ارزیابی آسیب پذیری کالبد شهر در برابر زلزله با استفاده از تحلیل شبکه فازی FANP ،مطالعه موردی : شهرراسک

اسماعیل رحمانی

کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

Rahmaniesmail329@gmail.com

عبدالرشید نمازی

کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه زابل، سیستان و بلوچستان،ایران

سلیمان پیروزاده

کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان،ایران

دریافت:۱۳۹۷/۳/۱۳ پذیرش:۱۳۹۷/۹/۱۵

چکیده

بطور کلی زلزله یکی از سوانح طبیعی است که تأثیرات مخربی بر سکونتگاههای انسانی برجا گذاشته و تلفات جانی و مالی سنگینی بر ساکنان آنها وارد می سازد. میان بافت شهری با لرزه خیزی و آسیب شناسی لرزه ای، پیوند تنگاتنگی وجود دارد. بافت، نه تنها به واسطه خصوصیات کالبدی، بلکه از طریق مولفه های غیر کالبدی (کارکردی)، در کنشی مکان مند، از قابلیت لرزه خیزی زمین متأثر شده و برآن تأثیر می گذارد. پژوهش حاضر به ارزیابی میزان آسیب پذیری شهر راسک پرداخته است. روش تحقیق این پژوهش توصیفی – تحلیلی می باشد. در مرحله اول با استفاده از شاخص ها و معیارهای مربوطه و با بهره گیری از مدل تحلیل شبکه فازی (FANP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) چگونگی آسیب پذیری کلی شهر راسک مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله دوم بعد از مشخص نمودن پهنه های آسیب پذیر به تحلیل فضایی و مکان یابی پایگاه های اسکان و همپوشانی لایه ها و معیارهای به روش منطق فازی انجام گرفته است. نتایج پژوهش نشان می دهد که قریب به ٤٢درصد مساحت شهر دارای آسیب پذیری زیاد و خیلی زیاد می باشد.این محدوده به علت قدمت بالا، مصالح با کیفیت نامناسب، همجواری نامناسب با کاربری ها و دسترسی نا مناسب به بیمارستان و مراکز درمانی و اورژانسی آسیب پذیر تر از دیگر محدوده شهر می باشند.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، آسیب پذیری، تحلیل شبکه فازی، شهر راسک

بیان مساله

مخاطرات طبیعی از مهمترین عوامل انهدامی سکونتگاه های انسانی شناخته شد ه اند (کریمی، ۱۳۸۵ : ۱۹۷) در این میان، زلزله مخربترین پدیده طبیعی بوده است این پدیده به علت گستردگی قلمرو، کثرت وقوع و همچنین وسعت و شدت خساراتی که وارد می سازد یکی از شناخته شد ه ترین بلایای طبیعی جهان است(ملکی، ۱۳۸٦ :۱۱٤)

از ربع قرن گذشته تا کنون، حوادث طبیعی، سه میلیون نفر تلفات، در دنیا ایجاد و خساراتی در حدود سه میلیارد دلار وارد ساخته است. در این میان زلزله یکی از حوادث شایع در سراسر دنیا ست و در سال ۲۰۰۱ مرگ بارترین حادثه گزار شده است(آوازه و جعفری،۱۳۸۵ : ۲) از آنجایی که ایران در کمربند زلزله خیز آلپ – هیمالیا قرار دارد، و به عنوان یکی از بخش های جوان و در حال کوهزایی به شمار می رود (UNISDR, 2005 :4) و جزء کشورهای زلزله خیز جهان می باشد(محمدی احمدیان وهمکاران،۲:۱۳۸۹). واز هر ۱۵۳زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده، ۱۷/٦درصد آن مربوط به ایران بوده است(احدی نژاد و همکاران،۲:۱۳۸۵). امروز آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، به عنوان مسئله ای جهانی پیش روی متخصصان رشته های گوناگون قرار گرفته است. این وضع در کشورهای دارای ساختار طبیعی مخاطره آمیز از جمله ایران، طی دهه های اخیر به صورت حادتر نمود یافته است(حبیب، ۱۳۷۱ : ۱۳) آن چه زلزله ها را به سانحه تبدیل می کند، عدم آگاهی انسان و توانایی در مواجه و برخورد با آن است. این مسئله عموما با گسترده ترین دخالت های نسنجیده انسانی در محیط طبیعی از جمله ساخت و سازهای بی رویه در حریم گسل، فقدان و یا بی توجهی به ضوابط استانداردهای ساخت و ساز تشدید می شود (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸ : ۱). امروزه، آسیب پذیری شهرها و به خصوص بافت های قدیمی و فرسوده در برابر زلزله، به عنوان مسئله ای جهانی پیشِ روی متخصصان رشته های گوناگون قرار گرفته است .این وضع در کشورهای دارای ساختار طبیعی مخاطره آمیز، از جمله ایران، طی دهه های اخیر به صورتی حادتر نمود یافته است(منزوی، مشهید۲:۱۳۸۹). در ایران و در سال های اخیر، به خصوص بعد از وقوع زلزله های رودبار و بم، فعالیت های قابل توجهی در ابعاد مختلف مدیریت بحران، زلزله و کاهش آسیب های آن صورت گرفته است. با این وجود، در طرح های شهری، عدم توجه جدی به

موضوع مدیریت بحران و آسیب پذیری شهرها در مقابل زلزله امری مشهود به نظر می رسد(عزیزی۱۳۸۷:۲۵). که می توان ضرورت پرداختن به مدیریت بحران را امری اجتناب ناپذیر دانست. مدیریت بحران به مجموعه اقداماتی اطلاق می شود که قبل از وقوع، حین وقوع و بعد از وقوع سانحه، جهت کاهش هر چه بیشتر آثار و عوارض آن انجام می گیرد .یکی از نواحی که در صورت بروز بلایا بویژه زلزله آسیب می بیند نواحی شهری است که این ضرورت اجرای برنامه بحران را روشن می سازد . اشتباهی که به سادگی در مدیریت بحران روی می دهد این است که تصور شود برای همه بحران های یک راحل وجود دارد، در حالی که چون بحرانها از مثال های گوناگون ناشی می شوند و عوامل متعددی در وقوع آنها نقش دارد پس برای کنترل آنها طرح ها و برنامه های متفاوتی باید اجرا گردد(تن برگ۱۳۷۳:۲٤).

شهر راسک به دلیل موقعیت جغرافیایی و قرار گرفتن بر روی گسل های فعال، این شهر مانند سایر شهرهای ایران از مخاطرات زلزله مستثنی نمی باشد، از طرفی، وجود بافت های قدیمی و خودرو و عدم دسترسی مناسب، در دل این شهر شکل گرفته‌اند، که عموما از خانه های یک طبقه و دو طبقه، با زیر بنای کم، که به صورت متراکم در کنار یکدیگر ساخته شده و مطابق با استاندارد های فنی نبوده و ایستایی لازم در برابر زلزله را ندارند سبب تشدید مخاطر می شود و خسارات زیادی را به بارخواهد آورد. در واقع خطر پذیری بالای شهر راسک در برابر بحران و عدم رعایت استانداردهای ساخت و ساز شهری در کاهش بحران، از مهم ترین ضرورت های پژوهش می باشد.. هدف اصلی از این پژوهش بررسی تاثیر مدیریت بحران در کاهش آسیب های ناشی از زلزله در شهر راسک و ارائه راهکارهای در جهت کاهش آسیب های ناشی از آن با استفاده از GIS می باشد.

