

مدل سازی تلفات انسانی در سناریوی وقوع زلزله شبانه منطقه یک شهر اهواز بر پایه مدل کوبرن فازی^۱

مصطفی محمدی ده چشمه^۲ - استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
رضا نظریور دزکی - دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱۷

چکیده

در کنار بوم ساخت خطرپذیر ایران در مواجهه با زلزله، گسترش شتابان شهرنشینی در دوران معاصر و پیدایش کلان شهرها به عنوان مکان های تجمع جمعیت انبوه، سرمایه و زیرساخت ها و مکان گزینی نامناسب آن ها در حریم ناامن گسل ها، زمینه ساز شکل گیری کانون های شهری عموماً نالیمن در برابر زلزله شده است. اهواز کلان شهری با موقعیت راهبردی در قلمرو جغرافیایی ایران (ژئواستراتژیک و ژئواکونومیک) نیز از قاعده خطرپذیری در برابر زلزله مستثنی نیست. بر این اساس، پژوهش حاضر با تدوین سناریو زلزله احتمالی شبانه و شبیه سازی آن در این شهر، سعی در برآورد تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله در نواحی پنج گانه منطقه یک کلان شهر اهواز دارد. این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی - تحلیلی است. همچنین روش آنالیز منتخب، فازی و مدل بررسی، مدل مرگ آوری کوبرن و همکاران است. یافته ها حاکی از آن است که از نظر تلفات انسانی ناحیه چهار با ۷۰۳۱ نفر بیشترین تلفات و ناحیه پنج با ۴۲۵ نفر کمترین تلفات را به خود اختصاص داده اند. همچنین بررسی نشان داده است که علاوه بر زمان وقوع زلزله، نوع کاربری غالب و تراکم جمعیت بیشترین نقش را در میزان تلفات انسانی نواحی منطقه یک شهر اهواز ایفا می کنند.

کلیدواژه ها: شهر اهواز، تلفات انسانی، زلزله، سناریو، روش های کوبرن و فازی.

۱. مقدمه

به‌طور معمول در بین سوانح طبیعی، زلزله با توجه به ضریب تکرار، گستره اثر، میزان و شدت خسارات و تلفات به‌عنوان فراگیرترین و مخرب‌ترین نوع مخاطرات طبیعی محسوب می‌شوند. به‌طور متوسط نزدیک به ۱۳۰/۰۰۰/۰۰۰ نفر در جهان، در معرض خطرات ناشی از وقوع زمین‌لرزه دارند (سازمان ملل، ۲۰۰۸: ۲۶)، این در حالی است که در قرن بیستم، ایران با ۴۷۲۷۶ نفر بالاترین میزان تلفات را دارا بوده است. بر پایه آمارهای موجود در ۲۵ سال گذشته بیش از ۶ درصد مرگ‌ومیرهای کشور ناشی از زلزله بوده است (ابراهیم‌زاده و کاشفی دوست، ۱۳۹۳: ۸۶). همچنین بر اساس گزارش سازمان ملل ایران به‌طور میانگین ۶ درصد از تلفات لرزه‌ای جهان را داراست (ابلقی، ۱۳۸۴: ۲). به‌گونه‌ای که آخرین زلزله بزرگ در ایران یعنی زلزله بم، بیش از ۳۰ هزار کشته، بیش از ۱۰ هزار زخمی و بیش از ۱۰۰ هزار نفر بی‌خانمان و تخریب بیش از ۸۰ درصد از شهر و چیزی بیش از ۸۰۰ میلیون دلار خسارت مالی را به بار آورد (احدنژاد روشتی و جلیل‌پور، ۱۳۹۲: ۲۴). از این منظر ایران جزو ده کشور نخست جهان در زمینه بلاخیزی قرار دارد.

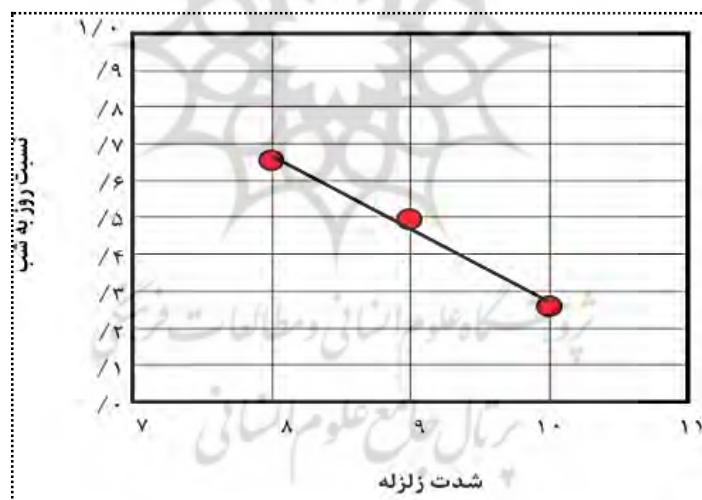
آنچه بر پیچیدگی‌های ناشی از سطح و تنوع خطرپذیری شهر ایرانی افزوده، پویای جمعیتی شهرگرا و عمدتاً تمرکز طلبی است که زمینه‌ساز شکل‌گیری کانون‌های شهری عموماً نالایمن در برابر مخاطرات و حوادث غیرمترقبه شده است (رهنمایی و محمدی ده‌چشمه، ۱۳۸۸: ۲۸۴). چراکه به اعتقاد صاحب‌نظران آنچه موجب افزایش تلفات ناشی از زلزله می‌شود، خود زلزله نیست، بلکه ساختمان‌های غیرمقاوم یا کم مقاومتی است که بدون توجه به ملاحظات و اصول ایمنی، فنی و شهرسازانه ساخته می‌شوند. به عبارتی از آنجاکه میزان تلفات انسانی تابعی از آسیب‌پذیری فیزیکی ابنیه است (راهنما و طالعی، ۱۳۹۱: ۵۵) معمولاً عمده‌ترین تلفات انسانی زلزله‌های به وقوع پیوسته ناشی از آسیب وارده به ساختمان‌ها و سازه‌ها بوده و طبق برآوردهای انجام شده در جهان بالای ۷۵ درصد از مرگ‌ومیرها و اگر حوادث ثانویه زلزله را هم به آن اضافه کنیم، بیش از ۹۰ درصد از تلفات انسانی به ریزش ساختمان‌ها برمی‌گردد (لانتادا، ۲۰۰۸: ۲).

این در حالی است که صدمات و تلفات انسانی که دامنه‌ای از جراحات کوچک تا مرگ‌ومیر را در بر دارد، از مشخصه‌های مهم شدت زلزله محسوب می‌شوند (کوبرن و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۲). از این‌رو برای برآورد دقیق تلفات انسانی ابتدا باید ضریب آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری محاسبه، سپس بر اساس خسارات فیزیکی، میزان تلفات انسانی را بر اساس مدل نسبت مرگ‌آوری^۱ برآورد نمود (شیباتا و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۷۰۵). نسبت مرگ‌آوری به‌عنوان نسبتی از تعداد افراد کشته شده با تعداد ساکنین موجود در حین ریزش ساختمان تعریف می‌شود (فما، ۲۰۱۳: ۱۱۲). البته این نکته نیز قابل ذکر است که علاوه بر بعد کالبدی، مؤلفه زمان وقوع زلزله، نیز در برآورد تلفات

1 Lethality Ratio(LR)

انسانی مؤثر است، به گونه‌ای که میزان تلفات انسانی وقوع زلزله در شب هنگام نسبت به روز به علت الگوی اشغال زمانی و امکان محدود واکنش سریع امداد و نجات بیشتر است (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۲: ۱۵۶).

