

## ارزیابی آسیب پذیری فضاهای شهری در برابر بحران زلزله با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی شهر اهر)<sup>۱</sup>

هوشنگ سرور-استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، (نویسنده مسئول)

h.sarvar1351@gmail.com

امیر کاشانی اصل-کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

منصور خیری زاده-دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۰۶

### چکیده

امروزه با گسترش شهر و شهرنشینی و با افزایش بارگذاری های محیطی و اقتصادی بر بستر آن ها باید اذعان کرد که بر تعداد بحران ها نیز افزوده شده و از طرفی آسیب پذیری شهرها نیز به دلایل متعدد در برابر بلایای طبیعی افزایش یابد. باید خاطر نشان کرد که پدیده های طبیعی، زمانی مخاطره آمیز خواهند بود که جامعه در معرض آن، نسبت به آن آسیب پذیر باشد که در این صورت مخاطرات تبدیل به بحران های طبیعی-تکنولوژیکی خواهند شد. با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن این حوادث و لزوم اتخاذ صحیح تصمیم ها و اجرای عملیات متناسب با آن، هم چنین پیشرفت دانش و تکنولوژی بشری، ارزیابی آسیب پذیری فضاهای شهری و برنامه ریزی در راستای آن، کارآمدترین و یا شاید بهترین گزینه مدیریت و برنامه ریزی شهری برای مقابله با مخاطرات طبیعی و به خصوص زلزله می باشد. در این پژوهش با توجه به احتمال آسیب پذیری شهر اهر به دلیل موقعیت جغرافیایی آن، سعی شده با بررسی وضعیت موجود و تجزیه و تحلیل نقاط قوت و ضعف، به ارزیابی و تحلیل آسیب پذیری فضاهای شهری اهر در برابر بحران زلزله پرداخته شود. نوع این پژوهش از نظر هدف کاربردی و روش تحقیق مبتنی بر یک روش توصیفی-تحلیلی است. برای سنجش آسیب پذیری فضاهای کالبدی شهر در برابر زلزله از شاخص های ۱۵ گانه در سه طیف شاخص های سازه ای، برنامه ریزی و طبیعی استفاده شده است. پس از تعیین وزن شاخص ها با توابع چند متغیره، سعی شده با استفاده از مدل فازی به این موضوع پرداخته شود. نتایج پژوهش حاکی از آن است که حدود ۳۰ درصد از فضاهای ساخته شده شهری اهر در برابر زلزله، آسیب پذیری متوسط به بالایی دارند و این مناطق شامل محلات حاشیه نشین و قسمت هایی از بخش های مرکزی، تجاری و تاریخی شهر می باشد و ساختار کالبدی مطلوبی برای مدیریت بحران ناشی از زلزله را ارائه نمی نمایند.

واژگان کلیدی: فضاهای شهری، آسیب پذیری، مدل فازی، زلزله، شهر اهر.

۱-این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد امیرکاشانی اصل با همین عنوان می باشد که در دانشگاه مراغه انجام پذیرفته است.

## مقدمه

همگام با رشد شتابزده شهرها و پیچیده شدن فرآیندهای درونی جوامع، بر تعداد بحران‌ها و پیچیدگی آن‌ها نیز افزوده می‌شود و از طرفی آسیب‌پذیری شهرها به دلایل متعدد در برابر بلایای طبیعی نیز افزایش می‌یابد. آسیب‌پذیری نواحی شهری، خصوصاً در شهرهای بزرگ به دلیل تراکم انسانی و ساختمانی، احداث بناهای نامقاوم در برابر بلایای طبیعی شهری از جمله سیل و زلزله، ایجاد بناها بر روی زمین‌ها و دامنه‌های ناپایدار و بر روی گسل‌ها و در مسیر سیلاب‌های شهری، عدم تناسب در رعایت کاربری‌های شهری به‌طور مستمر افزایش می‌یابد.

از میان مخاطرات و بحران‌های طبیعی، زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات می‌باشد که کشورهای متعددی را در طول سال تحت تأثیر قرار می‌دهد و عاملی است که تأثیر عوارض آن روی جوامع بشری چه از بعد تلفات جانی و چه از جنبه‌های اقتصادی همواره در طول تاریخ قابل توجه بوده است (زیاری، ۱۳۸۵: ۲۸۳). حتی بدون هیچ زلزله‌ای، اختلال در هر یک از سیستم‌های شهری، حتی برای یک روز، یک فاجعه بزرگ را به وجود می‌آورد (Monge et al, ۲۰۰۴: ۱۰). بر اساس آمارهای منتشرشده، ایران به لحاظ حوادث غیرمترقبه جزو ۱۰ کشور بلاخیز جهان است که از ۴۰ حادثه طبیعی غیرمترقبه بیش از ۳۰ مورد آن در ایران رخ می‌دهد. ایران تنها یک درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد، درحالی‌که شش درصد تلفات حوادث جهان به ایران تعلق دارد (زارع، ۱۳۸۰: ۱۳). وقوع ۱۷۰ زلزله در جهان، طی قرن اخیر و سهم ۱۸ درصدی ایران از این حادثه، به دلیل قرارگیری در بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین ناحیه زمین ساخت کره زمین به نام آلپ- هیمالیا، منجر به وارد شدن، ۳۷ درصد خسارت جهانی زلزله به کشور تاکنون شده است (غفوری زرنندی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱-۳).

با توجه به پیشرفت دانش و تکنولوژی و افزایش روزافزون جمعیت و ضرورت توسعه مناطق شهری، چگونگی مقابله با بلایای طبیعی و به‌خصوص زلزله، مجموعه اقداماتی را در چارچوب برنامه‌ریزی شهری می‌طلبد. با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن این حوادث و لزوم اتخاذ صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات متناسب با آن، برای کاهش آسیب‌پذیری و ایمنی، کارآمدترین و یا شاید بهترین گزینه، مدیریت و برنامه‌ریزی در این زمینه می‌باشد که دانشی را تحت عنوان مدیریت بحران به وجود آورده است (زیاری، ۱۳۸۵: ۲۸۳).

چالش‌های فراوانی در امکان‌سنجی کاهش خطر زلزله وجود دارد. برنامه‌ریزی یکی از مهم‌ترین موارد است، سپس جمع‌آوری داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها و در آخر اقدامات گسترده و سیاست‌گذاری‌های قبل و هنگام رخداد، همچنین پس از بحران زلزله باید مورد ارزیابی و بحث قرار بگیرند (Allen, ۲۰۰۷). اگر برای شهر از قبل برنامه‌ریزی داشته باشیم در مواقع بحران، مدیریت شهری و به تبع آن مدیریت بحران، باعث کنترل اوضاع شده و مانع گسترده شدن بحران می‌شود. درواقع این نوع برنامه‌ریزی ابزاری است که ما را از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب می‌رساند (Mobaraki & Kashani Asl, ۲۰۱۴: ۲۵۷). لذا اولین قدم برای برنامه‌ریزی صحیح تبیین و شناخت وضعیت موجود می‌باشد. به‌منظور سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در مقابل زلزله و ارائه تصویری روشن از وقوع احتمالی زلزله و عواقب ناشی از آن ارزیابی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهری ضروری است. بر این اساس امروزه وضعیت و شرایط مختلف قبل

از رخداد زلزله‌های احتمالی در شدت‌های مختلف شبیه‌سازی و بر مبنای آن نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری تهیه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

غالباً تحقیقات به عمل آمده در مورد کاهش خسارات ناشی از زلزله بیشتر حول محور روش‌های ساخت و ساز واحدهای ساختمانی و نوع مصالح به کاررفته جهت افزایش مقاومت بنا در برابر زلزله بوده است که این تنها بخشی از جنبه‌های آمادگی در مقابله با زلزله است. بررسی میزان آسیب‌های ناشی از زلزله در شهرها در بسیاری از موارد نشان داده است که درصد بالایی از صدمات به طور مستقیم به وضعیت نامطلوب برنامه‌ریزی و مدیریت شهری مربوط بوده است. در این راستا در این پژوهش از هر دو گروه از عوامل فوق برای سنجش میزان آسیب‌پذیری استفاده شده است. هدف از انجام این پژوهش، اولاً شناسایی ویژگی‌ها و اثرات زلزله، ثانیاً تلفیق فرآیند برنامه‌ریزی شهری با برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله و نهایتاً تعیین میزان آسیب‌پذیری فضاهای شهری می‌باشد. در حالت کلی از اهداف کلان انجام می‌توان به بهبود مدیریت بحران زلزله در زمینه کیفی و زمانی از طریق جمع‌آوری و طبقه‌بندی اطلاعات شهر در قالب یک پایگاه داده GIS با قابلیت پرسش و پاسخ، تجزیه و تحلیل و تصمیم‌سازی اشاره کرد. از اهداف خرد پژوهش هم می‌توان به آماده‌سازی داده‌ها و تولید اطلاعات، استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره فضایی و تلفیق آن با GIS در تعیین نواحی آسیب‌پذیر در برابر زلزله و مدیریت بهینه فضاهای شهری ذکر نمود. از این رو با توجه به این نکات و حساسیت روزافزون نسبت به رویداد زلزله و پیامدهای آن و نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی شهر اهر و قرار گرفتن آن در بین رشته‌کوه‌های قوشاداغ و قره‌داغ و وجود مسیل‌ها و رودخانه‌ها در داخل آن از یک طرف و هم‌جواری با گسل‌های فراوان از طرف دیگر و آسیب‌پذیری زیاد در برابر بلایای طبیعی، سعی شده است با استفاده از نتایج پژوهش‌های پیشین و ارائه مؤلفه‌های ترکیبی و شاخص‌های نوین به این موضوع پرداخته شود. رویکرد این مقاله ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری فضاهای شهری اهر در برابر بحران زلزله می‌باشد و سعی دارد با توجه به مطالب بیان‌شده، با تلفیقی از روش انجام پژوهش‌های گذشته، با بررسی وضعیت موجود و تجزیه و تحلیل آن، به این سؤال پاسخ دهد که چه میزان از فضاهای شهری اهر در برابر بحران زلزله آسیب‌پذیر می‌باشد؟

## مبانی نظری

### مفهوم آسیب‌پذیری

بر اساس برنامه راهبردی بین‌المللی کاهش بلایای سازمان ملل، کلیه مخاطرات دو منشأ دارد: مخاطرات طبیعی و مخاطرات ناشی از فناوری (انسان‌ساز) و یا حوادثی که حاصل دخالت انسان است (Moe & Patharkul, ۲۰۰۶:۳۹۶). در تعریف مخاطرات طبیعی آمده است: یک پدیده طبیعی که در مجاورت سکونتگاه‌های انسانی و به شکل یک تهدید برای مردم، ساختارها یا سرمایه‌های اقتصادی روی می‌دهد و ممکن است منجر به بحران شود. (آهنچی، ۱۳۷۶: ۵). در اینجا ذکر این نکته ضروری است که با وجود عبارت طبیعی، یک مخاطره طبیعی عنصری از دخالت انسانی را در خود دارد. یک

رویداد فیزیکی، مانند فوران آتش فشانی که اثری بر زندگی انسان‌ها ندارد، یک پدیده طبیعی<sup>۱</sup> است، نه یک مخاطره طبیعی. در واقع رویدادی مخاطره‌آمیز<sup>۲</sup> یا مخاطره طبیعی است که در یک منطقه مسکونی رخ می‌دهد و اگر خسارت‌های جانی و مالی بسیاری بر جای گذارد و به‌عنوان یک سانحه طبیعی<sup>۳</sup> شناخته می‌شود. با این تعریف منشأ رخداد را از یک فرآیند کاملاً طبیعی به حضور هم‌زمان فعالیت‌های انسانی و رویدادهای طبیعی تغییر می‌دهد. در حقیقت مخاطرات طبیعی در دنیا همواره چالشی بزرگ در راه توسعه پایدار فراهم نموده که در نتیجه راه‌های رسیدن به این توسعه توسط کاهش الگوهای آسیب‌پذیری ضرورت دارد و باید در سیاست‌گذاری‌های ملی هر کشور جایگاهی مناسب یابد (کاشانی، ۱۳۹۴: ۴۶).