پیشینه تحقیق

سابقه تحقیق درباره زلزله در کشورهای پیشرفته مبتلا به آن مانند ژاپن و آمریکا به سالیان دراز پیش از این بر می گردد. اما در کشور ما به حدود چند دهه قبل محدود می شود. از جمله تحقیقات خارجی که اخیرا در این زمینه انجام گرفته می توان به موارد زیر اشاره کرد :

راجا و شاجاهان (۲۰۱۱)، به تجزیه و تحلیل آسیب پذیری زلزلـه بـرای منـاطق شـهری شـهر چیتاگونـک پرداختند. در سال ۲۰۱۰ ساریس و همکاران، آسیب پذیری زلزله و خطر لرزه ای را بـرای مراکـز شـهری با خطر بالا، برای جزیره کرت یونان ارزیابی کردند.

لانتادا و همکاران (۲۰۰۹)، در تحقیقی ضمن مدل سازی شهر بارسلون با استفاده از مدل RISKE-UE، بـا بکارگیری مدل های موجود در زمینه تخمین خسارت به ارزیـابی خسـارات انسـانی و اقتصـادی در شـهر بارسلون پرداخته اند.

مارتینلی (۲۰۰۸) در مقاله ای با عنوان ارزیابی آسیب پذیری ساختمان ها و ارائـه ی سـناریو هـای آسـیب برای شهرهای ایتالیا، ابتدا با استفاده از مدل های ارزیابی آسیب پذیری میزان آسیب پـذیری سـاختمان هـا را ارزیابی نموده و در نهایت با ارائه مدل Riske –UE به تخمین و مدل سازی خسارات ناشـی از زلزلـه های احتمالی پرداخته است.

داخلی

در سال (۱۳۹۲) صدر در پایان نامه خود تحت عنوان " مکان یابی سـایت هـای اسـکان اضـطراری بـرای آسیب دیدگان زلزله در مناطق شهری با استفاده از سیستم اطلاعـات جغرافیـایی و فراینـد سلسـله مراتبـی (مطالعه موردی : منطقه سه شهر کرمان)" به مکان یابی مراکز اسکان اظطراری برای آسیب دیـدگان زلزلـه پرداخته است.بدین منظور معیارها و زیر معیارهای متأثر از شرایط طبیعی و کالبدی محدوده مـورد نظـر را با استفاده از مطالعات شهرسازی و ضوابط سازمان مدیریت بحران شهر تهران تعیـین، سـپس میـزان تـأثیر هریک را با استفاده از مدل تصمیم گیری AHP بصورت عددی تعیین نموده و این میزان تـاثیر گـذاری را با استفاده از مدل همپوشانی وزنی سیستم اطلاعات جغرافیایی در نقشه های مکانی معیارهـا و زیـر معیـار تاثیر داده و در نهایت چندین مکان با اولویت اول تا پنجم بر حسب مساحت آن تشخیص داد.

علی موحد و همکاران در سال ۱۳۹۱، در پژوهش خود با بهره گیـری از مـدل سلسـله مراتبـی معکـوس، برآورد مناسبی از آسیب پذیری ساختمان های شهری با اسـتفاده از داده هـای مکـانی و توصـیفی اجـزا و عناصر اصلی ساختمان (کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، نوع مصالح، کاربری اراضی از نظر خطر پـذیری، تـراکم

جمعیتی، تراکم ساختمانی) پرداخته اند و تـاثیر هرکـدام از شـاخص و کـلاس بنـدی را در میـزان آسـیب پذیری ارائه دادند.

فرج زاده و همکاران در سال ۱۳۹۰، با بهـره گیـری از مـدل TOPSIS FUZZY و GIS، معیارهـایی همچون مصالح ساختمانی، قدمت ابنیه، تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، تراکم جمعیت و سازگاری کـاربری هـا و وضعیت قرار گیری ساختمان در بلوک را درمنطقه ۹ شهرداری تهران مورد ارزیابی قرار دادند.

عزیزی و همکاران (۱۳۸٦) در پژوهشی بـا عنـوان " ملاحظـات شهرسـازی در سـنجش آسـیب پـذیری شهرهااز زلزله (مطالعه موردی: منطقه فرحزاد تهران)" با بکارگیری معیارهای شهرسازی و نیز دانش هـا و روش های نوین GIS و AHP پیشنهادهایی برای تعیین آسیب های احتمـالی نـواحی شـهری از زلزلـه ارائه دادند.

مفاهیم نظری

آسیب‌پذیری[1]

آسیب پذیری یک تابع ریاضی است و به مقدار خسـارت پـیش بینـی شـده بـرای هـر عنصـر در معـرض خطرات مصیبت بار، با شدت معین، گفته می‌شود. تحلیـل آسـیب پـذیری فراینـد بـرآورد آسـیب پـذیری عناصر طبیعی معینی است که در معـرض خطـر احتمـالی ناشـی از وقـوع خطـرات مصـیبت بـار هسـتند (Frischer, scharnbeger, 1966:8).

طبق تعریف سازمان ملل آسیب پذیری عبارت است از درجه زیان یک عنصر معین یا دسته ای از عناصـر در معرض ریسک، در نتیجه وقوع یک پدیده طبیعی با بزرگای معین و بیان شده بر روی مقیاسی از صـفر (بدون آسیب پذیری) تا یک (آسیب پذیری کامل) (Houser and Egenning, 1993: 14).

[2] Vulnerability

آسیب پذیری شهری

تعریفات و تحقیقات برجسته در مبانی نظری آسیب پذیری بر روابط متقابل انسان و محیط تأکید دارند، مفهوم نوین و مدرن، آسیب پذیری را تابعی از سیستم مدیریت بحران شهری، برنامه ریزی کاربری‌های حیاتی و برنامه ریزی مسکن و آگاهی شهروندان می‌داند. این مفاهیم جدید آسیب پذیری مخاطرات طبیعی را رخدادهای سریع و مخرب معنا نمی‌کند، بلکه بر سازمان دهی جامعه و روش‌هایی که در آن فعالیت‌های انسانی باعث ایجاد فاجعه شده شهر را آسیب پذیر می‌نماید، تأکید می‌کند (Bolin, 1982؛ به نقل از محمدی سواد کوهی، ۱۳۹۰: ۱۲).

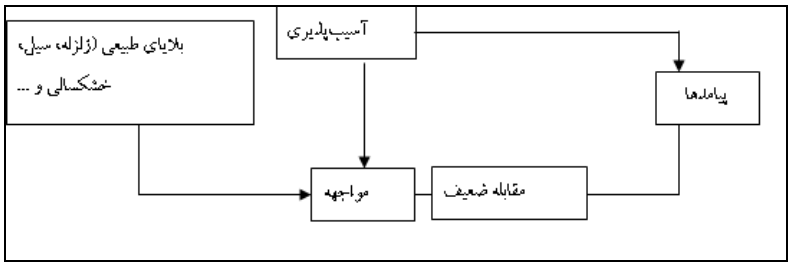
سه عنصر اصلی که به شناخت آسیب‌پذیری در حوزه شهری کمک می‌کند عبارت است از:

۱- وجود یک یا چند عامل تنش‌زا که شهروندان با آن مواجه شده‌اند. نظیر زلزله، سیل و غیره.