نکته قابل ذکر اینکه این حوزه تحقیقات به‌ویژه در تدوین سناریو شبیه‌سازی و آینده‌نگاری^۱ زلزله همچنان نو محسوب می‌شود. از مهم‌ترین نمونه سوابق تحقیقاتی انجام شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: عزیزی و اکبری (۱۳۸۷)، با استفاده از مدل‌های AHP^۲ و GIS^۳ نشان داده‌اند که با افزایش مقدار متغیرهایی چون تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی و فاصله از فضاهای باز میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. قدیری و رکن‌الدین افتخاری (۱۳۹۲)، نشان داده‌اند که درجه آسیب‌پذیری مردم نه تنها به نزدیکی به منبع خطر و یا رفتار سستی، بلکه به جایگاه اجتماعی و فضایی آن‌ها در جامعه نیز وابسته است. ملکی و مودت (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل‌های TOPSIS، μ D و GIS به این نتیجه رسیده‌اند که در شهر یزد مناطق و محلات در برابر زلزله مقاومت و آسیب‌پذیری و میزان تلفات متفاوتی را دارا می‌باشند. احد نژاد (۱۳۸۹) برای تدوین سناریوی تلفات انسانی بر مؤلفه‌های زمانی، کالبدی، سازه‌ای اشاره نموده است. همچنین راشد و همکاران (۲۰۰۲)، مهمت (۲۰۰۴)، چن کینگ (۲۰۰۱)، فاما (۲۰۱۳)، ای اس دی آر (۲۰۰۸)، ای بی‌ای (۲۰۱۴) و لاتناد و همکاران (۲۰۰۹) از دیگر تحقیقات این حوزه می‌باشند.



شکل ۱. نسبت تلفات زلزله در شدت‌های مختلف، روز و شب (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۹)

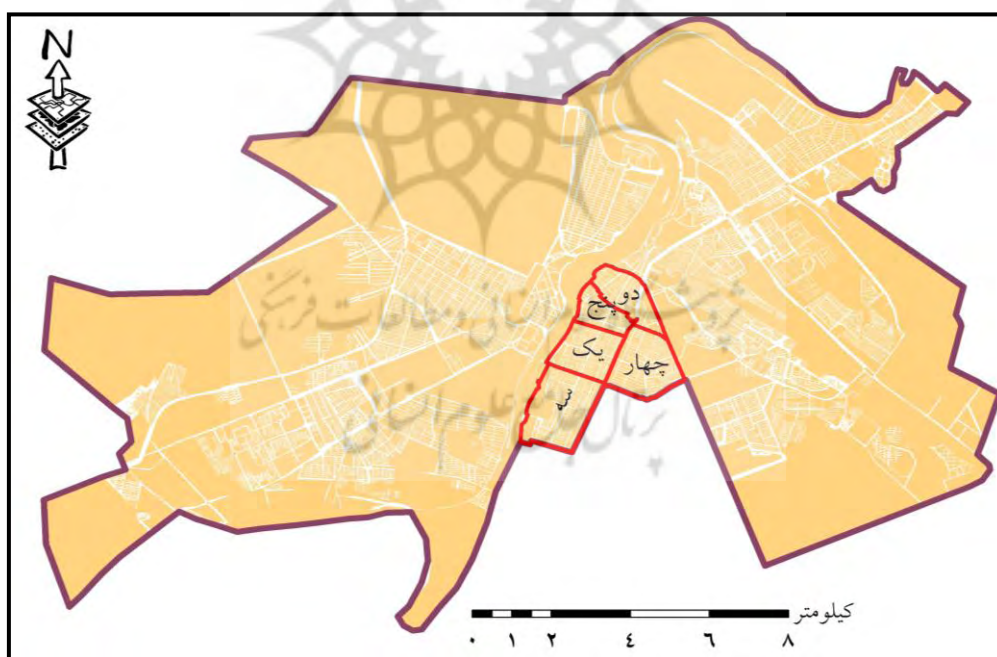
بررسی پهنه بندی مناطق مستعد لرزه خیزی توسط پژوهشگاه زلزله شناسی نشان داده است که نقاط و پهنه‌های وسیعی از ایران مستعد آسیب‌پذیری ناشی از این مخاطره هستند. استان خوزستان به دلیل واقع شدن در کمربند

- 1 Simulating and Forecasting
- 2 Analytical Hierarchy Process
- 3 Geographical Information System

زلزله‌خیز زاگرس، گسل‌های متعددی دارد و گسل اهواز از جمله این گسل‌هاست (نظریور، ۱۳۹۳: ۲۷). با این حال هدف تحقیق حاضر برآورد تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله احتمالی شبانه در منطقه یک کلان‌شهر اهواز است. سؤال این تحقیق این است که میزان تلفات انسانی در نواحی چهارگانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز به‌عنوان پیامدی از زلزله شبانه در شهر اهواز چقدر است؟

۲. منطقه مورد مطالعه

اهواز مرکز استان خوزستان با مساحت ۲۲۲ کیلومترمربع، دارای ۱۷ منطقه شهری است که به وسیله رودخانه کارون به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌شود. جمعیت کلان‌شهر اهواز در اولین سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۳۵) برابر ۱۲۰۰۹۸ نفر و در آخرین سرشماری یعنی (۱۳۹۰) برابر با ۱۱۳۳۰۰۳ نفر بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰). منطقه یک این کلان‌شهر با مساحت تقریبی ۱۰۰۰ هکتار، کم وسعت ترین منطقه شهری اهواز است (مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه، ۱۳۹۱: ۱). این منطقه دارای ۴ ناحیه شهری است و جمعیت آن در آخرین دوره سرشماری برابر با ۱۲۵۰۲۵ نفر بوده است (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری اهواز، ۱۳۹۱: ۲۸).



شکل ۲. موقعیت نواحی منطقه یک کلان‌شهر اهواز

۱ کلان شهر اهواز تا سال ۱۳۹۱ دارای ۸ منطقه شهری بوده اما در تاریخ ۹۱/۱۱/۴ منطقه پنج (کوت عبدالله) از آن جدا شده و مرکز شهرستان جدید کارون شده است.

پرداختن به مقوله آینده‌نگاری و سناریونویسی مخاطره زلزله در این شهر از آن جهت اهمیت دارد که اهواز از ابعاد مختلف به‌عنوان یک شهر راهبردی در ایران محسوب می‌شود. این شهر از ابعاد جغرافیای سیاسی - نظامی^۱، جغرافیای اقتصادی^۲، جغرافیای فرهنگی^۳، جغرافیای آب و کشاورزی^۴ دارای موقعیت منحصر به فردی می‌باشد که خطرپذیری آن را در برابر مخاطرات نه‌تنها در بعد محلی - منطقه‌ای بلکه در مقیاس ملی قابل توجه ساخته است.