زلزله به‌عنوان مخرب‌ترین پدیده طبیعی، به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می‌سازد یکی از شناخته‌شده‌ترین بلایای طبیعی جهان است (ملکی، ۱۳۸۶: ۱۱۴). شواهد نشان می‌دهد که تهدید زلزله در نواحی شهری در سطح جهانی در حال گسترش است و این تهدید با روند رو به افزایش، مشکلی از مشکلات کشورهای در حال توسعه است (Tucker, 1994: 10) با گسترش شهر و شهرنشینی و با افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر بستر آن‌ها، باید اذعان کرد که این رشد باعث ایجاد تسهیلات زیادی می‌شود ولی درعین حال عوامل تشدیدکننده بحران نیز بیش‌تر شده و تسهیلات محیطی در صورت عدم مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح تبدیل به ضرر می‌شود (Nakabayashi, 1994: 225). در حوزه‌های شهری، ممکن است اثرات معمول در اثر وقوع سوانح طبیعی آن‌قدر زیان‌بار نباشد ولی وقتی پای جوامع انسانی و زیرساخت‌های بشری به میان آید، سوانح طبیعی تبدیل به بحران‌های طبیعی-تکنولوژیکی می‌گردد که شامل تلفیقی از ویرانی‌های کالبدی و اختلال عملکرد شهری می‌شود.

با توجه به افزایش وقوع سوانح طبیعی به‌ویژه زلزله در سال‌های اخیر در نقاط مختلف جهان و به‌تبع آن افزایش خسارات و آسیب‌های ناشی از وقوع این پدیده‌ها، موضوع کاهش آسیب‌ها و خسارات ناشی از سوانح و افزایش مقاومت و آمادگی در برابر آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار شده است. به‌گونه‌ای که دهه ۱۹۹۰ از سوی سازمان ملل متحد تحت عنوان دهه بین‌المللی کاهش سوانح طبیعی نام گرفت که در خلال آن مطالعات و تحقیقات جامعی در خصوص شناخت عوارض سوانح در نواحی مختلف جهان برای کاهش آسیب‌های ناشی از سوانح صورت پذیرفت (پور کرمانی و آراین، ۱۳۷۷: ۴۲). آسیب‌پذیری<sup>۴</sup> به عدم ظرفیت کافی مردمان برای رویارویی در برابر مخاطرات اشاره دارد که بر پایه موقعیت افراد و گروه‌ها در دنیای فیزیکی و اجتماعی استوار گردیده است (smith, 2000) از نگاهی دیگر، آسیب‌پذیری شرایط تعریف‌شده‌ای توسط عوامل و فرآیندهای کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی است که حساسیت و شکنندگی یک جامعه را در برابر خطرهای افزایش می‌دهد (UNDP, 2004).

کاهش آسیب‌پذیری نسبت به مخاطرات طبیعی، ارتقای تاب‌آوری و نیل به توسعه پایدار علاوه بر شناخت ماهیت طبیعی و مکانی-فضایی مخاطرات، نیازمند شناخت ویژه‌ای از ماهیت اجتماعی-فضایی آسیب‌پذیری جوامع نیز می‌باشد

1-Natural Phenomenon  
2-Hazardous event  
3-Natural Disaster  
4-Vulnerability

(قدیری، ۱۳۸۹: ۱). ویژگی‌ها و شرایط حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها را در برابر این معضلات و مشکلات زیست‌محیطی ضروری ساخته است. با سیر توسعه در جوامع و پیچیده شدن فرآیندهای درونی (کالبدی، ساختاری، اجتماعی و اقتصادی) شهرها اثرات حوادث و بلایای طبیعی در آن‌ها نیز بسیار پیچیده شده است و کاهش و کنترل آسیب‌پذیری در آن‌ها بسیار مشکل‌شماره‌تر می‌شود. آسیب‌پذیری شهری میزان خساراتی است که در صورت بروز سانحه به یک شهر و اجزا و عناصر آن برحسب ماهیت و کیفیت آن‌ها وارد می‌شود. تحلیل آسیب‌پذیری شهری؛ تحلیل، ارزیابی و پیش‌بینی احتمال خسارت‌های جانی، مادی و معنوی شهر و ساکنان شهر در برابر مخاطرات احتمالی است (احد نژاد و همکاران، ۱۳۹۰: ۸۸) ضرورت کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله، به‌عنوان یکی از اهداف اصلی برنامه‌ریزی کالبدی، برنامه‌ریزی شهری و طراحی شهر محسوب می‌شود (قبری و همکاران، ۱۳۹۰: ۱) بدین منظور لازم است میزان خطرپذیری و خسارات بر اساس انجام مطالعات مختلف برآورد گردد. در این راستا امکان ارزیابی اثرات سوانح بر اساس استفاده از روش‌های پیشرفته و سریع می‌تواند اهمیت زیادی در مدیریت بهینه خطرپذیری و بحران ایفا نماید. با توجه به رابطه ۱-۱، آسیب‌پذیری به‌صورت مستقیم با ریسک زلزله در ارتباط می‌باشد.

$$Risk = \frac{Hazard \times Value \times Vulnerability}{Management} \quad \text{رابطه (۱-۱)}$$

در رابطه (۱-۱) Risk ریسک یا خطرپذیری زلزله، Hazard خطر زلزله، Value ارزش‌های انسانی، سیاسی، اجتماعی و ... می‌باشد. با توجه به غیرقابل کنترل بودن پارامترهای خطر زلزله و ارزش‌ها، کاهش آسیب‌پذیری به‌عنوان پارامتر قابل کنترل، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. (زهرائی، ۱۳۹۲: ۲۳).

لذا با در نظر گرفتن این جنبه و هم‌چنین تقدم پیش‌گیری از بروز شرایط بحرانی بر فعالیت‌های امداد رسانی پس از سانحه و نیز ارتقاء آمادگی جامعه برای رویارویی با بحران‌های آینده و مقاومت در برابر آن‌ها به یک برنامه‌ریزی جامع و گسترده نیاز دارد. در چنین شرایطی بررسی موضوع آسیب‌پذیری شهری و چگونگی بررسی آن به‌عنوان ابزاری جهت برنامه‌ریزی دقیق‌تر در زمان قبل از وقوع سانحه بسیار ضروری به نظر می‌رسد. به‌منظور سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در مقابل زلزله و ارائه تصویری روشن از وقوع احتمالی زلزله و عواقب ناشی از آن ارزیابی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهری ضروری است. بر این اساس امروزه وضعیت و شرایط مختلف قبل از رخداد زلزله‌های احتمالی در شدت‌های مختلف شبیه‌سازی و بر مبنای آن نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری تهیه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

## پیشینه پژوهش

گزیده‌ای از تحلیل‌ها و ارزیابی‌هایی که در ارتباط با آسیب‌پذیری در برابر زلزله در قالب پژوهش‌های گوناگون توسط محققان و پژوهشکده‌های تحقیقاتی انجام گرفته است به بدین شرح می‌باشد: یکی از مهم‌ترین اقداماتی که برای تعیین آسیب‌پذیری فیزیکی ساختمان‌ها در ایران انجام گرفته را توکلی (۱۹۹۳) انجام داده‌اند که نتیجه بررسی‌های آن‌ها منجر به برآورد منحنی‌های شکست برای سه نوع مختلف ساختمان بر اساس زلزله رودبار و منجیل گردیده است. آن‌ها خسارت وارده به روستاهای نزدیک رو به مرکز زمین لرزه ۱۹۹۰ منجیل ایران را مطالعه نمودند و رابطه بین پیشینه شتاب زمین و خسارت دیدگی ساختمان‌ها را استخراج نمودند. هم‌چنین آنان در پژوهش خود ساختمان‌ها را به سه دسته اصلی تقسیم نمودند: الف) ساختمان‌های مهندسی ساز (فلزی و بتنی)؛ ب) ساختمان‌های نیمه مهندسی ساز (بنایی و چوبی) و ج) ساختمان‌های غیر مهندسی (خشتی).

از دیگر پژوهش‌هایی که در رابطه با این موضوع انجام شده می‌توان به پروژه شرکت جایکا (۱۳۸۰) برای شهر تهران اشاره کرد. گزارش پروژه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ دربرگیرنده نتیجه مطالعاتی است که در فاصله زمانی فروردین ۱۳۷۸ تا شهریور ۱۳۷۹ توسط مرکز مطالعات زلزله و زیست‌محیطی تهران بزرگ و گروه مطالعاتی ژاپنی به انجام رسیده است. در این پروژه آسیب‌پذیری شهر تهران در جنبه‌های گوناگون فیزیکی، انسانی و هم‌چنین برای اماکن خاص بر اساس منحنی‌های شکست با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که بیش‌ترین خسارت، که بر اساس مدل گسل ری برآورد شده، در حقیقت به لحاظ ماهیت و بزرگی، شدیدترین در نوع خود خواهد بود که منجر به تخریب حدود ۵۰۰،۰۰۰ ساختمان یا ۵۵ درصد کل ساختمان‌ها خواهد شد. اگر خسارت، عملاً در مقیاس یادشده روی دهد، ضرر و زیان احتمالی اقتصادی، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، هزینه‌ای تقریباً معادل با کل تولید ناخالص ملی را در بر خواهد داشت.