۲- هنگامی که مدیران شهر احساس کنند که مقابله کننده‌های موفقی نیستند و برای مواجهه با بلایای طبیعی شهری (سیل، خشکسالی و زلزله و غیره)، پاسخ حاضری در دست ندارند.

۳- آثار و پیامدهای منفی (خشکسالی، سیل، زلزله و غیره) بر شهروندان (رضایی، ۱۳۹۰: ۱۹).

بر اساس معیارهای بالا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که آسیب‌پذیرترین اقشار در بین شهروندان، افرادی هستند که در مناطق آسیب‌پذیرتر شهری به سر می‌برند.



شکل شماره (۱): چارچوب نظری آسیب‌پذیری (رضایی، ۱۳۹۰: ۱۹).

داوینگ[۲] و بکر[۳] فرمول زیر را برای سنجش آسیب‌پذیری پیشنهاد می‌کنند:

$$\text{آسیب‌پذیری} = F(R_1E_1C_1)$$

توانایی پیش‌بینی بلایا: R

مساحت منطقه و یا جمعیت تأثیرپذیر: E

مهارت‌های مقابله: C

فرمول بالا نشان می‌دهد که آسیب‌پذیری تابعی است از سه عنصر توانایی پیش‌بینی بلایا، مساحت منطقه و یا جمعیت تأثیرپذیر و مهارت‌های مقابله. آنچه در این فرمول می‌تواند برای مدیریت واحد بحران جهت کاهش بلایای طبیعی جالب توجه باشد، قابلیت آموزشی عنصر سوم یعنی ظرفیت مقابله است. هرچقدر مهارت‌های مقابله تقویت شوند، میزان آسیب‌پذیری جامعه کاهش می‌یابد (اسماعیلیان، ۱۳۹۰: ٤٨).

جدول شماره ۱ : متغیرهای مؤثر بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر بحران

متغیر	انواع و شرح
طبیعی	**ـ ویژگی بحران، یعنی عمق، بزرگی، زمان وقوع، مدت** **ـ شرایط زمین‌شناسی و مورفولوژی ساختمانی زیربنای شهر، نظیر دوری و نزدیکی به خط گسل، ویژگی و عمق مواد سطحی، ویژگی‌های سنگ بستر** **ـ توپوگرافی و شیب**
کالبدی و ساختمانی	**ـ شبکه معابر** **ـ توزیع انواع کاربری‌ها یا رعایت همجواری‌ها** **ـ تراکم واحدهای مسکونی در سطح و طبقات** **ـ طرح ساختمان**
اجتماعی و اقتصادی	**ـ تراکم جمعیت** **ـ مدیریت بحران** **ـ سطح سواد و فرهنگ** **ـ وضعیت مالی ساکنان**

مأخذ:(حسین زاده، ۱۳۸۳: ۷۰).

[2]. Downing
[3] . Bakker

از نظر برنامه‌ریزی شهری مهم‌ترین عوامل تشدید کننده احتمال خطر و افزایش آسیب‌پذیری شهرها شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- شرایط زمین‌شناسی و مورفولوژی ساختمانی زیربنای شهر، توپوگرافی، شیب و طرز قرارگیری خاستگاه شهر بر روی آن

۲- تمرکز جمعیت، ثروت و سرمایه

۳- عدم رعایت قوانین و مقررات مقاوم‌سازی

٤- وجود انبوهی از ساخت و سازهای غیرمجاز به صورت اسکان غیررسمی

۵- بلند مرتبه سازی‌های غیراصولی و غیرمجاز بر روی خط گسل‌ها و مناطق بحران زا

٦- استفاده از مصالح نامرغوب در ساخت و سازها به ویژه در ساختمان‌های بلند مرتبه

۷- نداشتن برنامه‌های اصولی در برابر رویارویی با بحران‌های آتی

۸- نبود آمادگی لازم از طرف دولت و مردم در رویارویی با بحران

۹- نداشتن آموزش‌های لازم سکنه شهر در رویارویی با بحران

۱۰- تفاوت در دستورالعمل‌های سازمان‌های درگیر با بحران در ارتباط با مقابله با بحران

۱۱- تفاوت در تصمیمات، برنامه‌ها، تمرین‌ها، مانورها، آموزش‌ها، نحوه چیدمان انبار و نحوه استفاده از انبار در سازمان‌های مختلف درگیر با بحران (قائد رحمتی، ۱۳۸۷: ۲۵).

عوامل مؤثر در آسیب پذیری شهر

عوامل کلی مؤثر در ارتباط با آسیب‌پذیری عبارتند از:

۱. کاربری‌های با اهمیت زیاد

- کاربری‌های خطرآفرین مانند کارخانه‌ی تولید مواد شیمیایی، انبار مواد قابل اشتعال و غیره
- کاربری‌های آسیب‌پذیر مانند سینما، فروشگاه‌های بزرگ و به طور کلی بناهای عمومی با بیش از ۳۰۰ نفر جمعیت

- کاربری‌های خدماتی چون مراکز درمانی، مراکز انتظامی و آتش‌نشانی

۲. شبکه ارتباطی

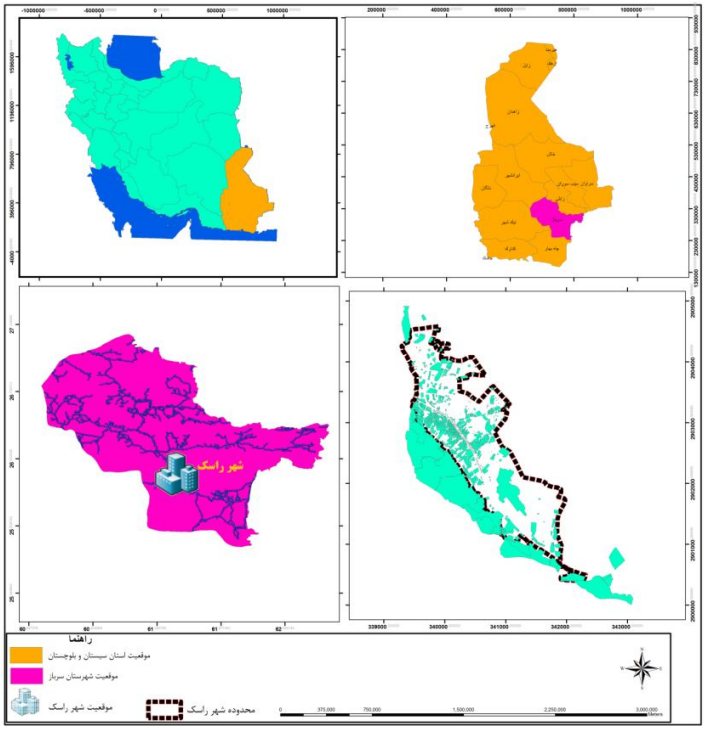
- نحوه امدادرسانی، میزان و نحوه دسترسی و آسیب‌پذیری
- فضاهای باز (پارک‌ها، میادین، فضاهای باز کاربری‌های بزرگ و غیره) که به منظورهای زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:گریز، امداد، اسکان و انبار

۳. مسکن

- هم‌جواری با ساختمان‌های اطراف (آسیب‌پذیری) که باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری می‌شود.
- پیش آمادگی و عوامل خطرآفرین (آسیب رسانی) که باعث آسیب رسانی به مردم می‌شود.
- سازه بنا (آسیب رسان) : باعث آسیب رسانی به مردم می‌شود.
- شکل بنا (آسیب‌پذیری) باعث افزایش میزان آسیب‌پذیری می‌شود (مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران،۱۳۸۰: ۱۰-۱۲).

