

ارزیابی خطرپذیری انسانی - کالبدی در برابر زلزله. نمونه موردی: شهر یزد

الیاس مودت^{۱*}، سعید ملکی^۲، محمد دیده بان^۳

^۱ هیات علمی گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران
^۲ استاد گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران
^۳ استادیار گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، ایران
تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۳

چکیده

زلزله در جهان به عنوان یکی از مخرب ترین و تهدید آمیزترین عامل انهدام حیات انسانی - محیطی مطرح می باشد. آسیب های ناشی از آن در ابعاد مختلف (فیزیکی، اجتماعی و غیره) متوجه جوامع شهری می باشد؛ لذا آمادگی و برنامه ریزی دقیق برای تعیین درجات آسیب و کنترل درجه بحران، مورد استفاده قرار می گیرد. در نتیجه شناخت ابعاد اجتماعی و فیزیکی موضوع، نقش مؤثری در آسیب ناشی از زلزله دارد. این پژوهش با بهره گیری از ۱۱۷ متغیر و استفاده از تکنیک های SMART-Entropy، KS، PDF و همچنین نرم افزارهای GIS، SPSS و Excel به پهنه بندی و ارزیابی زلزله پرداخته است. براساس نتایج منطقه دو شهری یزد با میزان SMART-Entropy ۰/۵۷۸ درصد به عنوان آسیب پذیرترین منطقه در برابر خطر زلزله می باشد. در مدل احتمال خطر، میزان PDF منطقه یک برابر ۳۹ درصد بوده که کمترین میزان را شامل می شود؛ همچنین منطقه سه شهر یزد به علت دارا بودن بیشترین میزان ساختمان های با مصالح بتن و فلز، میزان KS آن به مراتب کمترین تلفات انسانی را در هنگام وقوع زلزله نشان می دهد.

واژه های کلیدی: ارزیابی خطر، مدلسازی شهری، زلزله، یزد.

مقدمه و طرح مسئله

با توجه به تحقیقات صورت گرفته، روشن است که عوامل و نیروهای مختلفی می توانند در گسترش آسیب لرزه ای شهرها مؤثر باشند؛ لذا با توجه به توسعه اجتناب ناپذیر شهرنشینی و روند جهانی شدن شهرها از یک طرف و آسیب های ناشی از مخاطرات طبیعی از جمله زلزله در شهرها به عنوان نقطه تمرکز انسانی از طرف دیگر، ضرورت توجه به این موضوع را ایجاب می کند (مودت و ملکی، ۱۳۹۳: ۱۰۰). بنابراین برای مدیریت شهرنشینی شتابان و آسیب های آن در برابر زلزله باید با این پدیده برخوردی سیستماتیک داشت؛ زیرا خطر زلزله در شهرها با دیگر عناصر و آسیب های شهری دارای یک رابطه مستقیم است. اما به توجه به

اهمیت موضوع، مدیران و متخصصان کمتر توجهی در این خصوص داشته اند.

در جهان متحول کنونی، بلایای طبیعی بر حسب ویژگی اجتماعی - کالبدی پیامدهای متفاوتی را بر جوامع انسانی می گذارد (نوریان، ۱۳۸۳: ۶۷). البته علی رغم پیشرفت های شگرف در تکنولوژی و دستیابی به ناممکن های قرون گذشته، هنوز انسان در برابر حوادث غیر مترقبه طبیعی، چون زلزله، سیل و غیره درمانده است (Asadi Nazari, 2006: 76) و گاه در معرض تلفات و خسارت های جانی و مالی آنها قرار می گیرد.

زلزله از دیر باز جزء پرخطرترین مخاطرات طبیعی بوده و می باشد و همواره ریسک بالایی دارد. ریسک زلزله، خسارات قابل انتظاری است که در اثر آن به

پژوهش پر نمودن خلاء موجود و به منظور اولویت‌بندی مناطق با به کارگیری مدل‌های کمی و آماری به بررسی موضوع پرداخته است.