ایری (۱۳۷۷) در پایان‌نامه خود با عنوان برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله در سطوح شهری منطقه ۲۰ شهرداری تهران، جهت سنجش میزان کاربرد عملی مبانی نظری، شاخص‌های ۱۳ گانه در سه زمینه موضوعی، اقتصادی-جمعیتی و کالبدی انتخاب کرده است. در این پژوهش بعد از تحلیل و شناسایی، سطح منطقه برحسب نواحی شهری و با استناد به شاخص‌های مشخص شده پهنه‌بندی گردیده و منطقه ۲۰ از لحاظ میزان آسیب‌پذیری از زلزله به سه ناحیه، ناحیه با خطر ویژه (ناحیه ۴)، ناحیه با خطر بسیار زیاد (نواحی ۱، ۲، ۳)، ناحیه با خطر زیاد (نواحی ۵، ۶، ۷) تقسیم شده و نهایتاً برای هرکدام از نواحی سه‌گانه فوق ضوابط و مقررات کاربرد اراضی ویژه‌ای ارائه گردیده است.

عزیزی و اکبری (۱۳۸۷) با به‌کارگیری معیارهای شهرسازی و با استفاده از AHP و GIS به بررسی سنجش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله احتمالی پرداخته‌اند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داده که با افزایش مقدار متغیرهای چون شیب زمین، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، عمر ساختمان‌ها و فاصله از فضاهای باز میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. در مقابل، افزایش مقدار متغیرهای نظیر فاصله از گسل، دسترسی بر اساس عرض معبر و سازگاری کاربری‌ها از نظر هم‌جواری باعث کاهش آسیب‌پذیری می‌شود.

احد نژاد (۱۳۸۸)، با استفاده از دو مدل **RISK\_UE** و **AHP** آسیب‌پذیری شهر زنجان را در برابر زلزله مدل‌سازی نموده و در نهایت با ارائه سناریوهای زلزله در شدت‌های مختلف و با استفاده از مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات، به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی و اجتماعی شهر زنجان پرداخته است.

رشید و ویکز (۲۰۰۳) در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از خطر زلزله با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی مناطق شهری، بر اساس یافته‌های پروژه‌ای که در آن، روش مبتنی بر **GIS** جهت ارزیابی میزان آسیب‌پذیری با استفاده از روش تحلیلی مکانی به‌کاربرده شده، به بررسی کاستی‌های رویکرد فعلی **GIS** در تحلیل آسیب‌پذیری شهری پرداخته است. در این تحقیق آسیب‌پذیری به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری مکانی تحت شرایط عدم قطعیت مطرح می‌گردد و یک متدولوژی برای گنجاندن این تعریف در چارچوب سیستم اطلاعات جغرافیایی تلفیق آن با سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی و منطق فازی مطرح می‌گردد. استفاده از این روش با یک مطالعه موردی از لس‌آنجلس نشان داده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که روش پیشنهاد شده به‌عنوان روش جدید برای تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری می‌باشد که می‌تواند به درک ما از تعامل انسان و مخاطرات بیفزاید.

یالسینر (۲۰۰۴) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد باهدف ایجاد سیستم‌های اطلاعات شهری برای شهرهای مقاوم در برابر زلزله به برقراری ارتباط بین سیستم‌های اطلاعات شهری، مدیریت بحران و فن‌آوری‌های **GIS** پرداخته است. این سیستم باهدف حفاظت و بازیابی برای نجات جان انسان‌ها در برابر زلزله طراحی شده و امکان به اشتراک‌گذاری و تبادل اطلاعات، انجام مقایسه از طریق تجزیه و تحلیل و امکان به‌روزرسانی داده‌ها موجود می‌باشد. این سیستم قابلیت اجرای تحلیل‌هایی چون طراحی سناریوهای زلزله، ایجاد نقشه خطر، عملیات همپوشانی، برآورد میزان خسارات ناشی از زلزله و اثرات ثانویه آن، نقشه‌های سه‌بعدی، نقشه‌های آسیب‌پذیری و ریز پهنه‌بندی زلزله را جهت مدیریت بهینه بحران دارد. بر طبق نتایج این تحقیق، به دلیل وضعیت بحرانی منطقه یک از دیدگاه زلزله، ایجاد چند سازمان خصوصی جهت انجام اقدامات لازم برای مدیریت بحران در مرحله پیش از وقوع آن و بهره‌گیری از سیستم طراحی شده در این تحقیق پیشنهاد گردیده است.

جیوونینازی (۲۰۰۶) در پژوهشی ابتدا به بررسی مدل‌های مختلف آسیب‌پذیری از جمله مدل **RISK\_UK** و سناریوهای مختلف آسیب‌پذیری و سپس با استفاده از مدل **RISK\_UK** ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه **Liguria** در ایتالیا را بررسی نموده و سناریوهای آسیب‌پذیری را انجام داده است.

لانتادا و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی ضمن مدل‌سازی آسیب‌پذیری شهر بارسلون با استفاده از مدل **RISK\_UE**، با به‌کارگیری مدل‌های موجود در زمینه تخمین خسارات به ارزیابی خسارات انسانی و اقتصادی در شهر بارسلون پرداخته‌اند.

کامل باسمنج و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از تلفیق **GIS** و **MCDM** با ارائه وزن‌های درون‌گروهی و بین‌گروهی شاخص‌های مؤثر بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله را پردازش و نقشه نهایی آسیب‌پذیری با تلفیق نقشه‌ها به روش **AHP** تولید شده و درجات آسیب‌پذیری لرزه‌ای منطقه یک شهرداری تبریز محاسبه شده است. نتایج پژوهش نشان داده که حدود ۵۰ درصد جمعیت و ساختمان‌های منطقه مورد مطالعه به‌عنوان محدوده‌های بحرانی محسوب می‌شوند.

ناگایی و دیگران (۲۰۱۲) در مقاله (راهبرد تقویت ضد لرزه‌ای برای شبکه معابر شهری)، چهارچوبی برای یافتن راه‌های تقویت ضد لرزه‌ای، برای امکانات حمل‌ونقل و شبکه معابر شهری ارائه داده‌اند. آن‌ها برای آزمون کارایی محاسبات و منطقی بودن روش، سناریوی آن را در شهر کوبه ژاپن و حومه به کار بردند.

بونو و گوتیرز (۲۰۱۱) در مقاله‌ای تحت عنوان (تجزیه و تحلیل شبکه‌ای تأثیر آسیب ساختاری بر دسترسی شهری پس از فاجعه: نمونه موردی آسیب لرزه‌ای شبکه معابر شهری Port Au Prince and Carrefour)، با ارائه روش‌های متناوب، چشم‌انداز دسترسی شهری پس از آسیب زلزله را تعریف کرده و با ترکیب ساده مفاهیم تئوری گرافیکی (شبکه) و تجزیه و تحلیل فضایی مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی چگونگی درجه جدایی بلوک‌های شهری به‌عنوان نتیجه اختلالات اصلی شبکه معابر شهری، با توجه به ساختمان‌های فروریخته و آوار و کاهش دسترسی به فضای شهری زمانی که شبکه جاده‌ای صدمه دیده است را ارزیابی کرده‌اند.

موسی وند (۱۳۹۰) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با استفاده از منطق فازی و مدل سلسله‌مراتبی و نیز روش آماری، لایه‌های اطلاعاتی شامل گسل‌ها، تراکم جمعیت، کیفیت کالبدی ساختمان‌ها، نوع کاربری و ... را ارزش‌گذاری کرده و بر اساس مدل پیشنهادی خود منطقه مورد مطالعه خود را به دو طیف آسیب‌پذیری حداکثر و متوسط تقسیم کرده است. نتایج نشان می‌دهد به علت عدم رعایت اصول برنامه‌ریزی شهری و مکان‌گزینی نادرست کاربری‌ها در محدوده، بیش از ۱۲ درصد منطقه کاملاً آسیب‌پذیرند.

میرایی (۱۳۹۱) در پژوهش خود درباره آسیب‌شناسی و ظرفیت سنجی شبکه معابر شهری با رویکرد مدیریت بحران، با استفاده از مدل AHWP با شاخص‌هایی مانند درجه محصوریت معابر، نوع کاربری اراضی، سطح سرویس ترافیک، فاصله از مراکز درمانی و ...، میزان آسیب‌پذیری شبکه معابر شهرک ولیعصر تبریز را مورد بررسی قرار داده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد معابری که ساختمان‌های مشرف به آن دارای کیفیت ابنیه پایین تری هستند و در محدوده‌های با تراکم ساختمانی و جمعیتی بالا، درجه محصوریت بالا و نزدیک‌تر به گسل و دورتر از مراکز درمانی باشند بیش‌تر آسیب‌پذیرند.

## روش پژوهش

نوع این پژوهش از نظر هدف کاربردی-توسعه‌ای و روش تحقیق مبتنی بر یک روش توصیفی-تحلیلی است. هدف از این پژوهش پاسخ‌گویی به نیاز مطرح شده می‌باشد که استفاده از چه تکنیک و روشی می‌تواند تصویر مناسب‌تر و دقیق‌تر از میزان آسیب‌پذیری در برابر زلزله ارائه دهد. داده‌های مورد مطالعه با استفاده از منابع کتابخانه‌ای، اداری، هم‌چنین بررسی‌های پیمایشی و میدانی به دست آمده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش از نظر ساختاری به دو صورت داده‌های مکانی و داده‌های غیرمکانی یا توصیفی تقسیم‌بندی می‌شوند: داده‌های مکانی (فضایی): واحدهای تفکیکی قطعات استخراج شده از روی نقشه ۱:۲۰۰۰ شهر اهر در سال ۱۳۹۲، آمارهای بروز شده طرح تفصیلی شهر اهر و داده‌های غیرمکانی یا توصیفی از قبیل نوع مصالح، قدمت ساختمان‌ها، تعداد طبقات، نوع کاربری، مساحت قطعات، تعداد جمعیت و فاصله از مراکز امداد و نجات. در ابتدای بحث با استفاده از روش توصیفی موضوع پژوهش تعریف و تشریح، سپس روش تحلیلی به‌منظور



تجزیه و تحلیل اجزای سیستم و روابط بین اجزا مورد استفاده قرار گرفته است. برای بیان آسیب‌پذیری و تعیین اندازه و نوع آن، در این پژوهش تنها به ارائه الگویی با در نظر گرفتن بخشی از فاکتورهای تأثیرگذار پرداخته شده (به دلیل محدودیت‌های اطلاعاتی) و بدون تردید جهت دستیابی به الگویی کارا تر باید به کلیه فاکتورهای مؤثر توجه خاص مبذول داشت. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی اقدام به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های کالبدی شهر اهر شده است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این موضوع می‌باشد که روش فازی چند متغیره از توان بالاتری برای شناسایی بافت‌های شهری آسیب‌پذیر نسبت به روش تحلیل سلسله‌مراتبی دارا می‌باشد.