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر راسک مرکز شهرستان سرباز از نظر موقعیت جغرافیایی در طول شرقی′۲٤ °٦۰ و عرض شمالی ′۱٤ °۲٦ قرار گرفته است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۳۷۸ متر است. این شهر از نقطه نظر تقسیمات سیاسی در بخش مرکزی می‌باشد. شکل شماره (۱) وضعیت این شهر را در تقسیمات سیاسی ـ اداری شهرستان و استان نشان می‌دهد. همانطور که در نقشه مزبور مشخص است شهرستان سرباز از شمال با شهرستان سراوان و از شمال‌غرب و غرب با شهرستان ایرانشهر و نیکشهر و از جنوب با شهرستان چابهار هم مرز می‌باشد. نیمه شرقی شهرستان سرباز را مرزهای خاکی کشورمان با کشور پاکستان در بر می‌گیرد.



شکل (۱): موقعیت شهر راسک در شهرستان، استان و کشور

روش تحقیق

روش پژوهش حاضر، توصیفی – تحلیلی و نوع آن بر اساس هدف، کاربردی است. روش‌های جمع‌آوری اطلاعات به روش اسنادی، طرح تفصیلی شهر، نتایج اخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۵)، و ... صورت پذیرفته است. سپس داده‌های موجود با استفاده از نرم‌افزارهایArc Gis و مدل‌تحلیل شبکه فازیANPFuzzyتجزیه و تحلیل شده و نهایتا پس از تعیین معیارهای موثر در امر مکان‌یابی مساکن موقت و تهیه لایه‌ها و نقشه‌های مختلف شامل ده لایه تراکم جمعیت، همجواری کاربری‌ها، آسیب‌پذیری، دسترسی به راه، مراکز درمانی مراکز آموزشی، مراکز انتظامی، فضای سبز، اراضی بایر و ایستگاه‌های آتش-نشانی، نقشه نهایی مکان‌های مناسب جهت احداث اسکان موقت تهیه و پیشنهاد شده است.

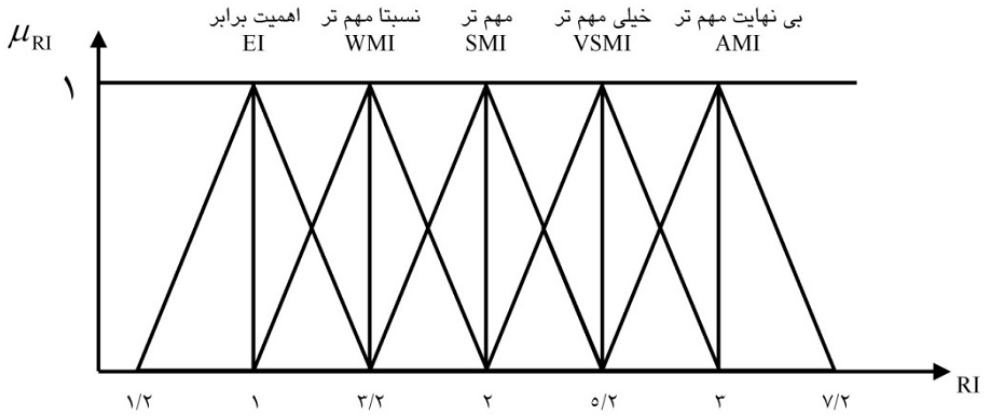
فرایند تحلیل شبکه فازی (FANP)

روش ANP به منظور نرخ گذاری و رتبه بندی ترجیحات، از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می کند که داده های ورودی آن اعداد قطعی بوده و در مواردی که داده های ورودی با ابهام روبرو هستند، نمی توان از این ماتریس استفاده نمود(یوسفی نژاد عطاری و نیشابوری، ۱۳۹۰ : ٦)، برای حل این مسأله، چنگ رو وو به اتفاق همکارانش (Wu,et al, 2008 : 55)، مدلی را ارائه نموده اند که از روش ANP در محیط فازی بهره می گیرد. تفاوت مدل ارائه شده با روش ANP معمولی، در استخراج اوزان اهمیت از ماتریس مقایسات زوجی می باشد که شرح آن در ذیل آمده است. سایر گام گام های آن با روش ANP معمولی یکسان است و از ذکر مجدد آن خودداری می گردد.

از آنجایی که هر عدد در ماتریس مقایسات زوجی، نظر شخصی تصمیم گیرندگان را نشان می دهد و یک مفهوم مبهم است، به منظور یکی نمودن نظرات متمایز کارشناسان، اعداد فازی به کار گرفته می شوند. در دنیای واقعی، بسیاری از تصمیمات در برابر گیرنده عدم صراحت در اهداف، محدودیت ها و اعمال ممکن است که صراحتا معرفی نمی شون (Bellman and Zadeh, 1970 :147)، ریشه های این عدم صراحت عبارتند از: اطلاعات غیر قابل اندازه گیری، اطلاعات ناقص و اطلاعات غیر قابل دستیابی(Chen, 1992 :37). برای حل این مسأله، نظریه مجموعه های فازی اولین بار توسط لطفی زاده (Zadeh, 1965 :342)به عنوان یک روش ریاضی جهت برخورد با ابهام در تصمیم گیری ارائه گردید. نظریه فازی در جایی که تصمیم گیری ها با عبارات مبهم و دو پهلوی انسانی سر و کار دارد، بسیار پر کاربرد و مفید می باشد. تصمیم گیرندگان به ارزیابی بر طبق تجربیات و دانش گذشته شان تمایل دارند و اکثر برآوردهایشان برحسب عبارات کلامی دو پهلو بیان می گردد. به منظور یکپارچه سازی تجربیات، عقاید، ایده های تصمیم گیرندگان، بهتر است که برآورد کلامی به اعداد فازی تبدیل شود. بنابراین مسائل تصمیم گیری در دنیای واقعی، نیاز به منطق فازی را مطرح نموده است(Kaufmannand Gupta, 1991). از آنجاییکه اعداد مورد استفاده در این روش اعداد فازی مثلثی هستند، لذا مقیاس‌های فازی مورد استفاده در روش فرآیند تحلیل شبکه فازی در جدول (۲) و شکل (۲) نشان داده شده اند.