۳. مواد و روش‌ها

این تحقیق کاربردی و از نظر روش شامل دو بخش توصیفی - تحلیلی بوده که در بخش توصیفی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و تحقیقات انجام شده، مبانی نظری و معیارهای مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی جمع‌آوری شد و در بخش تحلیلی سعی شده است تا با استفاده از روش تحلیل فازی و مدل نسبت مرگ‌آوری کوبرن و همکاران^۵ میزان تلفات انسانی ناشی از زلزله در زمان شب برآورد گردد. با این حال معرفی سناریوی پیشنهادی در ارزیابی آسیب‌پذیری و برآورد تلفات انسانی اولین گام در هر گستره مطالعاتی است. سناریوی فرضی در این پژوهش بر سه متغیر اصلی مؤثر بر میزان تلفات تأکید دارد:

الف) زمان وقوع زلزله در شب است.

ب) محل وقوع زلزله منطقه یک کلان‌شهر اهواز است.

ج) ساختمان‌ها از نظر کالبدی در دو گروه (۱) فلزی و بتنی و (۲) با مصالح بنایی تعریف شده‌اند. نکته قابل توجه اینکه انعطاف‌پذیری به منظور افزایش تعداد شاخص‌های منتخب و قابلیت ترکیب با مدل‌های چند معیاری تصمیم‌گیری از مهم‌ترین مزایای این مدل محسوب می‌شوند. بر این اساس بررسی سوابق مطالعاتی با این مدل، بهره‌گیری از مؤلفه‌های مختلف را نشان داده است که به‌عنوان سابقه‌ای برای پژوهش پیش‌روست.

مدل منطق فازی

مدل منطق فازی یا منطق تار و نامعین؛ این نظریه برای اولین بار توسط دانشمند ایرانی پرفسور عسکر لطفی زاده، استاد دانشگاه برکلی آمریکا برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که غیردقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. درجه عضویت‌پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع و

1 political-military Geography

2 Economic geography, geography

3 Cultural Geography

4 Agriculture Geography and Hydro politic

5 Coburn and et al

گاما توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. برای ایجاد لایه‌ها و مجموعه‌های فازی می‌توان توابع ریاضی چون آستانه خطی، سیگموئیدال، S، شکل، هایپربولیک و غیره را به کار برد. به‌عنوان مثال اگر برای مکان‌یابی تأسیسات شهری چون نیروگاه، چند متغیر مانند نزدیکی به راه‌های ارتباطی و یا گسل موردبررسی قرار گیرد، تعیین درجه عضویت به شرح زیر خواهد بود:

$$F(x) = \begin{cases} \text{if } x < 1000 & \rightarrow \text{value (1)} \\ \text{if } 4000 < x < 1000 & \rightarrow \text{value} = \frac{X_{MAX} - X}{\Delta x} \\ \text{if } x > 4000 & \rightarrow \text{value (0)} \end{cases}$$

یعنی مقدار فازی نقطه ۱۰۰۰ متری از راه‌های ارتباطی برابر با (۱)، مقدار فازی نقطه ۴۰۰۰ متری از راه برابر (۰) و مقدار فازی نقطه ۱۶۰۰ متری با استفاده از تابع آستانه خطی برابر ۰٫۶۶ خواهد بود. برای تمام لایه‌های دیگر همین عملیات را پیاده‌سازی و فضای منطقه ارزش‌گذاری می‌گردد. شاید بتوان بزرگ‌ترین ضعف این مدل را وزندهی غیراستاندارد که مبتنی بر آراء و عقاید متفاوتی است، نامید. با این وجود از کاربردی‌ترین مدل‌های تلفیق در علوم مختلف از جمله برنامه‌ریزی شهری است (فرهودی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۷ و ۱۸).

در تحقیق حاضر به دلیل اثر کاهشی - افزایشی لایه‌ها از تابع گاما استفاده شده است، زیرا این تابع، زمانی استفاده می‌شود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد. این تابع کلی تابع جمع (Fuzzy Sum) و ضرب (Fuzzy Product) فازی است (چیت‌سازان و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۸). برتری عملگر فازی گاما (Fuzzy Gamma) نسبت به دیگر عملگرهای فازی به این خاطر است که برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب (Fuzzy Product) و حساسیت خیلی کم عملگر فازی جمع (Fuzzy Sum)، عملگر دیگری به نام عملگر فازی گاما معرفی شده که حد فاصل ضرب و جمع جبری فازی است. اگر در فرمول عملگر فازی گاما، لاندا برابر یک باشد، خروجی، همان نقشه عملگر فازی جمع (Fuzzy Sum) خواهد بود و اگر لاندا برابر صفر باشد، نقشه خروجی همان نقشه عملگر فازی ضرب (Fuzzy Product) خواهد بود (کرم و یعقوب‌نژاد اصل، ۱۳۹۲: ۲۴۰).

مدل کوپرن یا مدل برآورد تلفات انسانی

برای برآورد تلفات انسانی از نظریه نسبت مرگ‌آوری یا نظریه کوپرن و همکاران که در سال ۱۹۹۲ ارائه گردید (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۶)، استفاده شده است. در این مدل با استفاده از لایه جمعیتی منطقه، استانداردهای موجود در جدول (۱) و همچنین اطلاعات به دست آمده از تلفیق نقشه‌ها یعنی تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده، میزان تلفات انسانی با کمک فرمول زیر استخراج گردید.

معادله (۱)

$$K_s = C [M_1 \times M_2 \times M_3 \times (M_4 + M_5(1 - M_4))]$$

K_s : تعداد آسیب‌دیدگان در زلزله شامل مردگان و مجروحان

C : تعداد ساختمان‌های تخریب شده

M_1 : تعداد افراد ساکن در هر واحد ساختمانی

M_2 : درصد ساکنین مستقر در واحدهای ساختمانی در حین وقوع زلزله که بسته به زمان وقوع زلزله و نوع

کاربری ساختمان متغیر است. به‌عنوان مثال اگر ارزیابی تلفات برای شب باشد، به‌طور متوسط این رقم معادل ۸۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

M_3 : درصد تعداد ساکنین گرفتار شده در زیر آوار حاصل از ریزش ساختمان که این مورد می‌تواند بسته به نوع

سازه متغیر باشد که مقادیر استاندارد آن در جدول (۱) آورده شده است.

M_4 : درصد مرگ‌ومیر افراد گرفتار شده در زیر آوار (نسبت تلفات بلافاصله پس از فرو ریختن ساختمان‌ها) که

این مورد به نوع سازه ساختمان ارتباط دارد و مقادیر آن برای ساختمان‌های شهری بر اساس نوع اسکلت در جدول (۱) آورده شده است.

M_5 : درصد مرگ‌ومیر بعد از ریزش می‌باشد (نسبت مجروحانی که پس از فرو ریختن و قبل از امداد رسانی می‌-

میرند) که به‌طور مستقیم به مدیریت بحران بعد از زلزله ارتباط پیدا می‌کند. به‌عنوان مثال اگر امداد رسانی و آواربرداری بلافاصله بعد از وقوع زلزله صورت بگیرد، مقدار آن خیلی کم و اگر امداد رسانی و آواربرداری به‌کندی صورت گیرد، مقدار زیاد خواهد شد (احدنژاد روشتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۸۸).