بعد از استخراج وزن، پس از اینکه تجزیه و تحلیل‌های لازم روی لایه‌ها انجام گرفت، لایه‌ها به فرمت‌های متناسب رستر تبدیل شدند. با استفاده از این روش، وزن هر کدام از شاخص‌ها در آن شاخص تأثیر داده شده است. پس از تهیه نقشه‌های فازی شده لازم است تلفیق آن‌ها با استفاده از عملگرهای مناسب فازی انجام گیرد. انتخاب عملگرهای فازی مناسب جهت تلفیق لایه‌های مختلف با توجه به ارتباط و برهم‌کنش عوامل مربوط به آن لایه‌ها انجام گیرد. در واقع عملگر فازی (اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی و گامای فازی) را می‌توان برای تلفیق نقشه‌های فازی استفاده نمود. در تلفیق نقشه‌های فازی تحقیق حاضر به دلیل اختلاف وزن نسبی که بین فاکتورها مورد نظر وجود دارد، از عملگر گاما حاصل ضرب عملگرهای ضرب و جمع فازی به منظور حفظ نسبت وزنی معین بین فاکتورها استفاده شده است و نهایتاً نقشه نهایی که نشان‌دهنده نقشه توزیع فضایی میزان آسیب‌پذیری کلی فضاهای شهر اهر در برابر خطر زمین‌لرزه بود استخراج شد.

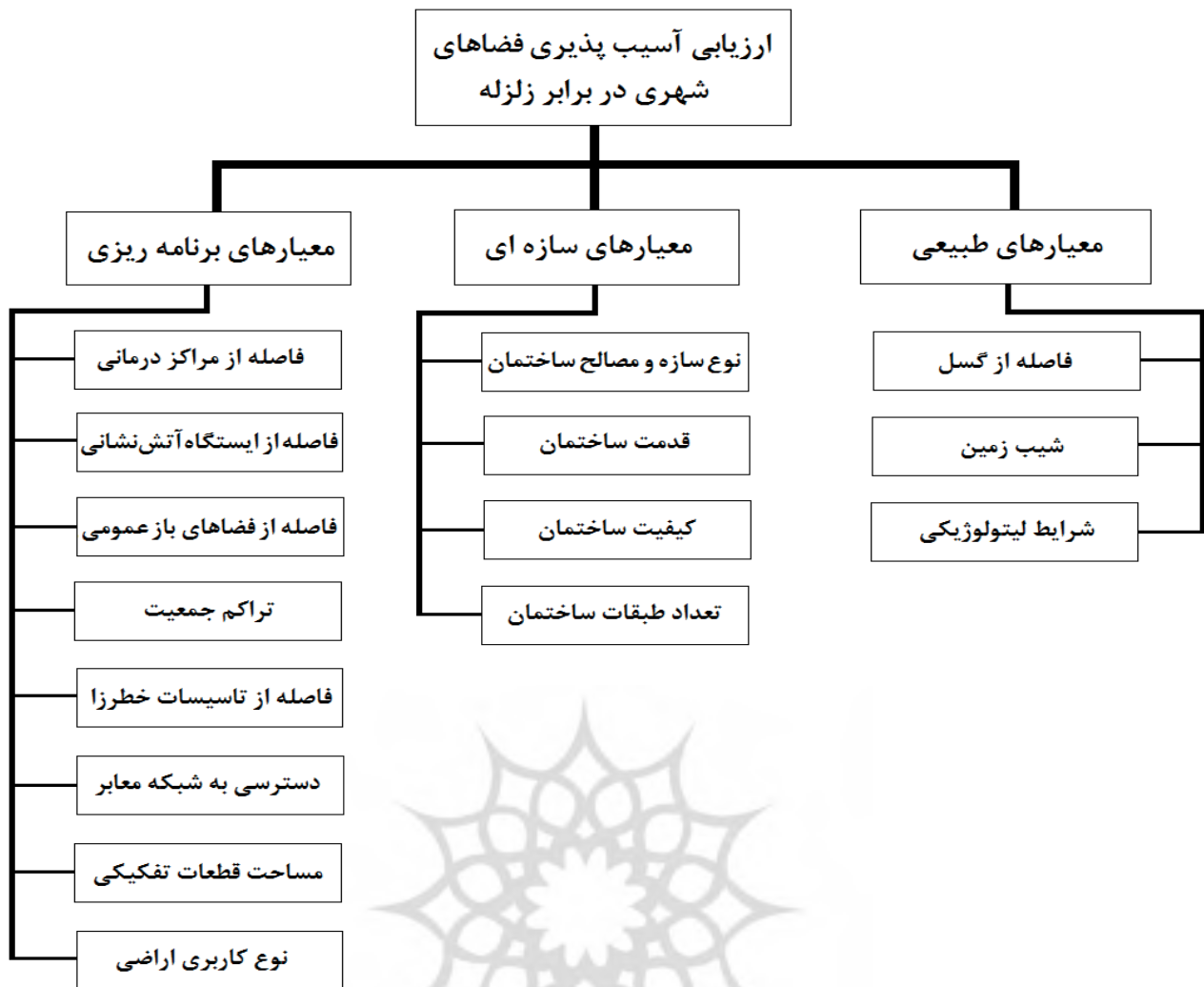
### چگونگی بررسی آسیب‌پذیری فضاهای شهری

معیار در برنامه‌ریزی، ضابطه عمل یا قضاوت است. مسلماً بدون داشتن معیارهای اصولی و معین، ارزیابی‌ها ممکن نخواهد بود (پورمحمدی، ۱۳۸۷: ۱۰۵)، لذا روش‌ها و تکنیک‌های تحقیق و نیز سطوح آن بر اساس ماهیت و نوع معیارها تعیین می‌شود. با توجه به ارتباط متقابل و وابستگی عناصر و اجزای شهری به یکدیگر، آسیب‌پذیری شهری نیز دربرگیرنده تمامی عوامل موجود در یک شهر می‌شود. به عبارت دیگر سوانح بر تمامی اجزای یک شهر اثر می‌گذارند. شاخص‌های آسیب‌پذیری فضاهای کالبدی شهری در برابر زلزله را می‌توان از سه جنبه مورد تحلیل قرارداد:

الف) شاخص‌های سازه‌ای: نوع سازه و مصالح، قدمت، کیفیت و تعداد طبقات ساختمان‌ها

ب) شاخص‌های برنامه‌ریزی: تراکم جمعیت، شبکه راه‌های ارتباطی، فضاهای باز عمومی، نوع کاربری‌ها و تناسب آن‌ها، تأسیسات و تجهیزات شهری، ایستگاه‌های آتش‌نشانی و بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، تراکم ساختمانی

ج) شاخص‌های طبیعی: فاصله از گسل، شیب، شرایط زمین‌شناسی و لیتولوژیکی



شکل شماره ۱- شاخص‌های ارزیابی آسیب پذیری فضاهای شهری

### تئوری منطق فازی<sup>۱</sup>

تئوری مجموعه فازی یک مبنای ریاضیاتی غنی برای شناخت مسائل تصمیم‌گیری و ایجاد قوانین تصمیم در ارزیابی معیارها و ترکیب آن‌ها فراهم می‌سازد (Eastman, ۲۰۱۲:۱۵۵). منطق فازی یکی از ابزارها و روش‌هایی است که اخیراً برای ارزیابی، مدل‌سازی و پیش‌بینی از آن استفاده می‌شود و در رشته‌ها و زمینه‌های مختلف علوم کاربرد دارد. این منطق بهترین وسیله برای مدل‌سازی سیستم‌هایی است که دارای پیچیدگی زیاد بوده و داده‌های کافی از آن‌ها موجود نیست یا اطلاعاتی که در مورد آن‌ها در اختیار می‌باشد مبهم و غیرصریح است.

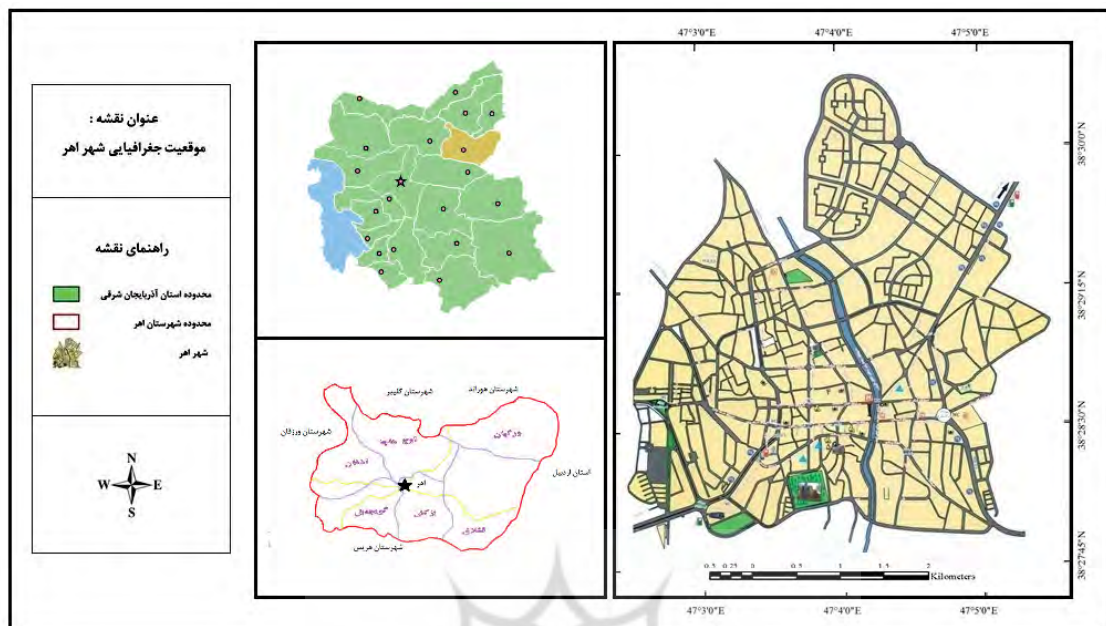
منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط پروفیسور لطفی زاده ارائه شده است (Lin & Ying, ۲۰۰۷). در واقع منطق فازی علمی است که امکان و اجازه شبیه‌سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضی مفصل و با استفاده از داده‌های کمی