روش تحقیق پژوهش

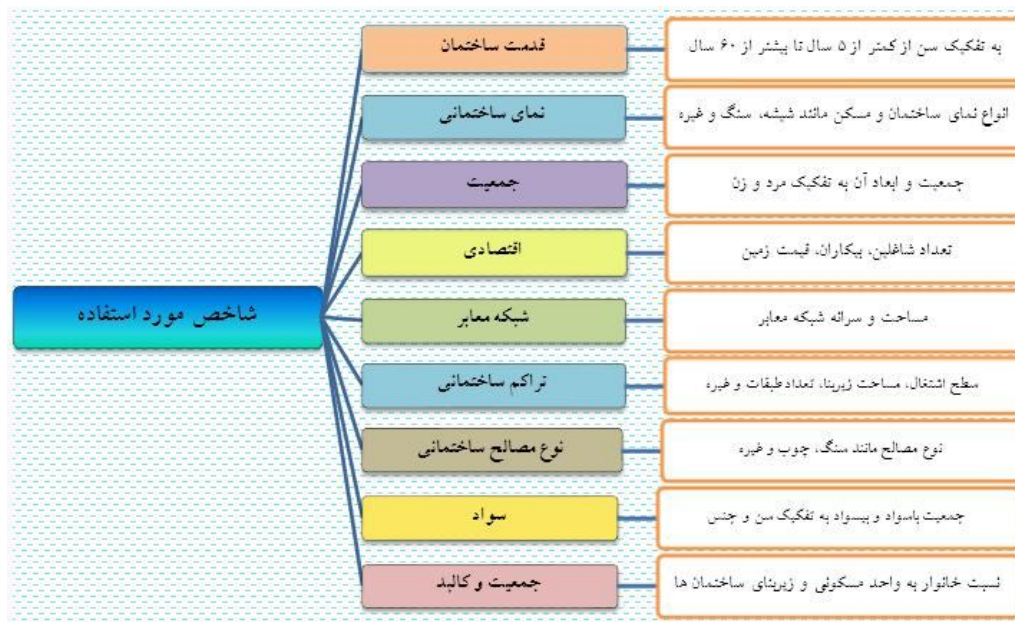
ماهیت این پژوهش توسعه‌ای- کاربردی می‌باشد. اساس جغرافیای نو، شاهد تغییرات عمده‌ای از جغرافیای توصیفی به سوی موضوعات و کارهای تحلیلی و کاربردی بوده است. رویکرد جغرافیای کاربردی بر آن است که قوانین ناظر بر فضا را دریابد (استلاجی، ۱۳۸۴: ۱۲۶-۱۳۶).

شیوه تحقیق در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری به معنای تبیین حرکت در جهت رسیدن به حقایق در ابعاد مختلف است که در این مسیر شاخص‌ها و عواملی دخالت دارند که می‌تواند میزان آنرا را تغییر دهد. جامعه آماری تحقیق ۵۰ محله در قالب ۳ منطقه در شهر یزد می‌باشد و از ۱۱۷ شاخص در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و کالبدی جهت تجزیه و تحلیل‌ها استفاده شده است.

عناصری از جامعه یا محیط آسیب‌هایی وارد می‌گردد (سیلاوی، ۱۳۸۵: ۱؛ رهنما و طالعی، ۱۳۹۰: ۲).

در طی قرن بیستم بیش از ۱۱۰۰ زلزله مخرب در نقاط مختلف کره زمین روی داده که بر اثر آن بیش از ۱/۵۰۰/۰۰۰ نفر جان خود را از دست داده‌اند. که ۹۰ درصد آنها عمدتاً ناشی از ریزش ساختمان‌هایی بوده که اصول مهندسی و ایمنی کافی نداشته‌اند (Lantada, 2008: 2) و بر اساس گزارشات حوادث طبیعی به طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰ هزار نفر تلفات انسانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی بر کشورها و به ویژه کشورهای در حال توسعه در بر دارد (شمسی‌پور، ۱۳۸۹: ۵۵).

مطالعات انجام شده در دنیا نشان‌دهنده این است که آسیب پذیری مردم ساکن در نواحی خطرخیز شهر، بسته به سطح زندگی و وضعیت اجتماعی و اقتصادی آنها در نقاط مختلف متفاوت است (احدی‌نژاد روشتی، ۱۳۸۹: ۲). و از طرفی مطالعات صورت گرفته در خصوص آسیب اجتماعی و فیزیکی بسیار محدود و ناچیز است (Tavakoli, 1993:12؛ قائمیان و خانزاده، ۱۳۸۷؛ قائمیان و همکاران، ۱۳۹۰). هدف اصلی



شکل ۱: مجموعه متغیرهای مورد مطالعه

بود. در مرحله بعد با استفاده از روش زیر انجام می‌گردد:

$$\begin{aligned} & -K \sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln P_i \\ & = -k \left\{ \left(\ln \frac{1}{n} \right) \left(\frac{n}{n} \right) \right\} = -k \ln \frac{1}{n} \end{aligned} \quad \text{فرمول (۲)}$$

یک ماتریس تصمیم‌گیری از یک مدل (تصمیم‌گیری چند شاخصه^۴) حاوی اطلاعاتی است که آنتروپی می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی آن بکار رود. محتوای اطلاعاتی ماتریس تصمیم‌گیری ابتدا به صورت (P_{ij}) زیر می‌باشد:

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}}, \forall i, j \quad \text{فرمول (۳)}$$

و برای E_j از مجموعه P_{ij} به ازای هر شاخص خواهیم داشت:

$$E_j = -k \sum [P_i \cdot \ln P_i], \forall j \quad \text{فرمول (۴)}$$

اکنون عدم اطمینان یا درجه انحراف (d_j) از اطلاعات ایجاد شده به ازای شاخص j ام بدین قرار می‌باشد:

$$d_j = (1 - E_j), \forall j \quad \text{فرمول (۵)}$$

و سرانجام برای اوزان (W_j) از شاخص موجود خواهیم داشت:

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \forall j \quad \text{فرمول (۶)}$$

مدل اسمارت^۵: یکی از روش‌ها در تصمیم‌گیری چند معیاره مدل اسمارت است. مبدا این روش ادواردز می‌باشد (ولی‌پور حلبی و همکاران، ۱۳۹۰، ۳).

در مدل اسمارت^۵، می‌توان ترکیبی از شاخص‌های کیفی و کمی را برای رتبه‌بندی گزینه‌های مورد بررسی استفاده کرد. ابتدا به منظور محاسبه وزن و سطح بندی شاخص‌ها از نظر هر گزینه، محدوده انتخابی برای هر کدام از شاخص‌ها تعریف می‌شود و از طریق فرمول‌های تعریف شده شاخص‌ها به تفکیک هر گزینه رتبه‌بندی می‌شوند. در مرحله بعدی وزن و اهمیت هر شاخص نسبت به هم سنجیده می‌شود. در پایان وزن و اولویت نهایی گزینه‌ها از تلفیق اوزان فوق به دست می‌آید.

از زمان تالس، آناکسیماندر^۱، هرودوت، استرابو و پتالمی^۲، استفاده از روش‌های کمی و ریاضیات در جغرافیا، شروع شده بود و همه این بزرگان اندیشه، قبل از آغاز انقلاب علمی قرن هفدهم، در مسیر علمی کردن جغرافیا، گام برداشته بودند (Livingston, 1994: 356). به این تناسب تجزیه و تحلیل داده‌ها با تکنیک‌های SMART-Entropy، PDF، Ks و GIS و نرم‌افزار SPSS و Excel انجام پذیرفته است.

مفاهیم و مبانی نظری

مدل آنتروپی^۳: در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره و به خصوص مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه، داشتن و دانستن اوزان نسبی شاخص‌های موجود، گام مؤثری در فرایند حل مسئله بوده و مورد نیاز است. از جمله روش‌های تعیین وزن‌های شاخص‌ها، می‌توان به روش‌های استفاده پاسخ خبرگان، روش لینمپ، روش کمترین مجذورات، تکنیک بردار ویژه، آنتروپی شانون و غیره اشاره کرد. در این پژوهش برای وزن دهی به شاخص‌ها، از روش آنتروپی شانون به عنوان یکی از معروفترین روش محاسبه اوزان شاخص‌ها (Meng, 2008: 3). استفاده شده است. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) به گونه‌ای که این عدم اطمینان، در صورت بخش بودن توزیع، بیشتر از موردی است که توزیع فراوانی بلندتر باشد. این عدم اطمینان به صورت زیر تشریح می‌شود (اصغریور، ۱۳۸۹: ۱۹۱):

ابتدا مقدار ارزشی با نماد E محاسبه می‌گردد که روش آن بشرح زیر می‌باشد:

$$E = -K \sum_i^n [P_i \cdot \ln P_i] \quad \text{فرمول (۱)}$$

بطوری که K یک ثابت مثبت است و به منظور تامین $0 \leq E \leq 1$ ، که E از توزیع احتمال P_i بر اساس مکانیزم آماری محاسبه شده است. و مقدار آن در صورت P_i ها با یکدیگر بیشینه مقدار ممکن خواهد

4. MADM
5. SMART Model
6. Simple Multi Attribute Ranking Technique

1. Anaximander.
2. Ptolemy.
3 Entropy Model

زلزله را هم به آن اضافه کنیم بیش از ۹۰ درصد مرگ و میرها به ریزش ساختمان‌ها بر می‌گردد.

برای تخمین تلفات انسانی زلزله از نظریه‌ای تحت عنوان نسبت مرگ آوری برای هر کدام از ساختمان‌ها یا مناطق که در درجات آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. نسبت مرگ آوری^۳ به عنوان نسبتی از تعداد افراد کشته شده با تعداد ساکنین موجود در حین ریزش ساختمان تعریف می‌شود؛ بنابراین تخمین تلفات تابعی از تخمین تعداد ساختمان‌های تخریب شده در هر گروه از درجات آسیب می‌باشد، با استفاده از این روش می‌توان نسبت مرگ آوری هر یک از ساختمان‌های موجود در شهر را مورد ارزیابی و تخمین قرار داد (احدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۷).

