانپارس اهواز در درجه آسیب بین ۰/۸ تا ۱ (D5) با شرایط تخریبی کامل قرار دارند و در حدود ۷۱/۲ درصد ساختمان‌ها در این سناریو تخریب خواهند شد.

به منظور برآورد تعداد تلفات انسانی منطقه مورد مطالعه با استفاده از رابطه (۳) به کمک توابع تحلیلی نرم‌افزار GIS، تعداد کل جمعیت (سرشماری سال ۱۳۹۵ به تعداد ۴۶۷۶۲ نفر) به درصد تلفات مورد انتظار در سناریوی لرزه‌خیزی محله کیانپارس برابر درصد آسیب استاندارد ضرب گردید و تعداد تقریبی تلفات مردگان و مجروحان در هنگام شب برآورد شد (جدول ۸). این نکته قابل‌ذکر است؛ از آنجاکه ممکن است در هر بلوک آماری چندین ساختمان وجود داشته باشد در این تحقیق از میانگین آماری جمعیت در هر بلوک استفاده شده است. چنانچه بخواهیم آمار دقیق‌تری از تلفات انسانی داشته باشیم، بهتر است تا آمار جمعیتی به تفکیک قطعه داشته باشیم که در این تحقیق دسترسی به چنین آماری وجود نداشته است.

جدول ۸. تعداد تلفات انسانی ناشی از زلزله شب‌هنگام محله کیانپارس اهواز در سناریوهای متفاوت

| درجه تخریب ساختمان  | سطح تلفات    | درصد آسیب استاندارد | تعداد تلفات انسانی در سناریوهای مختلف |
|---------------------|--------------|---------------------|---------------------------------------|
| تخریب سبک D1        | مرگ          | ۲                   | ۳۵                                    |
|                     | مجروح بستری  | ۵                   | ۲۶۳۸                                  |
|                     | مجروح سرپایی | ۹                   | ۴۵۰۹                                  |
|                     | سالم         | ۸۴                  | ۳۹۵۸۰                                 |
| تخریب متوسط D2      | مرگ          | ۴                   | ۹۷۰                                   |
|                     | مجروح بستری  | ۹                   | ۴۵۰۹                                  |
|                     | مجروح سرپایی | ۱۵                  | ۷۳۱۴                                  |
|                     | سالم         | ۷۲                  | ۳۳۹۶۹                                 |
| تخریب سنگین D3      | مرگ          | ۱۳                  | ۶۰۷۹                                  |
|                     | مجروح بستری  | ۱۷                  | ۷۹۵۰                                  |
|                     | مجروح سرپایی | ۲۳                  | ۱۰۷۵۵                                 |
|                     | سالم         | ۴۷                  | ۲۱۹۷۸                                 |
| تخریب خیلی سنگین D4 | مرگ          | ۱۶                  | ۷۴۸۲                                  |
|                     | مجروح بستری  | ۲۲                  | ۱۰۲۸۸                                 |
|                     | مجروح سرپایی | ۲۸                  | ۱۳۰۹۳                                 |
|                     | سالم         | ۳۴                  | ۱۵۸۹۹                                 |
| تخریب کامل D5       | مرگ          | ۴۱                  | ۱۹۱۷۲                                 |
|                     | مجروح بستری  | ۱۶                  | ۷۴۸۲                                  |
|                     | مجروح سرپایی | ۲۱                  | ۹۸۲۰                                  |
|                     | سالم         | ۲۲                  | ۱۰۲۸۸                                 |

سطح محله در پهنه آسیب پذیری زیاد قرار دارند. رتبه بندی بافت شهری محله کیانپارس اهواز از نظر مدیریت بحران نشان می دهد که ۳۰/۲ درصد کاربرها در اولویت ۵ درصد، ۲۵/۰ درصد کاربرها در اولویت ۱۵ درصد، ۶/۲ درصد کاربرها در اولویت ۳۵ درصد، ۲/۱ درصد کاربرها در اولویت ۵۰ درصد، ۱۲/۸ درصد کاربرها در اولویت ۷۵ درصد، ۱۰/۱ درصد کاربرها در اولویت ۸۵ درصد و ۱۳/۶ درصد کاربرها در اولویت ۹۵ درصد قرار دارند.