و کیفی پدید آورده است (Phillis, ۲۰۰۱:۴۳۵) برخلاف منطق کلاسیک که دارای دو ارزش صفر و یک است، منطق فازی ارزش‌های خود را به صورت درصد عضویت در بازه صفر تا یک نشان می‌دهد. عدد ۱ نشان‌دهنده عضویت کامل می‌باشد. فازی بودن همان‌طور که در منطق فازی به کار می‌رود به انواع مختلف ابهام و عدم اطمینان مربوط به زبان و طرز تفکر بشر اشاره دارد و با عدم اطمینانی که به وسیله نظریه احتمال بیان می‌شود، متفاوت است (تاناکا، ۱۳۸۸). مجموعه‌های فازی فاقد مرز مشخصی هستند و عضویت یا عدم عضویت یک مکان در مجموعه‌ای خاص به صورت تدریجی است (۱۹۹۶:۵۷۳ Wang & hall). به‌طور کلی عدم قطعیت‌ها را می‌توان در سه دسته اصلی شامل: داده‌های غیرصریح یا تقریبی، عبارت‌های زبانی و داده‌های بازه‌ای جای داد (Cheng & wie, ۲۰۰۰:۱۳۳). انواع مختلفی از اعداد فازی وجود دارد که اعداد مثلثی و ذوزنقه‌ای به دلیل سهولت کاربرد در مدل‌سازی‌ها و تفسیر با اقبال بیشتری مواجه هستند (۹۹-۱۰۸: Petroni, ۲۰۰۲). نوع داده ورودی برای فازی سازی اطلاعات عبارت‌اند از: داده‌های اسمی، فاصله‌ای و نسبی (حیبی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳۳). ابزار کار مدل فازی با استفاده از عملگرهای مختلف صورت می‌گیرد. یکی از عملگرهای مهم آن، عملگر ضرب جبری فازی<sup>۱</sup> می‌باشد که با استفاده از آن ترکیب لایه‌ها صورت می‌گیرد. در این اپراتور تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب شده و در لایه خروجی اعداد به سمت صفر میل می‌کنند که این روند ناشی از ضرب چندین عدد کم‌تر از ۱ می‌باشد. در نتیجه تعداد پیکسل کم‌تری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. در عملگر جمع جبری فازی<sup>۲</sup> نتیجه همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت فازی در لایه می‌باشد. به همین دلیل در نقشه خروجی برخلاف عملگر ضرب جبری فازی ارزش پیکسل به سمت یک میل می‌کند. در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خیلی خوب قرار می‌گیرد. برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی، عملگر دیگری به نام گامای فازی<sup>۳</sup> معرفی شده است که حدفاصل ضرب و جمع جبری فازی می‌باشد.

#### محدوده مورد مطالعه

شهر اهر یکی از شهرهای استان آذربایجان شرقی است که در شمال غرب ایران قرار گرفته و مرکز شهرستان اهر می‌باشد. این شهرستان به عنوان مرکز ثقل منطقه ارسباران (قره داغ) با ۲۴۰۴ کیلومتر مربع مساحت و ۱۲۸۱۱۱ نفر جمعیت، در طول تاریخ یکی از مهم‌ترین شهرهای آذربایجان بوده است. شهر تاریخی اهر بزرگ‌ترین شهر منطقه ارسباران (قره‌داغ) بوده و در ۹۵ کیلومتری شمال شرق تبریز قرار گرفته و با ۹۲۷۸۲ نفر جمعیت بر طبق آمار سرشماری سال ۱۳۹۰، به عنوان پنجمین شهر پرجمعیت استان آذربایجان شرقی محسوب می‌گردد. لازم به ذکر است که بعد از زمین‌لرزه‌های سال ۱۳۹۱ به علت مهاجرت‌های صورت گرفته، جمعیت این شهر به بیش از صد هزار نفر افزایش یافته است. هم‌چنین شهر اهر به دلیل

موقعیت جغرافیایی و هم‌چنین سیاست‌های آمایش استان آذربایجان شرقی مبنی بر توسعه امکانات و خدمات اجتماعی سطح میانی در این شهر، در افق ۱۴۰۰ دارای نقش میان منطقه‌ای در شمال غرب کشور تعریف شده است.



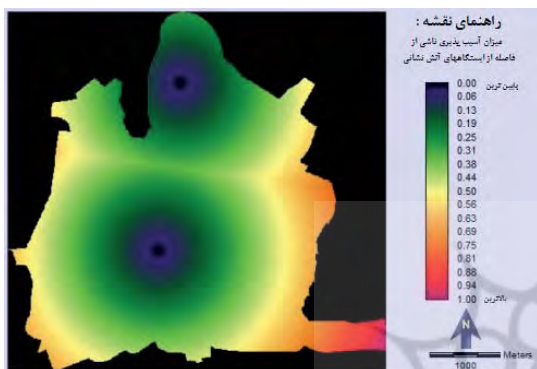
شکل شماره ۲- موقعیت جغرافیایی شهر اهر

شهرستان اهر از نظر زمین‌شناسی در زون ساختاری البرز-آذربایجان قرار دارد. ویژگی مهم این زون شباهت زیاد رخساره سنگ‌های پرکامبرین، کامبرین و اردوویسین با ایران مرکزی می‌باشد. شدت و تنوع فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه اهر باعث جابجایی در بخش‌های مختلف سنگ‌های رسوبی و آذرین شده و در نتیجه گسله‌هایی را در منطقه ایجاد کرده‌اند. گسله اصلی که سبب پیدایش پدیده‌های ژئومورفولوژیکی منطقه اهر شده گسل جنوب اهر (گسله قوشا داغ) می‌باشد (دلال‌اوغلی، ۱۳۷۱: ۷). در شهرستان اهر گسل‌ها و شکستگی‌های زیادی با روند شمال‌غربی-جنوب‌شرقی قرار دارد که می‌توان به گسله‌های مزرعه، شمال اهر، خمیده و نه‌آباد و گسل کجان اشاره کرد (رنجبر و رشیدزاده، ۱۳۹۰: ۳۲). بررسی لرزه‌خیزی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ایران در گستره حدود ۱ درجه در ۱ درجه کانون زمین‌لرزه سال ۹۱ نشان می‌دهد که حدود ۳۸۰ رویداد لرزه‌ای در سده گذشته در منطقه رخ داده که ۱۹ مورد از آن‌ها دارای بزرگی ۵ و بیش‌تر از ۵ است. این آمار نشان‌دهنده لرزه‌خیزی بالا در منطقه اهر و پیرامون آن می‌باشد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۱).

## بحث و یافته‌ها

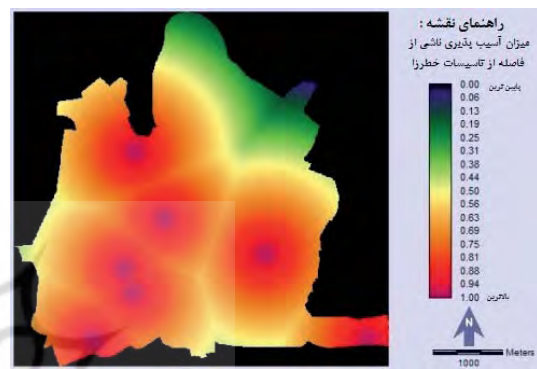
تابع مورد استفاده برای انجام این پژوهش تابعی خطی است که داده‌ها را به صورت خطی و با شیب یکسان از حالت کلاسیک به حالت فازی تبدیل می‌کند. در این مرحله به آماده‌سازی لایه‌ها و تهیه نقشه‌های فازی مربوط به هر پارامتر پرداخته می‌شود. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های این معیارها زمین مرجع شده و سپس لایه‌های مورد نظر

توسط توابع عضویت فازی به نقشه‌های فازی تبدیل شدند. در هر یک از این نقشه‌های فازی مقدار هر واحد مکانی عددی بین صفر تا یک بوده و نزدیک‌تر بودن این عدد به یک بیانگر آسیب‌پذیری بیشتر می‌باشد. برای نیل به این هدف نیازمند تعریف توابع عضویت متناسب با ماهیت هر یک از فاکتورها می‌باشیم. لایه‌های موردنظر ابتدا با استفاده از مدل فازی توسط ابزار **Raster Calculator** استاندارد و فازی شده و در قالب رستر به صورت ارزشی از صفر تا یک درآمده‌اند. سپس عملگرهای جمع و ضرب جبری فازی روی لایه‌ها انجام گرفته و هم‌پوشانی لایه صورت می‌گیرد. در نهایت با عملگر متعادل گامای فازی و در نظر گرفتن بهترین توان گاما برای تلفیق و مدل‌سازی ارزیابی آسیب‌پذیری فضاهای شهری استفاده شده و نقشه نهایی به دست می‌آید.



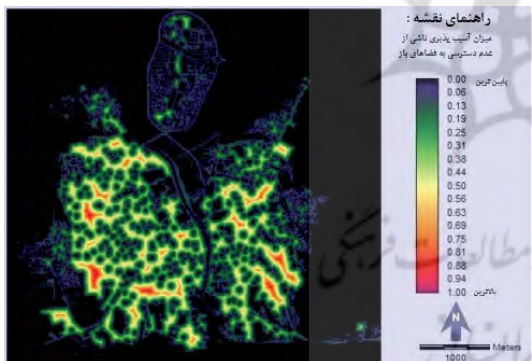
شکل شماره ۴- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از فاصله از ایستگاه‌های

آتش‌نشانی



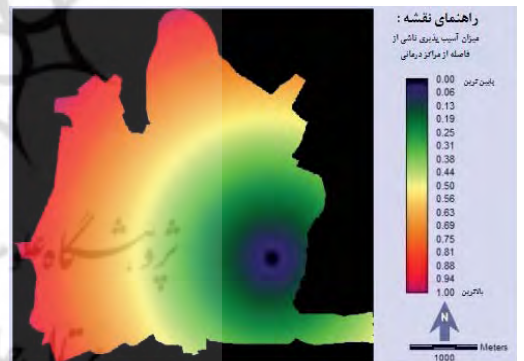
شکل شماره ۳- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از فاصله از تأسیسات

خطرزا

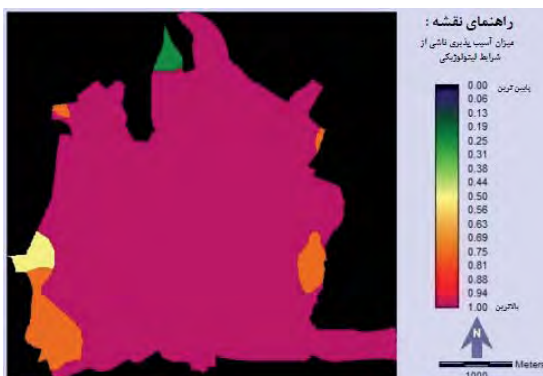


شکل شماره ۶- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از عدم دسترسی به