نسبت مرگ آوری می‌تواند با عملکرد سازه در برابر زلزله، سطح اشغال، نوع مکانیسم ریزش، مشخصات زلزله از جمله شدت و فاصله‌ی کانونی زلزله تا شهر مورد نظر، رفتار ساکنین و آموزش‌های داده شده به آنان، تراکم جمعیت، تعداد طبقات ساختمان و زمان وقوع زلزله و غیره ارتباط مستقیم داشته باشد.

برای تعیین میزان تلفات ناشی از زلزله به اطلاعاتی نظیر توزیع فضایی شدت زلزله و میزان خسارات وارده، سیستم طبقه‌بندی ساختمان‌ها، آمار توزیع هر کدام از ساختمان‌های واقع شده در درجات مختلف آسیب و ماتریس تیپولوژی ساختمانی و جمعیت هر کدام از واحدهای مسکونی و یا متوسط آن مورد نیاز می‌باشد.

آسیب‌پذیری: مفاهیم و تعاریف آسیب‌پذیری از نظر تعداد بی‌شمار و از نظر لغوی متفاوتند ولی در ساده‌ترین حالت و پرکاربردترین حالت به معنای، درجه زیان حاصل شده از یک پدیده بالقوه آسیب‌رسان به کار رفته است و امروزه این توصیف از آسیب‌پذیری، مفهومی محدود، فنی و به‌طور عمده فیزیکی از آن می‌باشد (Wisner et al., 2004: 18؛ زیرا در مطالعه آن به خصیصه‌ای از سیستم زوجی انسانی-محیطی ایجاد شده است (Weichselgartner, 2001: 94; Cutter, 2000: 373) و در همین راستا، بیرکمن نیز گرایش روشنی را در

به صورت کلی از نظر ادواردز این روش نیازمند طی ۱۰ گام به شرح زیر می‌باشد:

- (۱) مشخص کردن چیزی که لازم است مطلوب بدون یا نبودن آن به حداکثر برسد.
- (۲) تعیین مسئله یا مسئله‌ها.
- (۳) ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری.
- (۴) تعیین ابعاد ارزشی گزینه‌های تصمیم‌گیری به منظور ارزیابی آنها.
- (۵) رتبه‌بندی ابعاد بر حسب اهمیت آنها.
- (۶) درجه‌بندی نسبی ابعاد بر حسب اهمیت.
- (۷) تجمیع اوزان و نرمال کردن آنها.
- (۸) تعیین مکان هر گزینه تصمیم‌گیری نسبت به هر هدف.
- (۹) محاسبه مطلوب بودن یا نبودن گزینه.
- (۱۰) رتبه‌بندی

ماتریس احتمال خطر^۱: بعد از هر چیزی تعیین این که که احتمال وقوع خطر زلزله چقدر است از نکات اساسی در شهر می‌باشد. تا بتوان متناسب با آن برای مناطقی که دارای آسیب‌پذیری بیشتری هستند برنامه‌ریزی نمود. البته حل این ماتریس نیازمند طی روش و مدل‌هایی است. که با جاگذاری نتایج بدست آمده از آنها، در این ماتریس بتوان احتمال وقوع خطر زلزله را ارزیابی نمود (احدی‌نژاد روشتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲).

تخمین و ارزیابی تعداد آسیب‌دیدگان^۲: مهمترین هدف برنامه‌های کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله، حفظ حیات و زندگی ساکنان می‌باشد. برای مطالعات تخمین آسیب، ارزیابی میزان احتمالی تلفات انسانی (مجروحان و مردگان) ناشی از زلزله ضروری است. معمولاً عمده‌ترین تلفات انسانی زلزله ناشی از آسیب وارده به ساختمان‌ها و سازه‌ها بوده و طبق برآوردهای انجام شده در زلزله‌های به وقوع پیوسته در جهان بالای ۷۵ درصد از مرگ و میرها در زلزله ناشی از ریزش مستقیم ساختمان بوده و اگر حوادث ثانویه

1. Probability density function (PDF)

2. Ks

3. Lethality Ratio (LR).

محدوده و قلمرو پژوهش

یزد در بخش مرکزی فلات ایران و در ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده (مودت و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۲)؛ این استان ۱۳۱۵۷۵ کیلومتر مربع وسعت دارد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان یزد، ۱۳۸۵: ۹۲).