یافته های ضریب آسیب پذیری در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد که ۸۱۳۵۵۹ متر سطح ناخالص زیربنای محله (معادل ۲۸ درصد) دارای ضریب آسیب جزئی (۰/۲-۰)، ۶۷۴۵۸۹ متر سطح ناخالص زیربنای محله (معادل ۲۳ درصد) دارای ضریب آسیب متوسط (۰/۴-۰/۲)، ۶۲۳۳۵ متر سطح ناخالص زیربنای محله (معادل ۱۶ درصد) دارای ضریب آسیب سنگین (۰/۶-۰/۴)، ۴۷۵۵۵۴ متر سطح ناخالص زیربنای محله (معادل ۲ درصد) دارای ضریب آسیب بسیار سنگین (۰/۸-۰/۶) و ۹۳۲۳۲۲ متر سطح ناخالص زیربنای محله (معادل ۳۲ درصد) دارای ضریب آسیب تخریبی کامل (۰/۸-۱) می باشد.

در این تحقیق به این نتیجه دست یافتیم که علاوه بر ویژگی های کالبدی بنا، عوامل دیگری از جمله کاربری غالب، تراکم جمعیتی و زمان وقوع زلزله نقش مؤثری را در میزان تلفات انسانی این محله از کلان شهر اهواز ایفا می نماید. همچنین می توان با استفاده از شاخص های تحقیق، میزان آسیب پذیری در برابر زلزله را محاسبه و بر مبنای اولویت بندی مدیریت بحران اقدامات کنترلی در جهت کاهش اثرات زلزله انجام داد. اگرچه در صورت وقوع زلزله، بخش مرکزی محله کیانپارس آسیب پذیری بیشتری دارد، لیکن در مجموع می توان نتیجه گرفت که استفاده از مدل ترکیبی FAIM علاوه بر ارزیابی آسیب پذیری کالبدی در بخش های مختلف یک منطقه، می تواند اطلاعات مفیدی را از وضعیت حین، قبل و بعد از وقوع یک بحران جهت آسیب شناسی امداد و نجات محیطی ارائه نماید. از این رو پیشنهاد می شود:

• در زمینه تراکم جمعیتی در طرح های شهری تجدیدنظر صورت

یافته های جدول شماره ۸ نشان می دهد که در سناریوی تخریب سبک ۳۵ نفر مرگ، ۲۶۳۸ نفر مجروح بستری، ۴۵۰۹ نفر مجروح سرپایی و ۳۹۵۸۰ نفر سالم می باشند. در سناریوی تخریب متوسط ۹۷۰ نفر مرگ، ۴۵۰۹ نفر مجروح بستری، ۷۳۱۴ نفر مجروح سرپایی و ۳۳۹۶۹ نفر سالم می باشند. در سناریوی تخریب سنگین ۶۰۷۹ نفر مرگ، ۷۹۵۰ نفر مجروح بستری، ۱۰۷۵۵ نفر مجروح سرپایی و ۲۱۹۷۸ نفر سالم می باشند. در سناریوی تخریب خیلی سنگین ۷۴۸۲ نفر مرگ، ۱۰۲۸۸ نفر مجروح بستری، ۱۳۰۹۳ نفر مجروح سرپایی و ۱۵۸۹۹ نفر سالم می باشند. همچنین در سناریوی تخریب کامل ۱۹۱۷۲ نفر مرگ، ۷۴۸۲ نفر مجروح بستری، ۹۸۲۰ نفر مجروح سرپایی و ۱۰۲۸۸ نفر سالم می باشند.

### نتیجه گیری

از آنجایی که ارزیابی تمامی عوامل مؤثر در آسیب پذیری شهر به طور یکجا امکان پذیر نمی باشد، لذا در این مقاله جهت دست یافتن به این هدف، با استفاده از ۷ معیار و با کمک مدل های فازی به بررسی میزان تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله در هنگام شب در محله کیانپارس شهر اهواز پرداخته شده است. یافته های مدل FAHP نشان می دهد که در بین شاخص های تحقیق، بیشترین ارزش وزنی را شاخص های سیستم باربر ساختمان با وزن ۰/۲۶۶ دارد. بعد از آن، شاخص های جنس مصالح، قدمت بنا، دسترسی، دانه بندی، تعداد طبقات و تعداد واحد به ترتیب با اوزان ۰/۱۳۴، ۰/۱۳۱، ۰/۱۲۸، ۰/۱۲۷، ۰/۱۲۳، ۰/۰۹۱ اولویت های بعدی را به خود اختصاص داده اند. یافته های روند الگوها در مدل رگرسیون نشان می دهد که بیشترین آماره  $t$  در بین عوامل تأثیرگذار در سنجش آسیب پذیری شهری در برابر زلزله را شاخص قدمت بنا با ضریب ۸/۰۹ دارد. بعد از آن، به ترتیب شاخص های سیستم باربر ساختمان، جنس مصالح، دانه بندی، دسترسی، تعداد واحد و تعداد طبقات با اوزان ۷/۳۹، ۶/۱۳، ۱/۲۱، ۱/۱۱، ۱/۰۶، ۱/۰۴ قرار دارند. نتایج مدل موران نشان می دهد که ۱۱/۱۹ درصد سطح محله در پهنه آسیب پذیری کم، ۱۶/۱۰ درصد سطح محله در پهنه آسیب پذیری نسبتاً کم، ۷/۷۷ درصد سطح محله در پهنه آسیب پذیری متوسط، ۳۵/۰۶ درصد سطح محله در پهنه آسیب پذیری نسبتاً زیاد و ۲۹/۸۷ درصد