جدول ۱. مقادیر استاندارد و متوسط هر یک از اجزای به‌کاررفته در معادله شماره ۱

M5 (درصد)	M4 (تعیین نوع مجروحیت به درصد)				M3 (درصد)	M2 (درصد)	نوع ساختمان
	فوتی	با وضعیت وخیم	نیاز به بستری شدن	جزئی			
۶۰	۱۵	۲۵	۳۰	۳۰	۶۰	۸۰	مصالح بنایی
۹۰	۴۰	۱۰	۴۰	۱۰	۵۰	۸۰	اسکلت فلزی و بتنی

۴. بحث و نتایج

۴-۱. مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله

تحلیل میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری. مرحله اول: قالب لایه‌های معیارهای مؤثر در تحلیل مورد نظر

تصحیح و تغییر داده شده و بر اساس ویژگی مورد نظر رستر شده‌اند. مرحله دوم: استانداردسازی نقشه‌های معیار؛ در

این مرحله نقشه‌های مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله که در مرحله قبل تولید شده را به دلیل عدم همگن بودن واحدهای آن‌ها، جهت استانداردسازی و همگن کردن و همچنین افزایش انعطاف‌پذیری آن‌ها، از ابزار (FuzzyMembership) در محیط ArcGIS استفاده شده است. استانداردسازی فازی در دامنه عددی بین (۰ تا ۱) می‌باشد. که در این تحقیق به این معنا است که عدد (۱) بیشترین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی و (۰) دارای کمتر آسیب‌پذیری مناطق مسکونی می‌باشد. در جدول (۲)، لایه‌ها و نوع توابع به‌کاررفته در (FuzzyMembership) برای استانداردسازی فازی هر معیار بیان شده است.

نقشه‌های استاندارد شده معیارها: در ادامه ۸ معیار مؤثر در تحلیل میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی را پس از تأثیر توابع فازی در هر کدام از معیارها، آن‌ها را استاندارد کرده، به‌گونه‌ای که میزان آسیب‌پذیری در تمام نقشه‌ها به صورت بازه (۰ تا ۱) نشان داده شده است. در شکل (۳) لایه‌های استاندارد شده معیارهای مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله نشان داده شده است.

جدول ۲. توابع فازی استانداردسازی معیارهای مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله

شاخص	نوع تابع	شکل تابع فازی ^۲	شرایط افزایش آسیب‌پذیری شاخص‌ها
تراکم ساخت	Linear ^۳	افزایشی	افزایش این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
تعداد طبقات	linear	افزایشی	افزایش تعداد طبقات باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
تعداد واحد	linear	افزایشی	افزایش این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
سطح اشغال	linear	افزایشی	افزایش سطح اشغال باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
عمر بنا	linear	افزایشی	افزایش عمر ساختمان باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
زیربنا	linear	کاهشی	کاهش میزان این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
نوع اسکلت	linear	کاهشی	اسکلت با مقاومت کم باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
نوع کاربری ^۴	-	-	نوع کاربری در افزایش یا کاهش آسیب‌پذیری مؤثر می‌باشد. ^۵

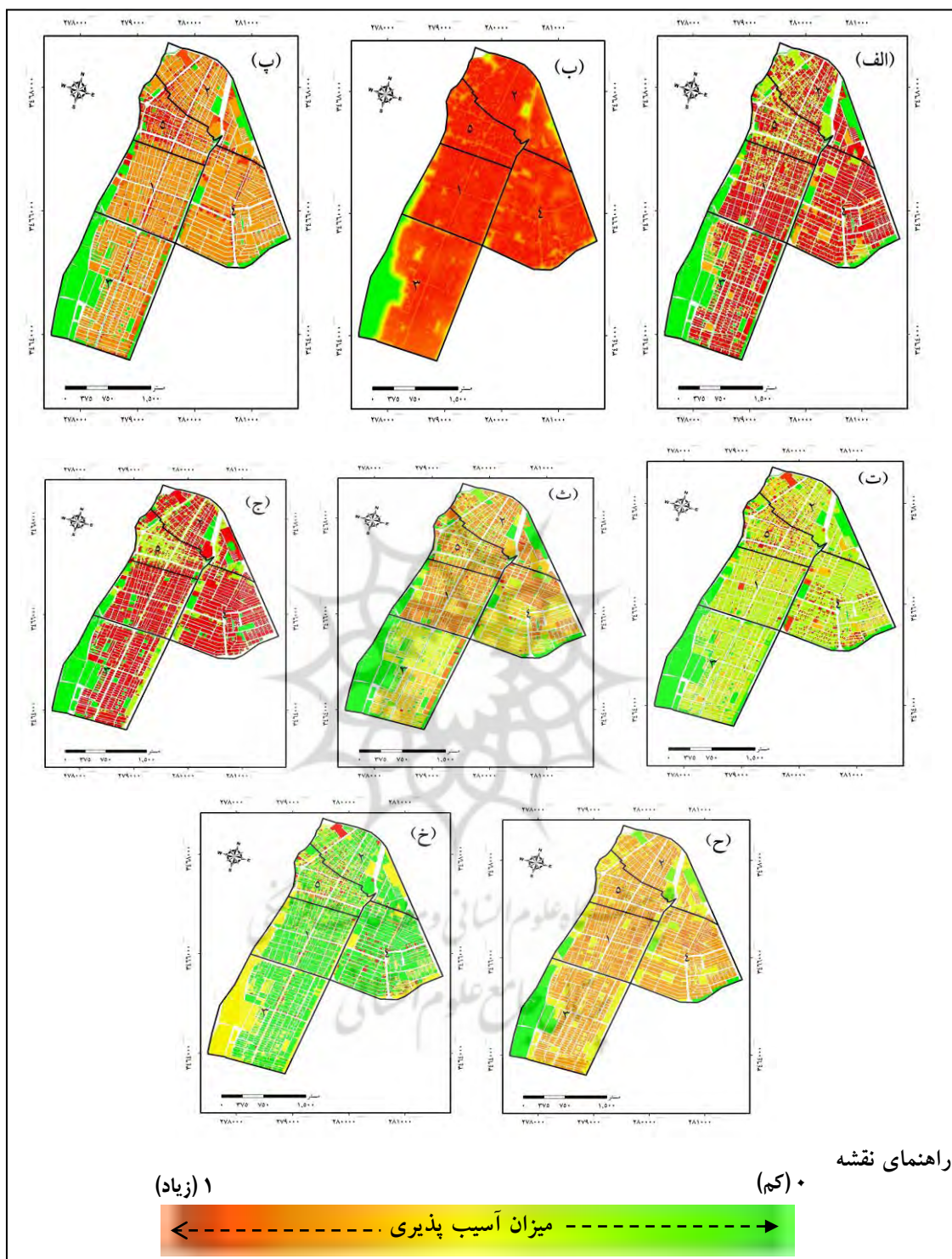
۱ انتخاب معیار با بررسی سوابق مطالعاتی (احد نژاد و همکاران، ۱۳۹۲) و (مشکینی و همکاران ۱۳۹۳) و Coburn, 2002 و البته تطبیق اطلاعات به قلمرو مطالعه و همچنین دسترسی به بانک داده‌های مکانی صورت گرفته است.

۲ شکل تابع فازی، افزایش و کاهشی دو حالت از تابع Linear در (Fuzzy Membership) می‌باشد که در اینجا به این معنی می‌باشد. که در حالت افزایش میزان یک شاخص یا فاصله از آن، میزان آسیب‌پذیری افزایش و با حالت کاهش، میزان آسیب‌پذیری کاهش می‌یابد.

۳ Linear: از گزینه‌های (FuzzyMembership) در برنامه (Arc gis) می‌باشد که موارد کاربرد آن در لایه‌هایی است که فاصله گرفتن از آن‌ها یا افزایش امتیاز آن به صورت خطی آسیب‌پذیری را کاهش یا افزایش می‌دهد.

۴ این لایه ابتدا کدینگ (کدبندی) شده سپس در (Fuzzy Membership) بر اساس کدها استاندارد شده است.