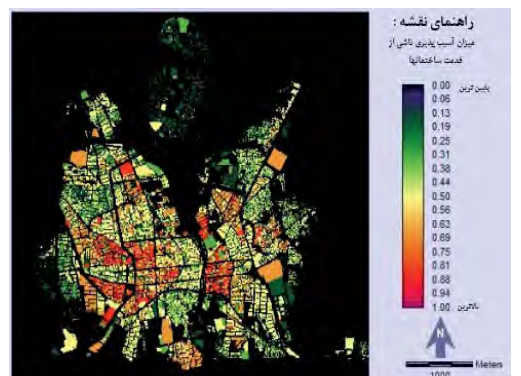
فضاهای باز



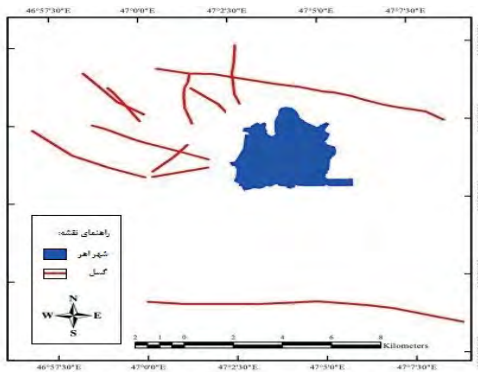
شکل شماره ۵- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از فاصله از مراکز درمانی



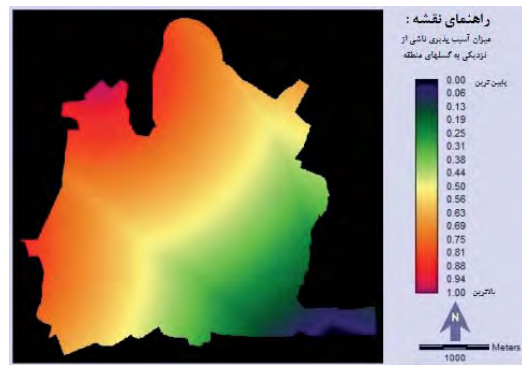
شکل شماره ۸- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از شرایط لیتولوژیکی



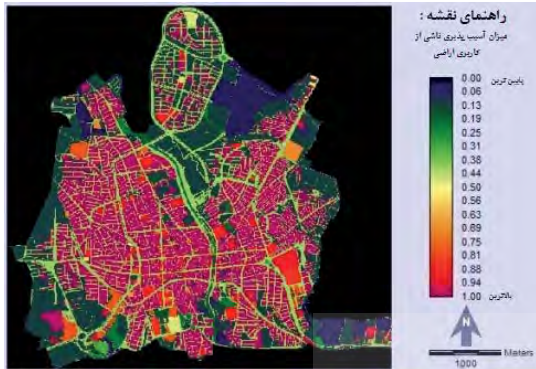
شکل شماره ۷- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از قدمت ساختمان‌ها



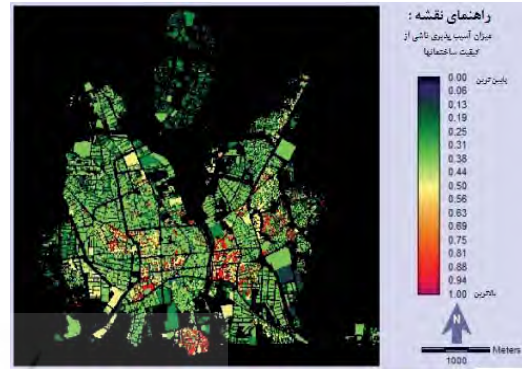
شکل شماره ۱۰- نقشه گسل‌های منطقه



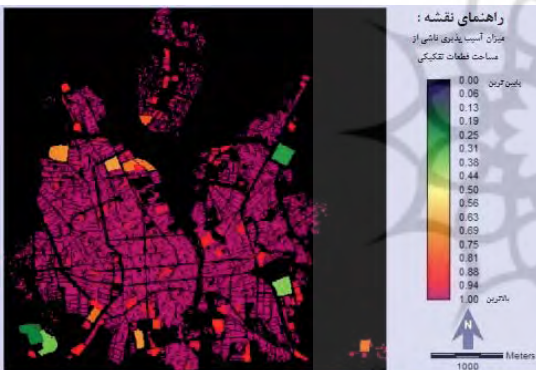
شکل شماره ۹- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از نزدیکی به گسل‌ها



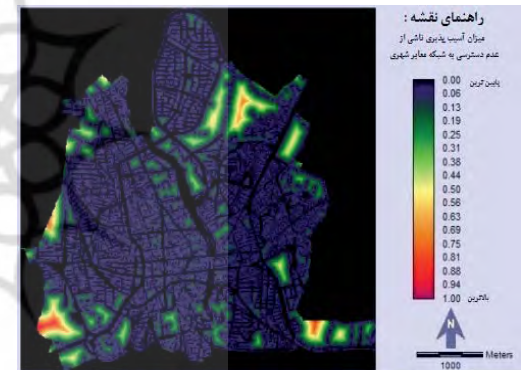
شکل شماره ۱۲- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از کاربری اراضی



شکل شماره ۱۱- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از کیفیت ساختمان‌ها

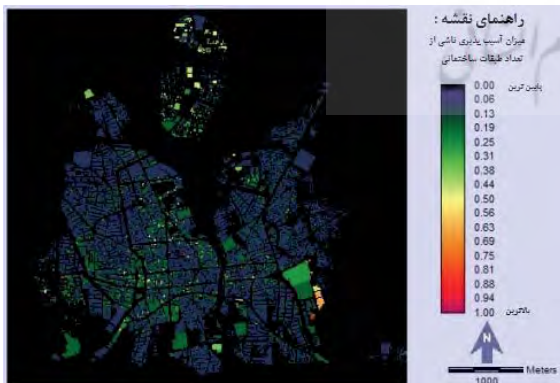


شکل شماره ۱۴- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از مساحت قطعات تفکیکی



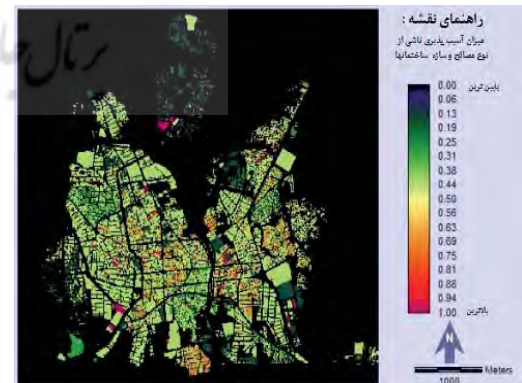
شکل شماره ۱۳- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از شبکه معابر شهری

تفکیکی



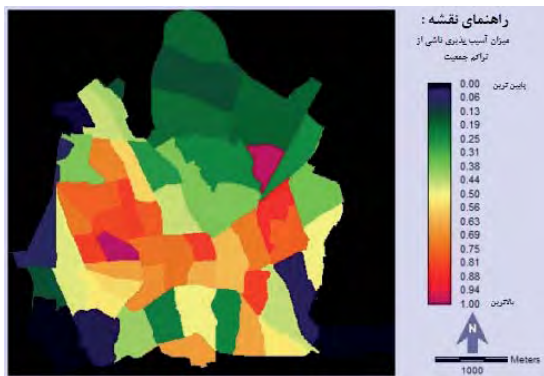
شکل شماره ۱۶- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از تعداد طبقات ساختمانی

ساختمانی

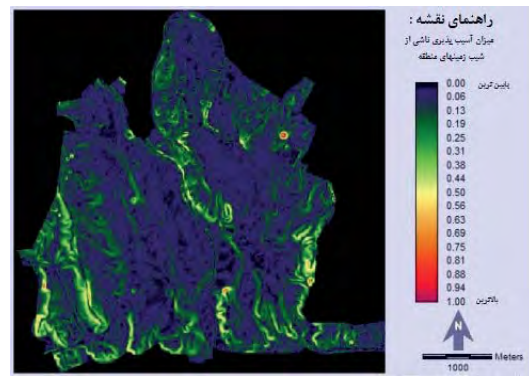


شکل شماره ۱۵- نقشه میزان آسیب پذیری ناشی از نوع مصالح و سازه ساختمان‌ها

ساختمان‌ها

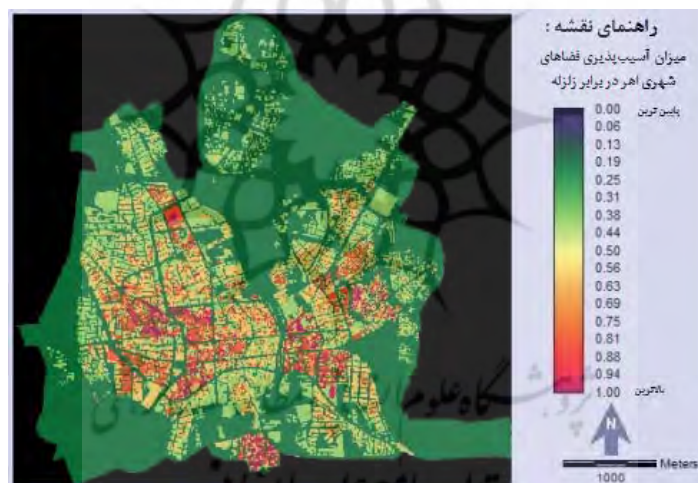


شکل شماره ۱۸- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از تراکم جمعیت



شکل شماره ۱۷- نقشه میزان آسیب‌پذیری ناشی از شیب منطقه

برای برآورد کلی میزان آسیب‌پذیری، پس از مشخص شدن عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری فضاها، همان‌طور که گفته شد در مرحله اول هرکدام از شاخص‌ها به تنهایی وزن‌گذاری شده و آسیب‌پذیری ناشی از هرکدام از آن‌ها به تنهایی استخراج گردید (اشکال ۳ الی ۱۸). در ادامه با استفاده از تلفیق و همپوشانی لایه‌ها (شاخص‌ها)، نقشه نهایی (شکل شماره ۱۹) که نشان‌دهنده نقشه توزیع فضایی میزان آسیب‌پذیری کلی فضاهای شهر اهر در برابر خطر زمین‌لرزه است استخراج شد.