۱. مجموع کلیه سطوح در اختیار هر کاربری مسکونی، تجاری، اداری، دفتر کار، انباری تجاری، بالکن تجاری و به استثنای پارکینگ، انباری، راهرو و حریم و سایر مشاعات ساختمان

کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید چمران

زارعی، شیرین؛ حزباوی، زینب؛ مصطفی زاده، رئوف؛ اسمعیلی عوری، ابازر (۱۳۹۹). مقایسه آسیب پذیری زیرحوضه های آبخیز سامیان بر اساس تغییرات مولفه های اقلیمی. پژوهشهای جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی). ۵۲(۲)، ۲۱۷-۲۳۶.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=528053>

شکیبا، علیرضا؛ میرجعفری، سیدبابک؛ علوی، سیدعلی؛ کامل، بتول (۱۳۹۲). ارزیابی تلفات انسانی و خسارت‌های ساختمانی در سناریوهای مختلف زلزله در شرایط عدم قطعیت (منطقه مطالعه شده: منطقه ۸ شهر تبریز). مجله سنجش از دور و GIS ایران، ۵(۳)، ۶۴-۴۹  
[https://gisj.sbu.ac.ir/article\\_95185.html](https://gisj.sbu.ac.ir/article_95185.html)

شهین‌باهر، ایرج؛ وظیفه‌شناس، رسول (۱۳۹۱). بررسی میزان تاب‌آوری ساختار فضایی و کالبدی شهرها نمونه موردی: شهر وان ترکیه. شمس شورای مرکزی سازمان نظام مهندسی ساختمان کشور، تیر و خرداد، صص ۵۷-۶۱

صفایی پور، مسعود؛ سیاحی، زهرا؛ زرگر شوشتری؛ محمدامین؛ داری پور، نادیا (۱۳۹۳). بررسی تأثیر وقف بر توسعه اقتصادی شهر اهواز؛ مطالعه موردی: منطقه یک. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۵(۱۶)، ۱۰۴-۸۹  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=220700>

عابدینی، موسی؛ سرمستی، نادر (۱۳۹۵). ارزیابی ضریب آسیب‌پذیری کلان‌شهر تبریز در برابر خطر زلزله و برآورد تلفات انسانی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۹(۲۳)، ۵۶-۳۵  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=297216>

عزیزی، الهام؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ حزباوی، زینب؛ اسمعیلی عوری، ابازر؛ میزایی، شهناز (۱۴۰۰). معرفی شاخص آسیب‌پذیری سیل (FVI) به‌عنوان ابزاری در مدیریت بحران سیل. دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۱۱(۲): ۱۶۵-۱۵۸

محمدی ده چشمه، مصطفی؛ نظرپور دزکی، رضا (۱۳۹۵). مدل‌سازی تلفات انسانی در سناریوی وقوع زلزله شبانه منطقه یک شهر اهواز بر پایه مدل کوبرن فازی. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۵(۲۰)، ۳۸-۲۱  
[https://geoeh.um.ac.ir/article\\_30390.html](https://geoeh.um.ac.ir/article_30390.html)

محمدی ده چشمه، مصطفی؛ علیزاده، مهدی؛ پرویزیان، علیرضا (۱۳۹۸). مکان‌یابی پناهگاه‌های شهری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل (مورد مطالعه: شهر کوهدشت). مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۹(۳۲)، ۱۶۲-۱۴۹  
<https://www.magiran.com/paper/2033113>

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

Allan, P., Bryant, M.(2010). The Critical Role of Open Space in Earthquake Recovery: A Case Study. NZSEE Conference. Victoria University of Wellington. Wellington New Zealand.

Amaratunga D., Haigh R. (2011). Post Disaster Reconstruction of The Built Environment - Building for Resilience, Wiley-Blackwell. U.K.