۵ برای مثال در میان کاربری‌ها، بیشترین تلفات انسانی مربوط به کاربری مسکونی می‌باشد.



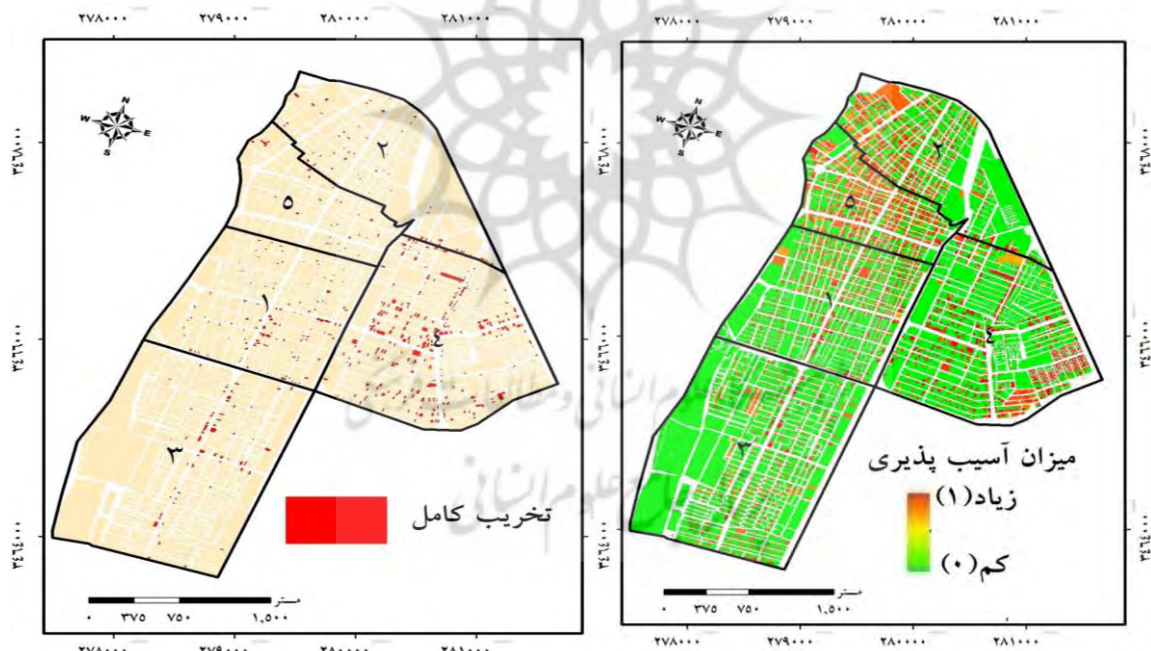
شکل ۳. الف: نوع اسکلت ب: تراکم ساختمانی پ: سطح اشغال، ت: تعداد طبقات ث: عمر بنا ج: کاربری اراضی ح: مساحت زیربنا خ: تعداد واحد

مرحله سوم: همپوشانی کردن لایه‌ها، در این مرحله نقشه‌های استاندارد شده در مرحله قبل را با استفاده از عملگر فازی گاما (۰,۹) در Fuzzy Overlay ترکیب می‌کنیم که نقشه خروجی آن نشان‌دهنده‌ی میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر وقوع زلزله در شب می‌باشد (شکل ۴).

مرحله چهارم: طبقه‌بندی ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه منطقه یک و استخراج ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل (شکل ۵).

جدول ۴. توزیع تعداد ساختمان‌های مسکونی تخریب شده نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ۴	ناحیه ۵
تعداد ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی	۵۱	۲۶	۲۸	۹۰	۱۴
تعداد ساختمان‌های با مصالح بنایی	۴۹	۲۰	۲۶	۴۲	۱۰
مجموع	۱۰۰	۴۶	۵۴	۱۳۲	۲۴
درصد ساختمان تخریبی نواحی	٪ ۲	٪ ۲	٪ ۱	٪ ۲	٪ ۲



شکل ۴. میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه شکل ۵. ساختمان‌های تخریبی نواحی پنج‌گانه

جدول ۳. آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز در طیف‌های مختلف

ناحیه	تعداد کل ساختمان‌های مسکونی ناحیه	آسیب جزئی و قابل‌اغماض	آسیب کم	آسیب متوسط	آسیب سنگین	تخریب کامل
یک	۶۶۳۶	۵۲۶۴	۴۵۱	۰	۸۲۱	۱۰۰
دو	۲۸۱۶	۲۰۲۱	۳۴۲	۱	۴۰۶	۴۶
سه	۴۹۱۹	۳۹۴۴	۳۴۲	۰	۵۳۸	۵۴
چهار	۶۲۶۳	۵۳۴۳	۳۵۳	۲	۵۳۸	۱۳۲
پنج	۱۳۰۲	۷۴۶	۲۳۲	۱	۲۹۹	۲۴

۲-۴. برآورد تلفات انسانی

در این مقاله برای تخمین مقدار تلفات انسانی ابتدا نقشه درجه آسیب‌پذیری ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز با ترکیب ۸ معیار مؤثر در سنجش آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله تهیه شد و سپس ساختمان‌های شهری در طیف آسیب‌پذیری جزئی تا تخریب کامل طبقه‌بندی شدند (جدول ۳ و شکل ۴). از این‌رو ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل را محاسبه کرده (جدول ۴ و شکل ۵) و مبنای برآورد تلفات انسانی در نظر گرفته شد. مقدار (C) در معادله برآورد تلفات انسانی (معادله ۱) از این‌روش به دست آورده شد. در ادامه برای برآورد تعداد تلفات انسانی لایه‌ی ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل در دو دسته ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی و ساختمان‌های با مصالح بنایی^۱ تقسیم شده و در برنامه سیستم اطلاعات جغرافیایی بر روی بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۰ قرار داده شده‌اند و تعداد تلفات انسانی بر اساس جدول (۱)، در این برنامه محاسبه گردیدند. این نکته نیز قابل ذکر است از آنجاکه ممکن است در هر بلوک آماری چندین ساختمان وجود داشته باشد در این تحقیق از میانگین آمار جمعیتی در هر بلوک استفاده شده است. چنانچه بخواهیم آمار دقیق‌تری از تلفات داشته باشیم بهتر است تا آمار جمعیتی را به تفکیک قطعه داشته باشیم که در این تحقیق به چنین آماری دسترسی وجود نداشته است.

۱ ساختمان فاقد اسکلت و سایر ساختمان‌هایی که در گروه ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی قرار نمی‌گیرند در گروهی با عنوان ساختمان‌های با مصالح بنایی قرار داده شده‌اند.