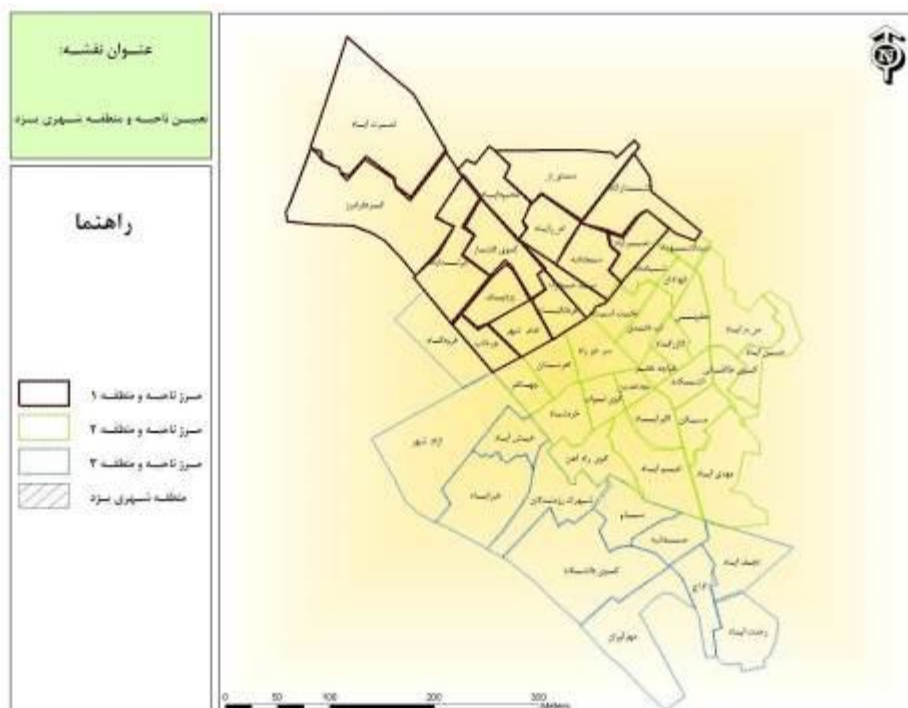
ارتفاع زمین در نقاط مختلف متفاوت و از ۸۵۰ متر در اطراف کویر زرین تا ۴۰۵۵ متر در شیر کوه متغیر است. بلندی مرکز استان از سطح دریا ۱۲۱۵ متر است (جعفری، ۱۳۶۳: ۲۷). از کل پهنه یزد، ۱۴/۳ درصد کویر، ۶/۳ درصد اراضی پست و شوره زار، ۳ درصد تپه‌های شنی و شنزارها و بقیه را کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها و چراگاه‌ها تشکیل می‌دهد (افشار سیستانی، ۱۳۷۸: ۵۹). بلندترین و عظیم‌ترین ارتفاعات شیرکوه است که در جنوب غربی شهر یزد واقع است. مقدار متوسط بارندگی سالانه در قسمت‌های مختلف استان متغیر است و با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد، ولی میزان تغییرات یکسان نیست (قبادیان، ۱۳۶۱: ۳۸). به‌طور کلی اقلیم این استان از نوع خشک حاره‌ای است (فریفته، ۱۳۶۶: ۹۲).

در محدوده شهر یزد تنها یک گسل شناخته شده وجود دارد، در ۳ کیلومتری شمال شرق یزد رسوبات مارنی و ماسه‌ای و کنگلومرایی گچ‌دار و نم‌دار نشوژن با جهت شمال غربی-جنوب شرقی بیرون زدگی دارند طول این گسل ۴۷ کیلومتر و از نوع فشاری است (کلانتری، ۱۳۷۸: ۱۱۴). شهر یزد با توجه به این که تقریباً در موقعیت مرکزی ناحیه تکتونیکی ایران قرار دارد، وارث بیشترین ویژگی‌های زمین‌ساختی سایر نواحی تکتونیکی ایران است. بطور کلی موقعیت جغرافیایی محدوده باعث شده است که این منطقه در طول دوره‌های زمین‌شناسی کانون انواع فعالیت‌های تکتونیکی و محل برخورد انواع گسل‌ها، با روندها و سنین مختلف از یکسو، و انواع لرزه‌ای تکتونیکی، با روندها و شدت‌های فرسایش و رسوبگذاری متفاوت از سوی دیگر باشد (مهرشاهی و مهرنهاد، ۱۳۸۳: ۲۲).