Antonioni, G., Gigliola. S., Valerio, C. (2007). A methodology for

گیرد و تمهیداتی در نظر گرفته شود تا از تراکم بیشتر جمعیت در این محله به‌ویژه در هم‌جواری گسل اصلی جلوگیری شود.

- در طرح‌های تفصیلی آینده در کاربری‌های مختلف شهری تغییر صورت گیرد و کاربری‌ها به‌صورت مختلط پیشنهاد گردند نه غالب.
- شهرداری و نهادهای مسئول به ساکنان محله کیانپارس که ضریب نفوذپذیری معابر در آن‌ها کم است به‌ویژه مرز سطح اشغال یا تراکم ساختمان پایین‌تری اعطاء کنند.
- افزایش مشارکت نهادها در زمینه کمک به نوسازی بافت‌ها و تشویق ساکنان این محله از طریق اعطاء وام با بهره کم.
- پراکنش مناسب پایگاه‌های امدادرسانی جهت کمک سریع به مصدومان و کاهش تلفات انسانی بعد از وقوع زلزله در سطح نواحی مختلف.

## منابع

امان پور، سعید؛ پرویزیان، علیرضا (۱۳۹۹). مکان‌یابی پناهگاه‌های چندمنظوره شهری مبتنی بر اصول پدافند غیرعامل (مطالعه موردی: منطقه ۱ کلان‌شهر اهواز). مجله علمی «آمایش سرزمین» ۱۲(۲) و ۳۸۵-۴  
[https://jtcp.ut.ac.ir/article\\_77550.html](https://jtcp.ut.ac.ir/article_77550.html)

امان پور، سعید؛ ملکی، سعید؛ صفایی پور، مسعود؛ امیری فهلیانی، محمدرضا (۱۳۹۷). تحلیل وضعیت و تعیین استراتژی‌های مبتنی بر سناریو در تاب‌آوری شهری (موردپژوهی: کلان‌شهر اهواز). نشریه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۹(۳۵)، ۴۶-۳۱  
[http://jupm.miau.ac.ir/article\\_3277.html](http://jupm.miau.ac.ir/article_3277.html)

پرویزیان، علیرضا؛ احمدی، هاجر (۱۳۹۸). سنجش تاب‌آوری کلان‌شهرها در برابر زلزله؛ مطالعه موردی کلان‌شهر اهواز. اولین کنگره ملی پژوهش، کارآفرینی و توسعه ملی با رویکرد حمایت از تولید ملی، تهران، موسسه رویش فردای جوان،  
[https://www.civilica.com/Paper-NCREND01-NCREND01\\_038.html](https://www.civilica.com/Paper-NCREND01-NCREND01_038.html)

پرویزیان، علیرضا؛ امان پور، سعید؛ احمدی، هاجر؛ حاجی پور، نازنین (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی پراکنش فضایی مدارس ابتدایی با استفاده از GIS؛ (مطالعه موردی: منطقه ۳ اهواز). دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۹(۱۸)، ۴۸-۳۵  
[http://grup.journals.pnu.ac.ir/article\\_4454.html](http://grup.journals.pnu.ac.ir/article_4454.html)

حبیبی، کیومرث؛ بهزاد فر، مصطفی؛ مشکینی، ابوالفضل؛ نظری، سعید (۱۳۹۲). تهیه یک مدل پی‌شبینی ناپایداری بافت‌های کهن شهری در برابر زلزله با منطق سلسله‌مراتبی وارون و GIS. علوم زمین، ۲۲(۸۷)، ۹۲-۸۳  
[https://www.gsjournal.ir/article\\_53839.html](https://www.gsjournal.ir/article_53839.html)

رحمانی‌لیر، پیروز (۱۳۹۴). سنجش ضریب آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله مطالعه موردی دهستان دهدشت غربی، پایان‌نامه



the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events. Journal of Hazardous Materials. Article in press.

Aysan. Y., Davis. I.(1994). Conclusions and recommendations for the international decade for natural disaster reduction (IDNDR). Disasters and the small dwelling: Perspective for the UN IDNDR (James and James Science). 1992. 256-260.

Sanderson. D.(2000). Cities. Disasters and Livelihood, environment and urbanization. Vol. 12. No. 2. 93- 102.

Van Westen, C.(2006). Geoinformation Science and Earth Observation for municipal risk management. The SLARIM project. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation. ITC. P.O. Box 67500 AA Enschede, The Netherlands.

Yukio Tamari, Yuichi Suzuki, Yuta Nakagama, Yuichi Otsuka. (2019). An example of three dimensional ground model development for earthquake response analysis by using a simple ground modeling system. Japanese Geotechnical Society Special Publication. 2019 Volume 6 Issue 2. 45-52