جدول ۵. برآورد تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی با اسکلت فلزی و بتنی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفته شده در زیر آوار (الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۳۰۵	۶۱	۲۴۴	۶۱	۲۴۴	۵۴۹	۱۴۶۴
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۱۴۶	۲۹	۱۱۷	۲۹	۱۱۷	۲۶۳	۷۰۱
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۱۷۰	۳۴	۱۳۶	۳۴	۱۳۶	۳۰۵	۸۱۵
ناحیه ۴	۳۹۵۱۶	۱۱۹۱	۲۳۸	۹۵۲	۲۳۸	۹۵۲	۲۱۴۳	۵۷۱۴
ناحیه ۵	۵۸۳۷	۵۰	۱۰	۴۰	۱۰	۴۰	۹۱	۲۴۱
جمع	۱۲۵۰۲۵	۱۸۶۲	۳۷۲	۱۴۸۹	۳۷۲	۱۴۸۹	۳۳۵۱	۸۹۳۵

جدول ۶. برآورد تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی با مصالح بنایی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفته شده در زیر آوار (الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۳۶۲	۱۸۱	۱۸۱	۱۵۱	۹۱	۳۶۲	۱۳۲۸
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۱۱۷	۵۹	۵۹	۴۹	۲۹	۱۱۷	۴۳۰
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۲۵۳	۱۲۷	۱۲۷	۱۰۶	۶۳	۲۵۳	۹۲۹
ناحیه ۴	۳۹۵۱۶	۴۳۶	۲۱۸	۲۱۸	۱۸۲	۱۰۹	۴۳۶	۱۵۹۹
ناحیه ۵	۵۸۳۷	۵۴	۲۷	۲۷	۲۳	۱۴	۵۴	۱۹۹
جمع	۱۲۵۰۲۵	۱۲۲۳	۶۱۱	۶۱۱	۵۱۰	۳۰۶	۱۲۲۳	۴۴۸۴

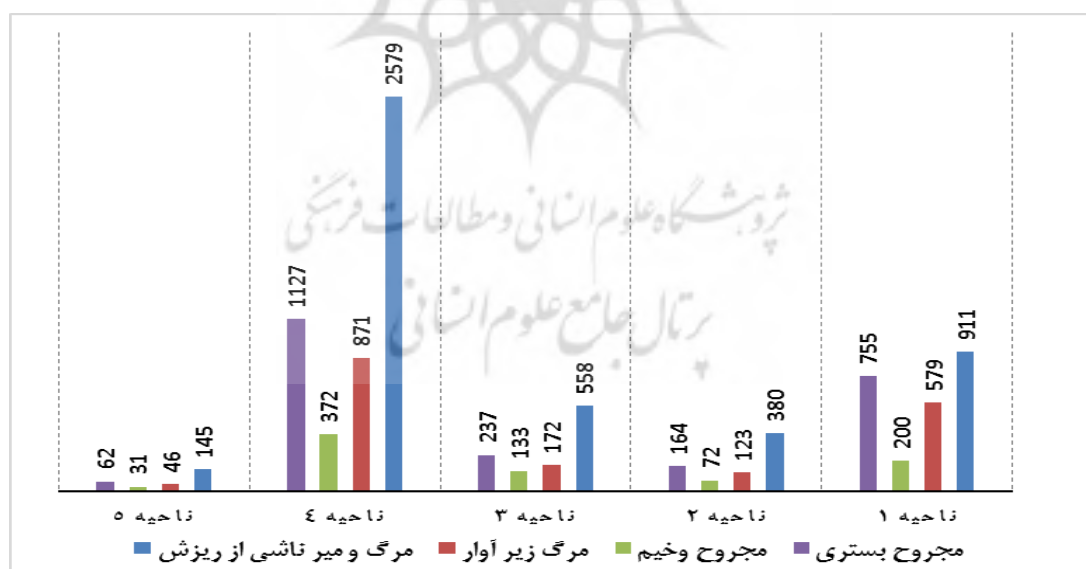
برای محاسبه میزان تلفات انسانی از ۸ معیار استفاده گردید که مدل به کار گرفته شده برای تحلیل آن‌ها مدل منطق فازی بوده است. در مرحله اول؛ میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی (جدول ۳) و در مرحله دوم؛ میزان تلفات انسانی بر اساس نوع سازه ساختمان‌های شهری برآورد شده (جدول ۵ و ۶) و در ادامه مجموع تلفات انسانی نواحی پنج‌گانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز برآورد شده است (جدول ۷). در جدول (۸)، درصد تلفات انسانی و نسبت تلفات به جمعیت هر ناحیه نیز محاسبه گردید و در نهایت نواحی از نظر میزان تلفات و آسیب‌های انسانی نیز رتبه‌بندی گردیدند.

۱ تفاوت مرگ و میر گرفتار شده در زیر آوار (الف) و مرگ و میر بعد از ریزش (ب) در این است که مقدار مرگ و میر (الف) نسبت تلفات بلافاصله پس از فرو ریختن ساختمان‌ها می‌باشد و میزان آن با توجه به نوع سازه ساختمان تغییر می‌کند برای مثال میزان آن برای ساختمان‌های فلزی و بتنی (۴۰ درصد) و برای ساختمان‌های با مصالح بنایی (۱۵ درصد) می‌باشد، اما مقدار مرگ و میر (ب) با توجه به زمان امداد رسانی تغییر می‌کند برای مثال افزایش زمان امداد رسانی باعث افزایش مرگ و میر می‌شود یا به عبارت دیگر نسبت مجروحانی که پس از فروریختن و قبل از امداد رسانی می‌میرند.

جدول ۷. برآورد مجموع تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفتار شده در زیر آوار (الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۶۶۷	۲۴۲	۷۵۵	۲۰۰	۵۷۹	۹۱۱	۳۳۵۴
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۲۶۳	۸۸	۱۶۴	۷۲	۱۲۳	۳۸۰	۱۰۹۰
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۴۲۳	۱۶۱	۲۳۷	۱۳۳	۱۷۲	۵۵۸	۱۶۸۴
ناحیه ۴	۳۹۵۱۶	۱۶۲۶	۴۵۶	۱۱۲۷	۳۷۲	۸۷۱	۲۵۷۹	۷۰۳۱
ناحیه ۵	۵۸۳۷	۱۰۴	۳۷	۶۲	۳۱	۴۶	۱۴۵	۴۲۵
جمع	۱۲۵۰۲۵	۳۰۸۳	۹۸۴	۲۳۴۵	۸۰۸	۱۷۹۱	۴۵۷۳	۱۳۵۸۴

بر اساس یافته‌های تحقیق ناحیه ۴ به‌عنوان آسیب پذیرترین ناحیه در مواجهه با زلزله احتمالی محسوب می‌شود. در این ناحیه میزان مرگ‌ومیر احتمالی ناشی از ریزش ابنیه و ملحقات سازه‌ای معادل ۲۵۷۹ نفر پیش‌بینی شده است. بافت قدیمی، ناپایداری مصالح و تراکم نسبتاً بالای ساختمانی از مهم‌ترین دلایل این الگوی آسیب‌پذیری محسوب می‌شوند. در این ارتباط ناحیه ۵ با تراکم پایین و بافت نوساز کمترین میزان تلفات را نشان داده است.



شکل ۵. تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز

جدول ۸. رتبه‌بندی نواحی پنج‌گانه منطقه یک شهر اهواز بر اساس تلفات انسانی

نام	میزان تلفات	درصد	رتبه تلفات	تلفات / جمعیت	رتبه نسبت تلفات	اولویت ایمن سازی
ناحیه ۱	۳۳۵۴	۲۵	۲	۱۱	۲	دوم
ناحیه ۲	۱۰۹۰	۸	۴	۷	۳	چهارم
ناحیه ۳	۱۶۸۴	۱۲	۳	۵	۵	سه
ناحیه ۴	۷۰۳۱	۵۲	۱	۱۸	۱	یک
ناحیه ۵	۴۲۵	۳	۵	۷	۴	پنج
جمع	۱۳۵۸۴	۱۰۰	-	-	-	-

بر اساس یافته‌های مستخرج از تحلیل مکانی و مدلسازی آماری بر اساس مدل کوبرن، اولویت‌های مدیریت جامع بحران زلزله برای کاهش میزان تلفات در زلزله احتمالی منطقه یک شهراری اهواز به دست آمده است. بر این اساس ناحیه ۴ در اولویت اول ایمن سازی ابنیه قرار دارد و پس از آن به ترتیب ناحیه یک، دو، پنج و سه در اولویت‌های ایمن سازی قرار دارند.