توسعه دامنه مفهوم آسیب‌پذیری و شکل‌گیری حلقه‌های مفهومی متعددی از آنرا بیان می‌نمایند (Birkmann, 2005: 33)، ولی با توضیحات فوق، صاحب نظران و متفکران زیاد این واژه را تعریف کرده‌اند که نمونه‌ای از آنها عبارت است از: (۱) از نظر خصوصیت اجتماعی: اشکال آمادگی در برابر خطر که به وسیله جامعه به صورت عمومی ایجاد شده است، به طور مثال کدهای ساختمانی و غیره (Cannon, 2000: 63; Cannon et al., 2003: 63). (۲) شرایط تعیین شده به وسیله عوامل یا فرایندهای فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و محیطی، که تأثیرپذیری یک جامعه را نسبت به تأثیر مخاطرات افزایش می‌دهد.

ریسک (خطرپذیری): خطرپذیری دامنه وسیعی دارد و یک مفهوم انتزاعی است. که تعریف آن دشوار و در برخی از موارد، اندازه‌گیری آن غیر ممکن است. عموماً خطرپذیری، دو معنا را به دنبال دارد: (۱) آینده. (۲) عدم قطعیت؛ بنابراین واقعه‌ای که مربوط به آینده نباشد و یا در مورد وقوع آن شک نداشته باشیم خطرپذیری تلقی نمی‌گردد. تلقی افراد از خطرپذیری، تأثیر منفی آن بر زمان‌بندی فعالیت‌ها و هزینه مالی و صدمات جانی آن بر جوامع است. در صورتی که خطرپذیری می‌تواند دریچه‌ای بر فرصت‌ها، توسعه و بهبود و یا تفکر جدید نیز باشد (مفضلی و صفی، ۱۳۸۹: ۷). که از نظر اینز^۱، خطرپذیری، احتمال به وجود آمدن خطری بالقوه و احتمال آسیب‌هایش به عنوان خطرپذیری تعریف می‌شود و همچنین چاپمن^۲، خطرپذیری را تابعی از احتمال روی دادن یک خطر طبیعی مشخص نشده و آسیب‌پذیری نهادهای اجتماعی می‌داند و اسمیت^۳، خطرپذیری را احتمال روی دادن خطر معرفی نموده است. در نتیجه به طور کلی خطرپذیری احتمال وقوع رویدادهای آسیب‌رسان است (Airmic, 2002: 2) که از تقابل خطرات، آسیب اجتماعی و طبیعی حاصل شده است.

1. Ipenze
2. Chapman
3. Smith



شکل ۱: مناطق شهری یزد

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ابتدا موارد تاثیر گذار در آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر به صورت تک بُعدی مورد بررسی و سپس در مجموعه شاخص‌ها در محدوده شهر یزد ارزیابی گردید. **تراکم جمعیت:** به عنوان شاخصی که مشخص کننده بار جمعیتی در مواقع زلزله می‌باشد و در نتیجه با بیشتر شدن تراکم جمعیت، سرعت پناه‌گیری و

خدمات رسانی و امداد پائین می‌آید.

- بر اساس جدول (۱) مشخص می‌گردد: منطقه دو با تراکم ۵۰ درصد بیشترین و منطقه سه با ۳۲ درصد کمترین تراکم جمعیت را دارا می‌باشند. در نتیجه در شاخص مورد نظر در زمان زلزله به لحاظ اجتماعی آسیب‌پذیرترین منطقه، منطقه دو شهری یزد خواهد بود.

جدول ۱: رابطه میان تراکم جمعیت و میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر یزد

وضعیت منطقه	متغیر	آسیب‌پذیری	شاخص
سه	۳۵-۰	خیلی کم	تراکم جمعیت
یک و دو	۶۵-۳۵	کم	
	۱۰۰-۶۵	متوسط	
	۱۸۰-۱۰۰	زیاد	
	۵۰۰-۱۸۰	خیلی زیاد	

عمده سنی میزان تاثیرپذیری آنها به شرح زیر می‌باشد.

ساختار سنی جمعیت: در خصوص ابعاد جمعیت یکی از معیارهای موثر در افزایش و کاهش آسیب ناشی از زلزله ساختار سنی جمعیت است. در سه گروه

جدول ۲: رابطه میان ساختار سنی جمعیت و میزان آسیب پذیری لرزه‌ای در شهر یزد

شاخص	آسیب پذیری	متغیر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳
سن جمعیت	کم	۱۴-۰ سال	۲۲/۸	۲۳/۲	۲۹
	متوسط	۱۴-۶۵ سال	۷۲/۸	۷۰/۵	۷۸
	زیاد	بیشتر از ۶۵ سال	۴/۳	۶/۳	۲

درصد کمترین و منطقه ۱ با حدود ۶ درصد بیشترین میزان را دارا می‌باشند.