جدول (۲): مقیاس‌های زبانی برای بیان درجه اهمیت

مقیاس‌های زبانی برای درجه اهمیت		اعداد فازی مثلثی	معکوس اعداد فازی مثلثی
Just equal	عیناً یکسان	$(1,1,1)$	$(1,1,1)$
Equally important	اهمیت برابر یا عدم ترجیح	$(\frac{1}{2},1,\frac{3}{2})$	$(\frac{2}{3},1,2)$
Weakly more important	نسبتاً مهم‌تر	$(1,\frac{3}{2},2)$	$(\frac{1}{2},\frac{2}{3},1)$
Strongly more important	مهم‌تر	$(\frac{3}{2},2,\frac{5}{2})$	$(\frac{2}{5},\frac{1}{2},\frac{2}{3})$
Very strongly more important	خیلی مهم‌تر	$(2,\frac{5}{2},3)$	$(\frac{1}{3},\frac{2}{5},\frac{1}{2})$
Absolutely more important	بی‌نهایت (کاملاً) مهم‌تر	$(\frac{5}{2},3,\frac{7}{2})$	$(\frac{2}{7},\frac{1}{3},\frac{2}{5})$



شکل(۲): مقیاس‌های زبانی برای بیان درجه اهمیت

آسیب پذیری کالبدی

برای تحلیل آسیب پذیری کالبدی شهرها در برابر زلزله می توان عوامل تاثیر گذاری در آسیب پذیری را در دو دسته عوامل درونی و عوامل بیرونی مورد طبقه بندی و مطالعه قرار داد. عوامل درونی، عواملی هستند که مستقیما اثر زلزله به خود ساختمان بر می گردد ولی عوامل بیرونی، عواملی هستند که اثر زلزله

مستقیما به خود ساختمان بر نمی گردد، بلکه عوامل دیگری در آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله نقش دارند(جلیل پور، ۱۳۸۹ :۵۱). در پژوهش حاضر وضعیت کالبدی شهر راسک در برابر زلزله از طریق شاخص ها و عوامل درونی(مصالح، کیفیت ابنیه، قدمت ابنیه، تعداد طبقات و ریزدانگی) و عوامل بیرونی (همجواری کاربری ها) ارزیابی شد. در زیر شاخص های مورد بررسی به تفصیل آورده شده است :

لایه همجواری کاربری اراضی شهری

یکی از تدابیر لازم برای کاهش خسارات ناشی از از زلزله در شهرها، مکان یابی بهینه کاربری هاست، چنانچه کاربری های شهری با دقت جایابی شوند، در بسیاری از هزینه های ایجاد شده برای شهر، چه از نظر سلامتی و چه از نظر زمان صرفه جویی می گردد(ابراهیم زاده، ۱۳۹۱ :۱). بر این اساس اصل همجواری کاربری ها باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در ارزیابی آسیب پذیری، کاربری های شهری را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد:

کاربری های حیاتی که به مهار بحران زلزله و کاهش خسارات ناشی از زلزله و کاهش خسارات ناشی از آن کمک می کنند؛ مانند فضای باز که شامل (اراضی بایر، فضای سبز، باغ و اراضی زراعی) می باشد، بیمارستان ها و مراکز بهداشتی درمانی، مدارس و مراکز آموزشی، مراکز اداری و انتظامی

کاربری هایی که موجب افزایش آسیب پذیری می شوند. این کاربری ها شامل کاربری های صنعتی، نظامی می باشند.

بیمارستان ها و مراکز بهداشتی درمانی مهم ترین کاربری های شهری در زمان بحران زلزله به شماری می روند، بر این اساس کاربری های شهری هرچه به این مراکز نزدیک تر باشند میزان آسیب پذیری کمتر و هرچه دورتر باشند از آسیب پذیری بیشتری برخوردار خواهند بود. زیرا فاصله نزدیک از این مراکز در زمان پس از وقوع زلزله، موجب انتقال سریع مصدومین به این مراکز و نجات جان آن ها می شود.

فضای سبز و فضاهای باز نیز نقش مهمی در کاهش وسعت میزان عمل و نتایج اکثریت حوادث طبیعی و زلزله دارند. از عمده ترین عملکردهای آن در هنگام بروز زلزله جداسازی یک منطقه با با پتانسیل خطر از دیگر مناطق و جلوگیری از توسعه زنجیری مناطق است(زبردست، ۱۳۸٤ :۷). این فضاها در کاهش خطر

ناشی از زلزله می توانند موثر واقع شوند، بعد از وقوع زلزله نیز می تواند به عنوان فضاهایی برای تخلیه اضطراری مجروحان و برپایی سرپناه های اضطراری عملکرد مناسبی داشته باشد.

مراکز آموزشی، مراکز اداری و انتظامی با توجه به فضای بازی که دارا می باشند می توانند به عنوان مراکز امداد رسانی بعد از وقوع زلزله به حساب آیند و مسئول ارائه خدمات در جهت مهار بحران باشند.

مراکز صنعتی از جمله کاربری به شمار می روند که در زمان وقوع بحران زلزله می توانند بر میزان آسیب پذیری بیفزایند لذا بین میزان آسیب پذیری و فاصله از این کاربری ها رابطه عکس برقرار است. به عبارت دیگر هرچه فاصله از این کاربری بیشتر باشد آسیب پذیری کاهش می یابد.

براین اساس هریک از کاربری های شهر در ۵ دسته تقسیم بندی و براساس نظر کارشناسی وزن دهی شده و در قالب نقشه های همجوار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ترسیم گردید. جدول زیرطبقه بندی هریک از کاربری ها و وزن آن ها را نشان می دهد.

جدول شماره (۳) : طبقه بندی و وزن دهی کاربری های شهری

معیار	محدوده شاخص (متر)	وزن	معیار	زیر معیار	امتیار
بهداشتی – درمانی	کمتر از ۷۵	۹	حمل و نقل	کمتر از ۷۵	۱
	۷۵–۱۵۰	۷		۷۵–۱۵۰	۹
	۱۵۰–۳۰۰	۵		۱۵۰–۳۰۰	۷
	۳۰۰–۵۰۰	۳		۳۰۰–۵۰۰	۵
	بالای ۵۰۰	۱		بالای ۵۰۰	۳
آموزشی	کمتر از ۷۵	۹	انتظامی	کمتر از ۱۰۰	۹
	۷۵–۱۵۰	۷		۱۰۰–۳۰۰	۷
	۱۵۰–۳۰۰	۵		۳۰۰–۵۰۰	۵
	۳۰۰–۵۰۰	۳		۵۰۰–۷۰۰	۳
	بالای ۵۰۰	۱		بالای ۷۰۰	۱
تاسیسات و	کمتر از ۷۵	۹	فضای سبز	کمتر از ۵۰	۹

تجهیزات	۷۵–۱۵۰	۷		۵۰–۷۰	۷
	۱۵۰–۳۰۰	۵		۷۵–۱۵۰	۵
	۳۰۰–۵۰۰	۳		۱۵۰–۳۰۰	۳
	بالای ۵۰۰	۱		بالای ۳۰۰	۱
صنعتی	کمتر از ۷۵	۱			
	۷۵–۱۵۰	۳			
	۱۵۰–۳۰۰	۵			
	۳۰۰–۵۰۰	۷			
	بالای ۵۰۰	۹			

مأخذ : یافته های تحقیق ۱۳۹۷

سپس میزان تأثیر گذاری و اهمیت هریک از لایه های کاربری های موجود با توجه به نظرات کارشناسانه مشخص و وزن و اهمیت نسبی هریک از آن ها با استفاده از مدل ANP تعیین گردید. جدول () اوزان محاسبه شده برای هریک از کاربری ها را نشان می دهد.