۵. نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت و تراکم جمعیتی در مناطق شهری به‌ویژه در مناطق پرجمعیت و مستعد از نظر لرزه‌خیزی، لزوم نگرش همه‌جانبه و فراگیر به حوادث طبیعی از جمله زلزله و فجایع ناشی از آن، بیش از پیش ضروری است. جهت مقابله اصولی با این پدیده و کاستن از میزان آسیب‌های آن نیاز به انجام سلسله مطالعاتی در خصوص آسیب‌پذیری کالبدی و تخمین میزان خسارت مالی و جانی به وجود آمده در اثر زلزله‌های احتمالی می‌باشد تا با روشن شدن وضعیت آسیب‌پذیری‌ها، به بررسی عوامل آسیب‌زا و شناخت نقاط ضعفی که باعث تشدید آسیب‌های مالی و جانی است، پرداخته شود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۷). از آنجایی که ارزیابی تمامی عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شهر به‌طور یکجا امکان‌پذیر نمی‌باشد، از این‌رو در این مقاله جهت دست یافتن به این هدف با استفاده از ۸ معیار و با کمک مدل‌های فازی و کوبرن به بررسی میزان تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله در هنگام شب در نواحی منطقه یک شهر اهواز پرداخته شده است. طبق یافته‌های تحقیق در قسمت مدل فازی از نظر تعداد ساختمان‌های تخریبی ناحیه چهار به علت اینکه اکثر این ناحیه مسکونی و دارای بافت فشرده و متراکم می‌باشد و بخشی از آن به نام کوی یوسفی دارای بافت فرسوده و قدیمی است با ۱۳۲ ساختمان بیشترین میزان و ناحیه پنج به علت اکثر بافت این ناحیه تجاری و اداری می‌باشد با ۲۴ ساختمان کمترین تعداد ساختمان‌های تخریبی را به خود اختصاص داده‌اند. هرچند که به جزء ناحیه سه در سایر نواحی نسبت ساختمان‌های تخریب شده به کل ساختمان‌های هر ناحیه حدود ۲ درصد می‌باشد. در قسمت مدل برآورد تلفات انسانی بیشترین تلفات مربوط به ناحیه چهار می‌شود که ۳۱ درصد جمعیت منطقه یک را در خود جای داده است. با این حال ۵۱ درصد کل

تلفات انسانی منطقه یک را با میزان ۷۰۳۱ نفر به خود اختصاص داده است که تلفات زیاد این ناحیه را می‌توان در بافت فرسوده بخشی از آن، تراکم جمعیتی زیاد محلات آزادشهر و کوی یوسفی و همچنین در نوع کاربری که اغلب بافت آن را ساختمان مسکونی به خود اختصاص داده، دانست. کمترین میزان تلفات انسانی نیز مربوط به ناحیه پنج است که ۵ درصد از جمعیت منطقه را به خود اختصاص داده اما ۳ درصد کل تلفات انسانی منطقه یک را با میزان ۴۲۵ نفر را شامل شده است که تلفات کم آن را می‌توان در تراکم پایین جمعیتی این ناحیه به‌ویژه محله بازار عبدالحمید با تراکم جمعیتی ۱۸ نفر در هکتار، دانست زیرا این ناحیه از شهر در موقع شب خلوت بوده و نوع کاربری غالب آن، تجاری و اداری می‌باشد. از نظر نسبت تلفات به جمعیت هر ناحیه، آسیب‌پذیری آن‌ها به این ترتیب بوده است که: نواحی چهار (۱۸ درصد)، یک (۱۱ درصد)، دو (۷ درصد)، پنج (۷ درصد) و در نهایت ناحیه سه (۵ درصد) دچار تلفات انسانی در جمعیت خود شده‌اند. بنابراین در رتبه‌بندی نهایی نواحی پنج‌گانه منطقه شهر اهواز بر اساس میزان جمعیت، میزان تلفات انسانی و نسبت جمعیت به تلفات انسانی به ترتیب از آسیب‌پذیرترین به کم آسیب‌پذیرترین شامل نواحی چهار، یک، سه، دو و پنج می‌باشند.

در کل می‌توان گفت یافته‌ها حاکی از آن است که عواملی از جمله ویژگی کالبدی ابنیه، میزان تراکم جمعیتی، نوع کاربری اراضی و به‌ویژه زمان وقوع زلزله در میزان تلفات انسانی زلزله مؤثر هستند؛ به‌گونه‌ای که هرچند ناحیه پنج دارای بافت فرسوده و قدیمی است، اما به خاطر دو پارامتر زمان وقوع زلزله (شب‌هنگام این ناحیه کمترین میزان جمعیت را دارد) و نوع کاربری غالب (تجاری و اداری) کمترین میزان تلفات انسانی را در بر گرفته است و در مقابل ناحیه چهار با وجود اینکه بخش‌های زیادی از این ناحیه دارای ویژگی کالبدی مناسبی می‌باشد اما به خاطر پارامترهایی چون زمان وقوع زلزله (برگشت جمعیت در شب‌هنگام به محل زندگی)، کاربری غالب (مسکونی) و تراکم بالای جمعیتی بیشترین میزان تلفات انسانی را به خود اختصاص داده است.

پیشنهادها

در این تحقیق به این نتیجه دست‌یافتیم که علاوه بر ویژگی‌های کالبدی بنا عوامل دیگری از جمله کاربری غالب، تراکم جمعیتی و زمان وقوع زلزله نقش مؤثری را در میزان تلفات انسانی این منطقه از کلان‌شهر اهواز ایفا می‌کند. از این رو پیشنهاد می‌گردد:

- در زمینه تراکم جمعیتی به‌ویژه در نواحی یک، سه و چهار در طرح‌های شهری تجدید نظر صورت گیرد و تمهیداتی در نظر گرفته شود تا از تراکم بیشتر جمعیت در این نواحی جلوگیری شود.
- در طرح‌های تفصیلی آینده در کاربری‌های نواحی مختلف شهری تغییر صورت گیرد و کاربری‌ها به صورت مختلط پیشنهاد گردند نه غالب.

- شهرداری و نهادهای مسئول به ساکنان نواحی که ضریب نفوذپذیری معابر در آن‌ها کم است به‌ویژه نواحی یک، سه و پنج مجوز سطح اشغال یا تراکم ساختمان پایین‌تری اعطاء کنند.
 - افزایش مشارکت نهادها در زمینه کمک به نوسازی بافت‌های فرسوده و تشویق ساکنان نواحی این منطقه از طریق اعطاء وام با بهره کم.
 - پراکنش مناسب پایگاه‌های امدادسانی جهت کمک سریع به مصدومان و کاهش تلفات انسانی بعد از وقوع زلزله در سطح نواحی مختلف.
- شکل (۶)، مراحل پیشنهادی کاهش تلفات انسانی در برابر زلزله شبانه در اهواز نشان داده شده است.