- کیفیت ابنیه: این شاخص تاثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب پذیری کالبدی دارد. احتمال مقاومت ساختمان‌های با کیفیت بالا (نوساز) در مقابل زلزله نسبت به ساختمان‌های مخروبه و مرمتی بیشتر است.

بر اساس جدول (۲) آسیب پذیری اجتماعی ناشی از زلزله در متغیر ساختار سنی جمعیت:

- در گروه آسیب پذیری با درجه کم و به عبارتی در گروه سنی کمتر از ۱۴ سال، منطقه سه با ۲۹ درصد بیشترین و منطقه ۱ با حدود ۲۳ درصد کمترین میزان را دارا می‌باشند.
- در گروه آسیب پذیری با درجه زیاد و به عبارتی در گروه سنی بیشتر از ۶۵ سال، منطقه سه با ۲

جدول ۳: رابطه میان کیفیت سازه و میزان آسیب پذیری لرزه‌ای در شهر یزد

شاخص	آسیب پذیری	متغیر	منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳
کیفیت بنا	زیاد	تخریبی	۲/۸	۵/۳	۱
	متوسط	در حال ساخت	۴/۷	۴/۶	۲
	کم	قابل نگهداری	۶۸/۴	۷۸/۵	۸۵/۹

کمترین میزان را دارند.

- ضریب اشغال: شاخصی که با بیشتر شدن آن تخریب و میزان آسیب لرزه‌ای بیشتر می‌شود.

بر اساس جدول (۳) آسیب پذیری ناشی از زلزله در شاخص کیفیت سازه:

- در گروه آسیب پذیری با درجه زیاد، منطقه دو با ۵ درصد بیشترین و منطقه سه با حدود ۱ درصد

جدول ۴: رابطه میان ضریب اشغال ساختمانی و میزان آسیب پذیری لرزه‌ای در شهر یزد

شاخص	آسیب پذیری	متغیر	وضعیت مناطق
ضریب اشغال	کم	کمتر از ۲۵	یک، دو و سه
	متوسط	۲۵-۵۰	
	زیاد	بیشتر از ۵۰	

شاخص مورد نظر در زمان زلزله آسیب پذیرترین منطقه، منطقه دو شهری یزد خواهد بود.

- بر اساس جدول (۴) منطقه دو با ضریب اشغال حدود ۶۷ درصد بیشترین و منطقه یک با حدود ۶۴ درصد دارای کمترین ضریب اشغال است. در نتیجه در

جدول ۵: درجه بندی میزان خسارت ساختمانی ناشی از زلزله

درجه	وضعیت	میزان خسارت ساختمانی (%)
$0.0 < \mu D_0 < 0.10$	بدون آسیب	۰
$0.20 < \mu D_1 < 0.10$	آسیب جزئی و قابل اغماض	۰
$0.40 < \mu D_2 < 0.20$	آسیب متوسط	۲
$0.60 < \mu D_3 < 0.40$	آسیب قابل توجه تا سنگین	۱۰
$0.80 < \mu D_4 < 0.60$	آسیب بسیار سنگین	۵۰
$1.00 < \mu D_5 < 0.80$	تخریب کامل	۱۰۰

ماخذ: Coburn and Spence, 2002: 345؛ احدنژاد و همکاران، ۲۰۰۲: ۱۶ و مطالعه نویسندگان.

مدل آنتروپی: بر اساس توضیحات مدل مورد نظر در نتایج مدل مورد نظر به شرح زیر می باشد. قسمت مبانی پژوهش و همچنین متغیرهای معرفی شده