جدول شماره (۳): وزن نهایی معیارهای همجواری کاربری ها

کاربری	آموزشی	تأسیسات	بهداشتی	حمل و نقل	صنعتی	فضای سبز	نظامی
وزن	۰.۱۲۵	۰.۰۵۳	۰.۲۵۱	۰.۰۸۴	۰.۰۳۵	۰.۲۱۵	۰.۰۲۱

سایر لایه های ارزیابی آسیب پذیری

پس از مشخص کردن معیارها جهت ارزیابی میزان آسیب پذیری بلوک های شهری، طبقه بندی هریک از آن ها با توجه به نظرات کارشناسی و اهمیت آن ها به عمل آمد و وزن هایی به هرکدام اختصاص یافت و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب نقشه هایی به نمایش درآمد.

جدول (٤)وزن نهایی معیارهای آسیب پذیری

معیار	زیر معیار	امتیاز	معیار	زیر معیار	امتیاز
مصالح ساختمانی	اسکلت فلزی	۱	قدمت ساختمان	کمتر از ۱۰ سال	۱
	اسکلت بتونی	۳		بین ۱۰ تا ۲۰ سال	۳
	اسکلت آجر و آهن	۵		بین ۲۰ – ۳۰ سال	۵
	اسکلت بلوک	۷		بیش از ۳۰ سال	۹
	اسکلت خشت و چوب	۹			

کیفیت ابنیه	قابل قبول	۳	تعداد طبقات	یک طبقه	۲
	مرمتی و قابل نگهداری	۷		دو طبقه	۳
	تخریبی	۹		سه طبقه	۴
	ویژه	۱		چهار طبقه	۵
				پنج طبقه	۶
				شش طبقه	۷
				فاقد بنا	۱
دسترسی به فضای باز برحسب متر	۵۰	۱	تراکم ساختمان	کمتر از ۲۰	۱
	۱۰۰	۳		۲۰–۳۰	۳
	۱۵۰	۵		۳۰–۵۰	۵
	بیش از ۲۰۰	۷		۵۰–۱۰۰	۷
				بیشتر از ۱۰۰	۹
تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	کمتر از ۲۰۰	۱			
	۲۰۰–۳۰۰	۳			
	۳۰۰–۴۰۰	۵			
	۴۰۰–۵۰۰	۷			
	بیشتر از ۵۰۰	۹			

شکل (٤) نقشه لایه های موثر در آسیب پذیری کالبد شهر

بررسی میزان آسیب پذیری کالبد شهر در برابر زلزله با استفاده از مدل تحلیل شبکه فازی

پس از تعیین معیارها و شاخص ها، اکنون قبل از اینکه به تشخیص و تعیین محدوده های آسیب پذیر بپردازیم، لازم است تا ضرایب اهمیت هریک از مولفه ها تعیین گردد. برای این منظور لازم است تا اقدام به تشکیل ماتریس مقایسه دو دویی میان معیارها توسط اعداد فازی مشابه با جدول (٤) نمود. در واقع درایه های ماتریس زوجی جامع که در روش تحلیل شبکه فازی به کار می رود، یک عدد فازی مثلثی

است که مولفه اول آن حداقل نظر سنجی ها، مولفه دوم آن میانگین نظر سنجی ها و مولفه سوم حداکثر نظر سنجی هاست.

جدول(۵) ماتریس مقایسه زوجی معیارهای

معیارها	کیفیت ابنیه	مصالح ساختمان	قدمت ابنیه	تعداد طبقات	دسترسی به فضای باز	تراکم جمعیت	تراکم ساختمان	همجواری
کیفیت ابنیه	۱، ۱، ۱	۱ ، ۰/۵ ، ۰/۲۵	۱،۲، ۴	۱، ۳، ۵	۴، ۶، ۸	۳، ۵، ۷	۲، ۴، ۶	۵، ۷، ۹
مصالح ساختمان	۱، ۲، ۴	۱، ۱، ۱	۱، ۳، ۵	۲، ۴، ۶	۵، ۷، ۹	۴، ۶، ۸	۳، ۵، ۷	۶، ۸، ۱۰
قدمت ابنیه	۰/۲۵ ،۰/۵ ،۱	۰/۲ ،۰/۳۳ ،۱	۱، ۱، ۱	۱، ۴،۲	۳، ۷،۵	۲، ۴، ۶	۱، ۳، ۵	۴،۶، ۸
تعداد طبقات	۰/۲ ،۰/۳۳ ،۱	۰/۱۶،۰/۲۵ ،۰/۵	۰/۲۵ ، ۰/۵ ، ۱	۱، ۱،۱	۲، ۴، ۶	۱، ۳، ۵	۱، ۲، ۴	۲،۴، ۶
دسترسی به فضای باز	۰/۰۵/۱۴ ،۰/۲۵	۰/۱۱ ،۰/۱۴ ،۰/۲	۰/۲۵ ،۰/۵ ،۱	۰/۱۶ ،۰/۲۵ ،۰/۵	۱، ۱،۱	۰/۵ ،۱ ۰/۲۵،	۰/۳۳ ،۱ ۰/۲	۱ ،۲ ،۴
تراکم جمعیت	۰/۱۴ ،۰/۲۵ ،۰/۵	۰/۱۲ ،۰/۱۶ ،۰/۲۵	۰/۱۶ ،۰/۲۵ ،۰/۵	۰/۲،۰/۳۳ ،۱	۱،۲ ،۴	۱، ۱، ۱	۰/۱۵، ۰/۲۵	۱ ،۳ ،۵
تراکم ساختمان	۰/۱۶ ،۰/۲۵ ،۰/۵	۰/۱۴،۰/۲ ،۰/۳۳	۰/۲،۰/۳۳ ،۱	۰/۲۵ ،۰/۵ ،۱	۱ ،۳ ،۵	۱، ۲، ۴	۱، ۱، ۱	۲ ،۴ ،۶
همجواری	۰/۱۱ ،۰/۱۴ ،۰/۲	۰/۱ ،۰/۱۲ ،۰/۱۶	۰/۱۲ ،۰/۱۶ ،۰/۲۵	۰/۲ ،۰/۳۳ ۰/۱۴	۰/۳۳ ،۱ ۰/۲،	۰/۳۳ ،۱ ۰/۲	۰/۱۶ ،۰/۲۵	۱،۱ ،۱

برای محاسبه ی وزن شاخص ها و دخالت اهمیت ضریب تاب آوری برای هر یک از شاخص ها از Excel 2013استفاده شده است. حاصل این تحلیل بدست آوردن ضریب شاخص‌های مؤثر و مورد استفاده در آسیب پذیری ناشی از زلزله در محدوده مورد مطالعه است. ضریب هر یک از شاخص-ها در جدول (۵) آورده شده است.