شکل ۶. عملیات کاهش تلفات انسانی ساختمان‌های شهری در برابر زلزله شبانه در اهواز

کتابنامه

- ابراهیم‌زاده، عیسی؛ کاشفی دوست، دیمین؛ ۱۳۹۳. مدیریت بحران و مکان‌یابی بهینه پایگاه‌های اسکان موقت با استفاده از منطق فازی و مدل تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: شهر پیرانشهر). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۱۲، صص ۸۷-۸۷ مشهد

- ابوئی اشکذری، علیرضا؛ ۱۳۹۱. مدیریت بحران زلزله با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS (نمونه موردی). استاد راهنما: کاظم رنگزن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.
- احدنژاد روشتی، محسن؛ جلیل پور، شهناز؛ ۱۳۹۲. ارزیابی عوامل درونی تاثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از GIS (نمونه موردی: بافت قدیم شهر خوی). فصلنامه آمایش محیط. شماره ۲۰. صص ۵۲-۲۳. اصفهان.
- اسفندیاری، فریبا؛ غفاری گیلانده، عطا و لطفی، خداداد؛ ۱۳۹۳. بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها و برآورد تلفات انسانی ناشی از زلزله در مناطق شهری مطالعه موردی: شهر اردبیل. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال دوم. شماره ۴. صص ۳۶-۱۷. تهران.
- بزرافکن، شهرام؛ نظریور دزکی، رضا؛ ۱۳۹۳. سنجش خطرپذیری ناشی از زلزله در مناطق نفت‌خیز جنوب با مدل «FAHP» جهت مدیریت بحران (مطالعه موردی: شهرستان مسجد سلیمان). اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری. منابع طبیعی و توسعه پایدار. تهران.
- بمانیان، محمد رضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ خالصی، محمد مهدی؛ بمانیان، رضا؛ ۱۳۹۱. کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی (زلزله) از طریق برنامه‌ریزی کاربری زمین «مطالعه موردی: ناحیه ۵ منطقه ۳ تهران». دوفصلنامه مدیریت بحران. شماره دوم. صص ۱۵-۵. تهران.
- رهنمایی، محمد تقی؛ محمدی ده چشمه، مصطفی؛ ۱۳۸۸. تحلیلی جغرافیایی بر نتایج اکولوژیکی ناشی از مهاجرت در شهر اهواز. مجله اطلاعات سیاسی - اقتصادی. شماره ۲۵۹ و ۲۶۰. صص ۲۹۷. تهران.
- عرب‌اله فیروزجاه، علی؛ ۱۳۹۰. نقش طرح‌های توسعه شهری (جامع و تفصیلی) در کاهش آسیب‌پذیری شهر بابل از زلزله. استاد راهنما: ابوالفضل مشکینی. استاد مشاور: مهدی پورطاهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشکده علوم انسانی. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
- عزیزی، محمد مهدی؛ اکبری، رضا؛ ۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله، نشریه هنرهای زیبا. شماره ۳۴. صص ۳۶-۲۵.
- قدیری، محمود؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ ۱۳۹۲. رابطه ساخت اجتماعی شهرها و میزان آسیب‌پذیری در برابر خطر زلزله (مطالعه موردی: محلات کلان‌شهر تهران). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۴. شماره ۲. صص ۱۷۴-۱۵۳. اصفهان.
- کوهی، محمد؛ ۱۳۹۳. سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی در مدیریت بحران طبیعی در بخشی از شهر سنندج - استان کردستان. استاد راهنما: دکتر کاظم رنگزن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS. دانشکده علوم زمین. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- محمدی ده چشمه، مصطفی؛ ۱۳۹۲. ایمنی و پدافند غیرعامل شهری. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ اول. اهواز.
- مشکینی، ابوالفضل؛ قائد رحمتی، صفر؛ شعبان‌زاده نمینی، رضا؛ ۱۳۹۳. تحلیل آسیب‌پذیری بافت شهری در برابر زلزله (منطقه مورد مطالعه: منطقه دو شهرداری تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۶. شماره ۴. صص ۸۵۶-۸۴۳. تهران.
- ملکی، سعید؛ مودت، الیاس؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله مدل‌های TOPSIS، μD و GIS (مطالعه موردی: شهر یزد). مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا. شماره ۳. صص ۱۴۲-۱۲۷. تهران.

وطني اسکویی، اصغر؛ ۱۳۸۷. مدیریت بحران و روند ارزیابی ساختمان‌های آسیب دیده از زلزله. مجله فناوری و آموزش. سال سوم. شماره ۱. صص ۲۴-۹. تهران.

- Ahadnezhad R. M., 2010. Urban Social Vulnerability Assessment against Earthquakes, (Case Study: Zanzan). Urban and Regional Studies. Vol. 2, No. 7.
- Ahadnezhad Raveshti, M. M. Gharakhlou & K. Ziyari., 2010. modeling of the vulnerability of building cities for earthquakes using Analytic Hierarchy Process in GIS case study: Zanzan", Journal of Geography and Development, No. 19, Pp. 171-198.
- Chitsazan, M; F. Dehghani; F. Rast manesh & Y. Mirzaee., 2012. "municipal solid waste disposal site selection using fuzzy logic and spatial information technologies AHP Fuzzy-AHP (case study: R. Hormoz)". Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Sciences, Vol. 4, No. 1, Pp.39-55.
- Coburn Andrew, Spence, Robin., 2002. Earthquake Protection, second edition John Wiley &son, Ltd.
- Consulting Engineers of Fajr, "distressed areas & empowerment of communities in Ahwaz: Lshkrabad, Alavi dormitory, dormitory Tourist", Project Director Mehran Alal hesabi, 2012.
- Ebert, A., Kerle, N., Stein, A., 2008. "Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spsial metrics derived form air-and spaceborne imagery and gis data ". Journal of Nathazards, 48(2).
- FEMA., 2013. Cascadia Subduction Zone Earthquakes: A Magnitude 9.0 Earthquake Scenari. CREW PRESS.
- ISDR., 2008. The structure role and mandate of civil protection in disaster risk reduction for south eastern Europe.
- Karam, A. & N. Yaghoub Nezhad., "The use of fuzzy logic in assessing the suitability of land for the physical development of the city, Case Study: Karaj Metropolis", Journal of Geography, new era, Vol. 11, No. 36, Pp. 231-249, 2013. [In Persian]
- Lantada Nieves, Pujades Luis, Barbat, Alex., 2008. Vulnerability Index and Capacity Spectrum Based Method for Urban Seismic Risk Evaluation, Journal of Nathazards, DOI 10.007/s11069-007-9212-4.
- Mansour Naimi, E., "Location of Temporary Settlement during Natural Disasters in Khuzestan-Ahwaz Zone One Using GIS and artificial Intelligence Algorithm ", Supervisor: K. Rangzan, Advisor: M. Kabolizadeh, Master thesis, Faculty of Earth and GIS, martyr University Chamran., 2014. [In Persian]
- Rahnama, A & M. Talee., 2012. "Prioritizing Tehran earthquake reconstruction in urban areas to help the fuzzy model & GIS". Journal of Logistics Environment. Volume 5, No. 16, Pp.51-74.
- Shibata Akenori., 2006. Estimation of earthquake damage to urban systems, Structural and Control Health Monitoring, 13:454° 47.
- UN Habitat., 2008. "Enhancing Urban Safety and Security: Global Report on Human Settlements ".
- Van den Berg, Leo., 2003. The safe city: safety and urban development in European cities, Ash gate publishing company.