شکل شماره ۱۹- نقشه توزیع فضایی میزان آسیب‌پذیری فضاهای شهری اهر در برابر زلزله

در این پژوهش شهر اهر از نظر میزان آسیب‌پذیری در مقابل خطر زمین‌لرزه بر اساس منطق فازی به بازه آسیب‌پذیری صفر (کم‌ترین) تا یک (بیش‌ترین) تقسیم شده است. در حالت کلی، نتایج نشان می‌دهد بیش‌تر قسمت‌های ساخته‌شده شهر در پهنه آسیب‌پذیری متوسط و متوسط به پایین قرار دارند؛ محلات حاشیه‌نشین در پهنه آسیب‌پذیری بالا و بخش‌های مرکزی، بافت فرسوده و تاریخی در پهنه‌های آسیب‌پذیری بالا طبقه‌بندی شده‌اند که حدود ۳۰ درصد فضای ساخته‌شده شهر را شامل می‌شوند. باین‌حال در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کل شهر که شامل فضاهای ساخته‌شده و بایر می‌شود شهر در طبقه‌بندی آسیب‌پذیری کم قرار می‌گیرد.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت بر مبنای بررسی‌های صورت گرفته پراکنش آسیب‌پذیری در شهر به صورت منطقه‌ای می‌باشد. هم‌چنین بر اساس شاخص‌های آسیب‌پذیری کالبدی، گسترش آسیب‌پذیری به صورت شرقی-غربی بوده که مرکز ثقل آن در نیمه غربی شهر می‌باشد، ولی با در نظر گرفتن ابعاد تأثیرگذار اجتماعی-اقتصادی علاوه بر بعد کالبدی، مناطق جنوبی و حاشیه‌ای و به‌خصوص حاشیه شرقی در صدر قرار گرفته‌اند. از علل عمده این نتایج می‌توان به عدم دسترسی مناسب به مراکز درمانی در شرایط بحران، نزدیکی به گسل، قدمت بالای ابنیه، تراکم بالای جمعیت، قرارگیری در شعاع خطر تأسیسات خطرزا و نیز شرایط لیتولوژیکی اشاره کرد که اثر مثبت دیگر عوامل را خنثی کرده‌اند. در این راستا ساختمان‌هایی که در این منطقه و یا مناطق مشابه ساخته شده و یا شکل خواهند گرفت بازهم تابع همان محدودیت‌ها و امکاناتی خواهند بود که تاکنون در شکل‌گیری ساختمان‌های موجود نقش داشته‌اند، مگر آنکه تغییری در شرایط کنونی شکل‌گیری و بهره‌برداری از ساختمان به وجود آید. بر مبنای اطلاعات به‌دست‌آمده اولویت نخستین در بهسازی و اجرای طرح‌های بازسازی با محورهای مذکور است. شایان‌ذکر است محلات قدیمی و بافت فرسوده شهر اهر نیز در مناطق تاریخی و قدیمی در ناحیه میانی نیمه جنوبی شهر و قسمت اعظم محدوده مرکزی به چشم می‌خورد که با فرسودگی کالبد، تراکم ساختمانی بالا و مساحت‌های پایین قطعات تفکیکی، عدم دسترسی به درون بافت، کمبود یا فقدان تأسیسات زیربنایی مناسب، مشکل شمارهای زیست‌محیطی و آسیب‌پذیری در برابر زلزله و معضلات اجتماعی، نظام زیستی شهر را هم از حیث ساخت و هم از حیث کارکرد اجزای حیاتی خود، دچار اختلال و ناکارآمدی کرده است. تراکم بالای ساختمانی و فعالیتی در بخش مرکزی شهر در کنار خطوط عبوری شریان‌های حیاتی، درجه آسیب‌پذیری را دوچندان کرده است. از نظر دسترسی در مواقع اضطراری نیز تراکم عملکردی در محورهای ارتباطی مرکز شهر کم‌ترین دسترسی را ایجاد کرده است. این راستا تهیه و اجرای طرح‌های روان‌بخشی و ساماندهی عملکردی-کالبدی در محدوده این مناطق ضروری است. از آنجایی که محور عبوری شریان‌های حیاتی شهر در یک گذر مشترک می‌باشد، خود بالقوه مستعد تشدید سوانح طبیعی است. در این راستا تفکیک مسیرهای عبوری این خطوط و استحکام معابر عبوری این تأسیسات امری حیاتی است. آنچه از نظر ارتباطات بافت موجود و آتی می‌توان به آن اشاره ویژه‌ای نمود، موقعیت مسیل مرکزی شهر (رودخانه کیچیک چای) است. این مسیل با امتداد جنوبی-شمالی، شهر اهر را به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌نماید. ارتباط عمده این دو منطقه توسط ۷ دهنه پل انجام می‌پذیرد که چهار دهنه آن بیشترین ترافیک را دارد. با توجه به احتمال قطع ارتباط این دو منطقه در شرایط بحرانی و با توجه به استقرار بیمارستان باقرالعلوم در نیمه شرقی، برای جمعیتی که خارج از شعاع عملکرد در نیمه غربی شهر باشند به سبب مشکلات دسترسی جغرافیایی، مطمئناً امداد رسانی با مشکل شماره مواجه خواهد شد و باید تمهیدات لازم برای امداد رسانی اندیشیده شود چراکه قابلیت پاسخ‌گویی مراکز مذکور به مناطق تحت مسئولیت خود دور انتظار خواهد بود، بنابراین در نظر گرفتن یک بیمارستان برای این نواحی ضروری به نظر می‌رسد. از جهت ایستگاه‌های آتش‌نشانی نیز با توجه به عملکرد منطقه‌ای این ایستگاه‌ها و عدم ظرفیت خدمت‌رسانی در مواقع بحرانی، افزایش تعداد این مراکز نیز ضروری به نظر می‌رسد. هم‌چنین با توجه به عدم توزیع یکسان فضاها و عمومی و نیز فضاها و سبز و



پارک‌های درون‌شهری در اهر، باید متناسب با نیازهای جامعه این مورد نیز بروزرسانی و با ایجاد زیرساخت‌های مناسب گسترش داده شوند.

## نتیجه‌گیری

ویژگی‌ها و شرایط حاکم بر فضاهای شهری و تراکم سرمایه‌گذاری و بارگذاری‌های محیطی، لزوم توجه به برنامه‌ریزی‌های لازم پیرامون مصونیت شهرها را در برابر انواع مخاطرات ضروری ساخته است. با سیر توسعه در جوامع و پیچیده شدن فرآیندهای درونی شهرها (کالبدی، ساختاری، اجتماعی و اقتصادی)، اثرات حوادث و بلایای طبیعی نیز در آن‌ها بسیار پیچیده شده است و کاهش و کنترل آسیب‌پذیری بسیار مشکل‌تر می‌شود؛ بنابراین بررسی آثار سوانح طبیعی بر سکونتگاه‌های انسانی، به‌ویژه شهرها از جمله مسائل مهم و مورد توجه برنامه‌ریزان شهری است. در این راستا سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۲ در سندی بنام توسعه پایدار سکونتگاه‌های انسانی به تمامی کشورها توصیه کرده که کاهش خطر زلزله را در تمام فرایندهای برنامه‌ریزی و مدیریت سکونتگاه‌های انسانی مدنظر آورند (احمدی، ۱۳۷۶: ۶۱).

وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد یکی از شایع‌ترین مخاطرات طبیعی می‌باشد که فضاهای شهری را مورد تهدید قرار می‌دهد و بشر را بر آن داشته است که در فکر تدوین یک برنامه زیربنایی برای کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از آن باشد. به‌منظور سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در مقابل زلزله و ارائه تصویری روشن از وقوع احتمالی زلزله و عواقب ناشی از آن ارزیابی پهنه‌های آسیب‌پذیر شهری ضروری است. بر این اساس امروزه وضعیت و شرایط مختلف قبل از رخداد زلزله‌های احتمالی در شدت‌های مختلف شبیه‌سازی و بر مبنای آن نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری تهیه و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مدیریت اطلاعات مربوط به جنبش‌لرزه‌ای، آسیب‌پذیری ساختمان‌ها و شریان‌های حیاتی و اقدامات واکنش اضطراری، در برنامه‌ریزی مدیریت بحران ناشی از زلزله و تخصیص به‌موقع امکانات و اعتبارات نقش بسیار مهمی دارد. مهم‌ترین عواملی که در تشدید آسیب‌پذیری شهرها دخیل هستند عبارت‌اند از: گسترش شهرنشینی، رشد جمعیت، کمبود زیرساخت‌های شهری، گسترش فقر، تغییرات فرهنگی و فقدان آگاهی و نبود اطلاعات.

در تحلیل آسیب‌پذیری فضاهای شهری، روش موردنظر بررسی کلی و همه‌جانبه عناصر آسیب‌پذیر شهری است. معیارها و عواملی که منجر به آسیب‌پذیری مناطق شهری می‌شوند تا حدی در کلیه شهرها مشترک می‌باشند به‌طور مثال کیفیت دسترسی واحدهای مسکونی به فضاهای باز همواره در میزان آسیب‌پذیری (به‌ویژه در مرحله وقوع بحران) تأثیرگذار است. بنابراین می‌بایست تدوین و شناسایی این معیارها و بومی کردن آن به‌عنوان بخش اصلی تجزیه و تحلیل در فرایند جاری برنامه‌ریزی شهری لحاظ شود. در این مقاله با رویکردی جدید برای تحلیل میزان آسیب‌پذیری با دسته‌بندی عوامل تأثیرگذار، سه نوع معیار در نظر گرفته شده که عبارت‌اند از: معیارهای طبیعی، معیارهای برنامه‌ریزی و معیارهای سازه‌ای. پس از تعیین زیرمعیارها و با استفاده از ۱۵ شاخص متفاوت با تحلیل توابع چند متغیره، سعی شده است با استفاده از نتایج پژوهش‌های پیشین و ارائه مؤلفه‌های ترکیبی و شاخص‌های نوین با استفاده از مدل Fuzzy Logic به این موضوع

پرداخته شود. لذا خروجی اطلاعات به صورت نقشه نمایش داده شده و تحلیل‌ها و نتایج متناسب با موضوع ارائه گردیده است. در همین راستا، در این پژوهش با توجه به احتمال آسیب‌پذیری شهر اهر به دلیل موقعیت جغرافیایی آن، نتایج تحلیل آسیب‌پذیری فضاهای شهر اهر نشان می‌دهد بیش‌تر قسمت‌های ساخته‌شده شهر در پهنه آسیب‌پذیری متوسط قرار دارند؛ محلات حاشیه‌نشین در پهنه آسیب‌پذیری بالا و بخش‌های مرکزی، تجاری و تاریخی در پهنه‌های آسیب‌پذیری بسیار بالا طبقه‌بندی شده‌اند. با این حال در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کل شهر که شامل فضاهای ساخته‌شده و بایر می‌شود شهر در طبقه‌بندی آسیب‌پذیری خیلی کم قرار می‌گیرد. بر همین اساس اولویت‌های برنامه‌ریزی و اجرایی که برای شهر اهر به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود این موارد می‌باشد: جلوگیری از تفکیک و ساخت‌وسازهای غیرقانونی در محلات حاشیه‌نشین، احداث پارک‌های محله‌ای، احداث و تکمیل شبکه معابر اصلی، تهیه طرح‌های بهسازی و نوسازی بافت‌های فرسوده و حاشیه‌ای، جلوگیری از تفکیک غیرقانونی در خارج از محدوده قانونی شهر، تبدیل گورستان‌های متروکه، شهر به فضاهای عمومی مثل فضای سبز و فضاهای فرهنگی، دیوارکشی و کانال‌کشی رودخانه و مسیل‌ها و لایروبی و بهسازی آن‌ها، اولویت‌بندی طرح‌ها. در نهایت می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که برنامه‌ریزی ابزاری است که ما را از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب می‌رساند و چه بهتر که این برنامه‌ریزی با دیدی بازتر و با همکاری همه‌آحاد جامعه از مردم گرفته تا مسئولین امر باشد تا شاهد به ثمر نشستن نهال برنامه‌ریزی و در نتیجه آن توسعه پایدار باشیم.