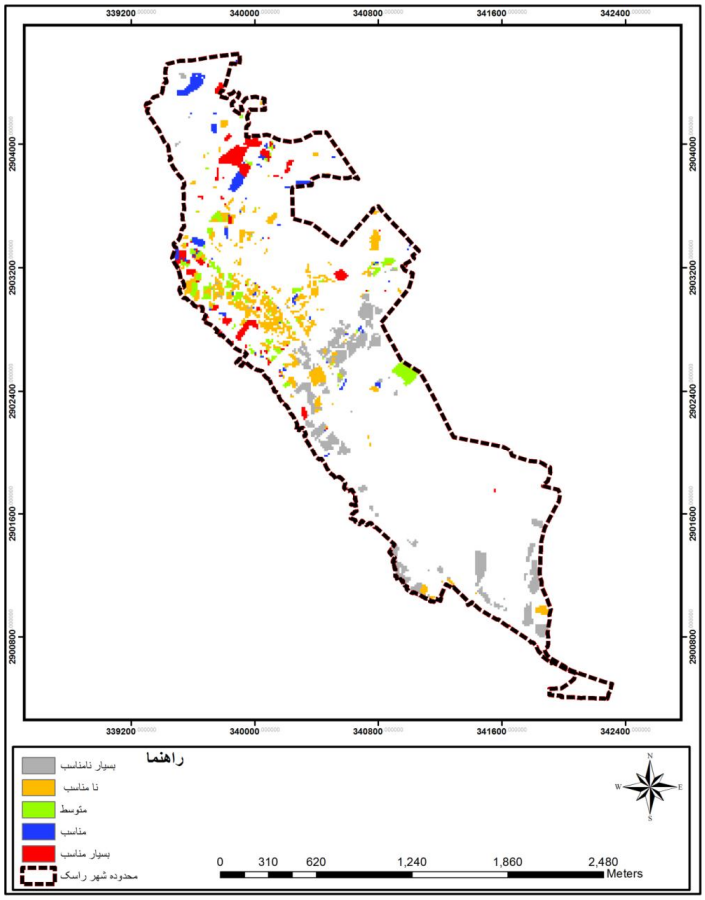
جدول (٦) ضریب نهایی معیارها

معیارها	همجواری	تراکم ساختمان	تراکم جمعیت	دسترسی به فضای باز	تعداد طبقات	قدمت ابنیه	مصالح ساختمان	کیفیت ابنیه
وزن معیارها	۰/۲۸۴	۰/۰۶۳	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۱۲۳	۰/۱۷۴	۰/۴۴۵	۰/۱۲۶

نتایج حاصل از مقایسه معیارها با استفاده از مدل تحلیل شبکه فازی (FANP) بیانگر آن است که مصالح ساختمانی با توجه به اهمیت آن در برابر زلزله بالاترین ضریب امتیاز را به خود اختصاص داده است. که این امتیاز برابر با ۰/٤٤٥ می باشد. تجربه زلزله ها حاکی از این است که نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در سازه بیشتر از دیگر معیارهای میزان آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله را نشان می دهد. به طوری‌که هر چه در سازه از مصالح با دوامی استفاده شده باشد. میزان تاب آوری در برابر زلزله افزایش می یابد. در اولویت دوم همجواری قرار دارد که امتیاز این معیار ۰/۲۸٤ است. و کمترین امتیاز را تراکم جمعیتی با امتیاز ۰/۰٤۹ برخوردار می باشد.

پهنه بندی میزان آسیب پذیری کالبدی

تلفیق لایه‌ها و تهیه نقشه نهایی معمولاً با توجه به نیاز پروژه تهیه می‌شود و معمولاً به چند صورت مختلف می‌باشد. اگر هدف از مکان‌یابی فقط تعیین مکان‌های مناسب با درجه بالا باشد، این نقشه‌ها در قالب نقشه‌های تک منظوره و فقط با قابلیت نمایش مناطق مناسب تهیه می‌شوند. در این گونه نقشه‌ها هیچ‌گونه رتبه‌بندی(پهنه‌های گوناگون) بین پارامترها صورت نمی‌گیرد. صورت دیگر نقشه‌های نهایی، علاوه بر تعیین مکان‌های مناسب، مکان‌ها با مناسبت کم تا نامناسب که بستگی به نیاز پروژه بوده تهیه می‌شود. این نوع نقشه‌ها معمولاً پهنه‌ها را به تفکیک _رنگ، نماد و غیره) نشان میدهند(عظیمی حسینی و دیگران، ۱۳۸۹ :٦۳). اکنون پس از مشخص نمودن میزان ضرایب اهمیت معیارها، مرحله بعد مشخص نمودن پهنه های آسیب پذیر در برابر زلزله می باشد. که برای این منظور از سامانه هوشمند (GIS) استفاده شده و در این راستا لایه های اطلاعاتی با استفاده از محاسبه گر رستری (Raster Calculator) لایه های رستری از طریق اعمال ضرایب اهمیت هریک معیارها، نقشه نهایی پهنه های آسیب پذیر در برابر زلزله ایجاد گردید.



شکل (۵) اولویت بندی پهنه های آسیب پذیر در برابر زلزله

نتیجه گیری

برنامه ریزی پیش از وقوع بحران از مسائل مهمی است که امروزه پیش روی مدیران شهری به ویژه در حوزه مدیریت بحران قرار دارد. با توجه به اینکه ایران از کشورهای بلاخیز دنیا به شمار می رود، لازم است مدیریت شهری قدرت و توانایی بالایی در مواجهه با حوادث ناگوار طبیعی داشته باشد و به منظور کاهش اثرات سوء بحران های شهری برای ارتقاء و گسترش توانای یهای خود به طور مستمر تلاش نماید.

می توان گفت که روند روبه رشد و فزاینده شهرنشینی و جمعیت شهری به عنوان ظرفیتی برای خسارت های زیاد به هنگام بروز بلایای طبیعی است گسترش شبکه های ارتباطی و زیر ساخت های شهری از

یک طرف و عدم رعایت ابتدایی ترین نکات ایمنی در ساخت و سازهای شهری و بدون برنامه بودن رشد و توسعه شهر از طرف دیگر، زمینه ایجاد خسارت های زیاد در زمان وقوع زلزله را فراهم ساخته است

مدیریت بحران در نواحی شهری به عنوان اقدامی است که در هنگام بروز بلایا و بخصوص زلزله می تواند تا حد زیادی اثرات بحران و بلایا را کاهش دهد. برنامه ریزی شهری به عنوان عاملی است که نقش بسیار موثری در کاهش ضایعات زلزله دارد. در میان سطوح گوناگون برنامه ریزی کالبدی کارآمدترین برای کاهش از میزان آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله، سطح میانی یا همان شهرسازی است و مفاهیم موجود در شهرسازی مانند ساختار شهری، فرم شهری، کاربری اراضی شهری، تراکم های شهری، تاسیسات و زیرساخت های شهری، اعم از شبکه آب و برق و گاز و تلفن، شبکه ارتباطی شهر و ... نقش مهمی در میزان آسیب پذیری شهر در برابر زلزله دارند. با توجه به بررسی ها و نتایج صورت گرفته این مقاله در صدد پاسخگویی به این سؤال بوده که جایگاه مدیریت بحران و به طور اخص پیشگیری از بحران زلزله (چه قبل و چه بعد از بحران) در فرآیند برنامه ریزی شهری چیست؟ پیچیدگی های ساختارهای اجتماعی و کالبدی در شهر های بزرگ نیازمند مدیریت بحران حساب شده ای است که از آمادگی پیش از بحران تا بازسازی بعد از بحران بایستی به آن توجه کرد و با بکارگیری تکنولوژیهای جدید نظیر و ... می تواند در این زمینه راهگشا باشد.