## منابع

- ۱- آهنجی، محمد (۱۳۷۶) مدیریت سوانح: مفاهیم، اصول و تئوری‌ها، چاپ اول، تهران: مرکز آموزش و تحقیقات جمعیت هلال‌احمر جمهوری اسلامی ایران.
- ۲- احد نژاد روشتی، محسن؛ زلفی، علی؛ نوروزی، محمدجواد و جلیلی، کریم (۱۳۹۰) ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزله (نمونه موردی شهر خرمدره)، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، بهار ۱۳۹۰، سال ۳، شماره ۷، صص ۸۱-۹۸.
- ۳- احمدی، حسن (۱۳۷۶) نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله، مجله مسکن و انقلاب، زمستان ۱۳۷۶، شماره ۲۲۹، صص ۶۱-۷۰.
- ۴- اسلامی، آرش؛ تقابنی، مسعود؛ اشعری، علیرضا (۱۳۹۱) گزارش زمین‌لرزه‌های ۱۳۹۱/۰۵/۲۱، اهر- و رزقان، تهران: پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- ۵- آژانس همکاری‌های بین‌المللی ژاپن (جایکا) (۱۳۸۰) پروژه ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران.
- ۶- تاناکا، کازو (۱۳۸۸) مقدمه‌ای بر منطق‌فازی، ترجمه: علی وحیدیان کامیاد و حامد رضا طارقیان، چاپ چهارم، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی.
- ۷- ایری، عبدالجلال (۱۳۷۷) برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله در سطوح شهری: نمونه موردی منطقه ۲۰ شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد شهرسازی، به راهنمایی زهره عبدی دانشپور، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- ۸- پور کرمانی محسن و آرین، مهران (۱۳۷۷) لرزه‌خیزی ایران، چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ۹- پورمحمدی، محمدرضا (۱۳۸۷) برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، چاپ چهارم، تهران: انتشارات سمت.

- ۱۰- حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد؛ مشکینی، ابوالفضل؛ عسگری، علی و نظری عدلی، سعید (۱۳۸۷) تعیین عوامل سازه‌ای ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS & FUZZY LOGIC، فصلنامه هنرهای زیبا، بهار ۱۳۸۷، شماره ۳۳، صص ۲۷-۳۷.
- ۱۱- دلال اوغلی، علی (۱۳۷۱) ژئومورفولوژی چاله اهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- ۱۲- رنجبر، محسن و رشید زاده، معصومه (۱۳۹۰) قابلیت‌ها و محدودیت‌های ژئومورفولوژیکی شهرستان اهر و تأثیر آن در پراکنش آبادی‌ها، فصلنامه جغرافیای طبیعی، زمستان ۱۳۹۰، سال ۴، شماره ۱۴، صص ۲۷-۴۲.
- ۱۳- زارع، مهدی (۱۳۸۰) خطر زمین‌لرزه و ساخت‌وساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسل‌های زمین‌لرزه‌ای ایران، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تابستان و پاییز ۱۳۸۰، سال ۴، شماره ۲، صص ۴۶-۵۷.
- ۱۴- زهرائی، سید مهدی (۱۳۹۲) ارزیابی کیفی آسیب‌پذیری لرزه‌های ساختمان‌های شهر بندرعباس، پژوهشنامه زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تابستان ۱۳۹۲، سال ۱۶، شماره ۲، صص ۱۳-۲۳.
- ۱۵- زیاری، کرامت‌الله (۱۳۸۵) اصول و روش‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای، چاپ اول، یزد: انتشارات دانشگاه یزد.
- ۱۶- عزیزی، محمدمهدی و اکبری، رضا (۱۳۸۷) ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله، نشریه هنرهای زیبا، تابستان ۱۳۸۷، شماره ۳۴، صص ۲۵-۳۶.
- ۱۷- غفوری زرنندی، علیرضا؛ قائم‌قامیان، محمدرضا؛ امینی حسینی، کامبد (۱۳۸۸)، زمین‌لرزه، توسعه پایدار روستایی و مدیریت خطرپذیری، نخستین همایش ملی توسعه پایدار روستایی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، صص ۱-۳.
- ۱۸- قنبری، حکیمه (۱۳۹۰) بررسی تأثیر سازگاری کاربری‌های هم‌جوار شهری در کاهش ریسک فاجعه و خسارات ناشی از زلزله، منطقه ۳ و ۷ شهرداری تبریز، اولین کنفرانس بین‌المللی ساخت‌وساز شهری در مجاورت گسل‌های فعال، تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور ۱۳۹۰، صص ۱-۷.
- ۱۹- قدیری، محمود (۱۳۸۹) تبیین افتراق اجتماعی - فضایی آسیب‌پذیری کلان‌شهر تهران در برابر زلزله، مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام (ICIWG2010)، زاهدان، صص ۱۲-۱.
- ۲۰- کامل باسمنج، بتول؛ میر جعفری، بابک؛ علوی، سید علی (۱۳۹۱) ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای در منطقه یک شهر تبریز با استفاده از مدل تحلیل چندمعیاره فضایی، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، تابستان ۱۳۹۱، دوره ۱۶، شماره ۲، صص ۱۴۰-۱۲۲.
- ۲۱- ملکی، امجد (۱۳۸۶) پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه و اولویت‌بندی بهسازی مسکن در استان کردستان، پژوهش‌های جغرافیایی، بهار ۱۳۸۶، دوره ۳۹، شماره ۵۹، صص ۱۱۵-۱۲۴.
- ۲۲- موسی وند، جعفر (۱۳۹۰) تعیین کاربری بهینه در راستای کاهش مخاطره طبیعی زلزله مطالعه موردی: منطقه یک تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی فرزانه ساسان‌پور، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران.
- ۲۳- میرایی، نفیسه سادات (۱۳۹۱) آسیب‌شناسی و ظرفیت‌سنجی شبکه معابر شهری با رویکرد مدیریت بحران مطالعه موردی: شهرک ولیعصر تبریز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی اسماعیل علی‌اکبری، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور مرکز تهران.
- 24- Allen, Richard M. (2007) Earthquake Hazard Mitigation: New Directions and Opportunities, University of California Berkeley, Berkeley, CA, USA, pp. 607-647.
- 25- Bono, F & Gutiérrez, E. (2011) A network-based analysis of the impact of structural damage on urban accessibility following a disaster: the case of the seismically damaged Port Au Prince and Carrefour urban road networks, Jourmirzanal of Transport Geography, No 19, pp. 1443-1455
- 26- Chang, N.B. & Y.L. Wei. (2000) Siting recycling drop-off stations in urban area by genetic algorithm-based fuzzy multiobjective nonlinear integer programming modeling, Fuzzy Sets and Systems, No 114, pp. 133-149.
- 27- Eastman, J.R. (2012) IDRISI Selva Tutorial, Manual Version 17, Clark Labs, Clark University, pp.155.
- 28- Giovinazzi, S. Lagomarsino, S. & Pampanin, S. (2006) Vulnerability Methods and Damage Scenario for Seismic Risk Analysis as Support to Retrofit Strategies: an European Perspective, NZSEE Conference.
- 29- Lantada, N, Pujades, L, Barbat, A (2009) Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation, A comparison, Nat Hazards 51, pp. 501-524.

- 30- Lin, F. & Ying, H. (2007) Decision making in fuzzy discrete event systems. *Information Sciences*, No 177, PP. 3749-3763.
- 31- Mobaraki, O. & Kashani Asl, A. (2014) The Role of Urban Planning In Crisis Management with an Emphasis on Earthquakes (A Case Study of Ahar City), *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*. Vol 3 (SP), pp. 256-263.
- 32- Moe, Tun Lin and pathranakul, P. (2006) An Integrated Approach to Natural Disaster Prevention and Management, Emerald Group Publishing Limited of natural hazards, *Geographical Review*, Vol 15, No.3, pp.396-411.
- 33- Monge, O. Alexoudi, M. Argyroudis, S. (2004) RISK-UE. An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. Vulnerability assessment of lifelines and essential facilities (WP06): basic methodological handbook. Report n°GTR-RSK 0101-152av7, pp.10-22.
- 34- Nakabayashi, I. (1994) urban planning based on disaster risk assessment, in disaster management in metropolitan areas for the 21st century, proceedings of the idndr aichi/Nagoya international conference, 1-4 november, Nagoya, japan, pp. 225-243.
- 35- Nagae, T. Fujihara, T. Asakura, Y. (2012) Antiseismic reinforcement strategy for an urban road network, *Transportation Research Part A*, No46, pp. 813-827.
- 36- Petroni A and A Rizzi (2002) A Fuzzy Logic Based Methodology to Rank Shop Floor Dispatching Rules, *Int J Prod Econ*, Vol 76, No 1, pp. 99-108.
- 37- phillis Y.A, L.A.A. (2001) Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using Fuzzy logic, *Ecological Economics*, No 37, pp. 435-456.
- 38- Smith, K. (2000) *Environmental hazards, Assessing risk and reducing disaster*, 3rd Ed, London and Newyourk.
- 39- Tavakoli. B. & Tavakoli, S. (1993) Estimating the vulnerability and loss functions of residential buildings, *Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*.
- 40- Tucker, B.E. (1994) Some Remark Concerning Worldwide Earthquake Hazard and Earthquake Hazard mitigation. *Issues in urban Earthquake Risk*, pp. 1-10.
- 41- United Nations Development Programme (UNDP). (2004) *Reducing Disasters Risk: A Challenge for Development*.
- 42- Wang, F. & Hall G.B. (1996) Fuzzy representation of geographical boundaries in GIS, *International Journal of Geographical Information Scince*, Vol 10. No 5, pp. 573-590.