نتایج نهایی مطالعه نشان می‌دهد، که ٤٢ درصد کالبد شهر راسک در برابر زلزله در معرض آسیب پذیری قرار دارد. وجود کیفیت ابنیه پایین و مصالح کم دوام سبب آسیب پذیری کالبد و بافت شهر راسک شده است. فشردگی بافت، کمبود فضاهای باز و فرسودگی این بافت ها، آسیب پذیری آن را تشدید می کند. همچنین دوری از مراکز امداد رسانی و محلات به مراکز امدادی، وجود معابر کم عرض در نتیجه قطعات بدنه و محصوریت بالا باعث افزایش زمان سفر و کندی عملیات امداد و نجات خواهد شد.

پیشنهادات

برنامه ریزی برای مطالعه وضعیت آسیب پذیری بافت های قدیمی شهر و تلاش جهت بهسازی آن ها.

طرح ساماندهی شبکه ارتباطی جهت ایجاد ارتباط با کاربرهای حساس مثل بیمارستان و آتش نشانی به منظور ایجاد آمادگی در شرایط بحران.

افزایش تسهیلات مسکن و توانمند سازی قشر آسیب پذیر در تهیه مسکن تک خانواری مقاوم با استانداردهای لازم برای رویایی با زلزله

افزایش مقاومت سازه ای ساختمان ها، ایجاد فضاهای باز در مراکز محلات و بافت های متراکم، احداث ساختمان های کاربری امدادی به ویژه بیمارستان ها و مراکز آتش نشانی

منابع

ابراهیم زاده، عیسی؛ شمس اله کاظمی زاده؛ حکیمه قنبری (۱۳۹۱)، تحلیلی بر آسیب پذیری ناشی از زلزله بر ارائـه الگـوی یهینه مکان یابی کاربری های ویژه بهداشتی – درمانی و آموزشی، جغرافیا و آمایش شهری – منطقه ای، شماره ٤، زاهدان

حاتمی نژاد(۱۳۸۸)، ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه ای در شهر(نمونه موردی، منطقه ۱۰ شهرداری تهران)، پژوهش های جغرافیای انسانی، شماره ٦٨، تهران.

حبیب، فرح(۱۳۸۳)، شکل شهر- زمـین لـرزه، مجلـه هفـت شـهر، سـازمان عمـران و بهسـازی شـهری وزارت مسـکن و شهرسازی، شماره۱۷، تهران

حبیبی، سید محسن(۱۳۷٦)، رشد شهر از درون، دیدگاه ها و نظرها، شورای تخصصی شهر تهران، تهران

حسنی(۱۳۸٤)، ضرورت تجدید نظر در مدیریت بحران زلزله در ایران، مجموعه مقالات مربوط به ایـران و ژاپـن، سـازمان مدیریت و برنامه ریزی، شماره۲۹۸، ٤۹-۳۷

حسین زاده، سیدرضا(۱۳۸۳)، برنامه ریزی شهری همگام با مخاطرات طبیعی با تأکیـد بـر ایـران، مجلـه جغرافیـا و توسـعه ناحیه ای، شماره سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

فرج زاده اصل، منوچهر؛ محسن احد نژاد، جمال امینی(۱۳۹۰)، ارزیابی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله(مطالعـه موردی، منطقه ۹ شهرداری تهران)، مطالعات و پژوهش های شهری و منطقه ای، سال سوم، شماره ۹،

عبدالهی، مجید(۱۳۸۲)، مدیریت بحران در نواحی شهری، انتشارات سازمان شهرداری های کشور، چاپ دوم، تهران

قائد رحمتی، صفر(۱۳۸۷)، تحلیل فضایی آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله(نمونه موردی : شهر اصفهان)، پایـان نامه دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

قدیری، محمود؛ عبدالرضا افتخاری؛ اکبر پرهیزگار؛ شایان شایان(۱۳۸۷)، تحلیلـی بـر دیـد گاههـای نظـری آسـیب پـذیری جامعه نسبت به مخاطرات، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دانشکده علم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، صص ۲۲-۱

محمدی احمدیانی، جمال، زهرا، صحرائیان؛ فرامرز خسروی(۱۳۸۹)، نقش عوامـل مـوثر در آسـیب پـذیری کالبـدی شـهر جهرم در برابر زلزله، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۱۷، صص ۱٤۳-۱۲۱

محمدی سواد کوهی، خدیجه(۱۳۹۰)، بررسی وضعیت واحدهای مسکونی شهر ساری به منظور برنامـه ریـزی و مـدیریت بحران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان

مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران(۱۳۷۵)، کاربرد مدیریت بحران و در کاهش ضایعات ناشی از زلزله، بنیاد مسـکن انقلاب اسلامی، تهران

موحد، علی؛ محمد علی فیروزی و ایوب ایصافی(۱۳۹۱)، بررسی آسیب پذیری ساختمان هـای شـهری در برابـر زلزلـه بـا استفاده از مدل سلسله مراتبی معکوس در سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش و برنامـه ریـزی شـهری، سـال سـوم، شماره یازدهم، صص ۱۳٦-۱۱۵

یوسفی نژاد عطاری، مهدی و نیشابوری جامی، انیسه (۱۳۹۱) پیاده سازی جدول SWOT برای پارک های علم و فناوری و تعیین بهترین راهبرد جهت نیل به اهداف با استفاده از ANP فازی، فصلنامه تخصصی پارک ها و مراکز رشد، سال هشتم، شماره ۳۰، بهار ،صص ۱۲-٤

Houser, G., & Egenning, P. C. (1993). Risk analysis, First Edition Earthquake Engineering Research Institute. Oakland, USA.

Friend, j, k, and Jassop W,N(1969), local governmental and strategic, London, tavistock puplications.

Wu, C.R., Chang, C.W. Lin, H.L.; "A Fuzzy ANP-based Approach to Evaluate Medical Organizational Performance". Information and Management Sciences, 19(1), 53-74, 2008

Bellman, R. E., Zadeh, L. A. (1970), "Decision-making in a fuzzy environment". Management Science, 17(4), 141-164,

Chen, S. J., Hwang, C. L., & Hwang, F. P. (1992), "Fuzzy multiple attribute decision making". Lecture Notes in Economics and Mathematical System, 375.

Zadeh. L. A. (1965). "Fuzzy sets". Information and Control, 8(2), 338- 353.

Kaufmann. A.and Gupta. M. M. (1991). "Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and applications". New York: Thomson Computer Press.

Meade. L.M.andSarkis.J. (1999)."Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: An analytical network approach".International Journal of Production Research, 37, 241–261.