جدول ۶: میزان E_j ، d_j و w_j شاخص های مورد مطالعه بر اساس مدل آنتروپی

کد شاخص	E_j	d_j	w_j	شاخص	E_j	d_j	w_j	شاخص	E_j	D_j	w_j
1	0.857	0.143	0.015	41	0.999	0.001	0.000	81	0.959	0.041	0.004
2	0.889	0.111	0.012	42	1.000	0.000	0.000	82	0.947	0.053	0.006
3	0.988	0.012	0.001	43	1.000	0.000	0.000	83	0.995	0.005	0.001
4	0.853	0.147	0.016	44	1.000	0.000	0.000	84	0.978	0.022	0.002
5	0.934	0.066	0.007	45	0.998	0.002	0.000	85	0.953	0.047	0.005
6	0.985	0.015	0.002	46	1.000	0.000	0.000	86	0.998	0.002	0.000
7	0.951	0.049	0.005	47	0.946	0.054	0.006	87	0.999	0.001	0.000
8	0.839	0.161	0.017	48	0.985	0.015	0.002	88	0.999	0.001	0.000
9	0.800	0.200	0.021	49	0.957	0.043	0.005	89	0.976	0.024	0.003
10	0.369	0.631	0.068	50	0.932	0.068	0.007	90	0.989	0.011	0.001
11	0.992	0.008	0.001	51	0.984	0.016	0.002	91	0.992	0.008	0.001
12	0.997	0.003	0.000	52	0.998	0.002	0.000	92	0.975	0.025	0.003
13	0.966	0.034	0.004	53	1.000	0.000	0.000	93	0.995	0.005	0.001
14	0.997	0.003	0.000	54	0.963	0.037	0.004	94	0.985	0.015	0.002
15	0.859	0.141	0.015	55	0.994	0.006	0.001	95	0.984	0.016	0.002
16	0.755	0.245	0.026	56	0.999	0.001	0.000	96	0.971	0.029	0.003
17	0.855	0.145	0.016	57	0.915	0.085	0.009	97	1.000	0.000	0.000
18	0.998	0.002	0.000	58	1.000	0.000	0.000	98	0.987	0.013	0.001
19	0.711	0.289	0.031	59	1.000	0.000	0.000	99	0.998	0.002	0.000
20	0.990	0.010	0.001	60	1.000	0.000	0.000	100	0.997	0.003	0.000
21	0.987	0.013	0.001	61	1.000	0.000	0.000	101	0.918	0.082	0.009
22	0.966	0.034	0.004	62	1.000	0.000	0.000	102	0.784	0.216	0.023
23	0.998	0.002	0.000	63	0.995	0.005	0.001	103	0.997	0.003	0.000
24	0.843	0.157	0.017	64	0.700	0.300	0.032	104	1.000	0.000	0.000
25	0.851	0.149	0.016	65	1.000	0.000	0.000	105	0.971	0.029	0.003
26	0.963	0.037	0.004	66	0.963	0.037	0.004	106	0.967	0.033	0.004
27	0.994	0.006	0.001	67	0.838	0.162	0.017	107	0.980	0.020	0.002

28	0.651	0.349	0.037	68	0.944	0.056	0.006	108	0.989	0.011	0.001
29	1.000	0.000	0.000	69	0.996	0.004	0.000	109	0.998	0.002	0.000
30	1.000	0.000	0.000	70	0.936	0.064	0.007	110	0.999	0.001	0.000
31	1.000	0.000	0.000	71	0.998	0.002	0.000	111	0.796	0.204	0.022
32	0.999	0.001	0.000	72	1.000	0.000	0.000	112	0.996	0.004	0.000
33	1.000	0.000	0.000	73	0.687	0.313	0.034	113	0.999	0.001	0.000
34	0.947	0.053	0.006	74	0.766	0.234	0.025	114	0.631	0.369	0.040
35	0.965	0.035	0.004	75	0.908	0.092	0.010	115	0.000	1.000	0.107
36	0.765	0.235	0.025	76	0.892	0.108	0.012	116	0.410	0.590	0.063
37	0.916	0.084	0.009	77	0.893	0.107	0.011	117	0.817	0.183	0.020
38	0.451	0.549	0.059	78	0.886	0.114	0.012	بسته بندی	Ej	Dj	wj
39	1.000	0.000	0.000	79	0.998	0.002	0.000		0.920	0.080	0.009
40	0.810	0.190	0.020	80	0.999	0.001	0.000				

ضمن بر اساس محاسبات صورت گرفته رابطه $\sum W_i = 1$ بر پژوهش حاضر برقرار می‌باشد. و بر اساس مراحل آن که در قسمت قبل پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. میزان وزن شاخص‌ها بر اساس مدل آنتروپی انجام و در مدل SMART جایگذاری گردید که نتایج محاسبات صورت گرفته به شرح جدول زیر می‌باشد:

- الویت بندی خطر زلزله در مناطق شهر یزد با مدل SMART-Entropy

$$X_j = \sum_{i=1}^m W_i a_{ij} / \sum_{i=1}^m W_i, \quad j = 1, \dots, n \quad (7)$$

که در رابطه (7) A_j مطلوبیت گزینه j ام و W_k وزن نرمال شده هدف k و a_{ij} ارزش گزینه j ام می‌باشد. در

جدول ۷: رتبه‌بندی مناطق شهر یزد بر اساس مدل SMART-Entropy

منطقه	SMART-Entropy	رتبه
۱	۰,۳۵۴	۲
۲	۰,۵۷۸	۱
۳	۰,۳۳۰	۳

در معادله (۸) اگر هیچ خسارتی به منطقه مورد نظر وارد نگردد میزان عددی آنرا صفر (۰) در نظر گرفته می‌شود و چنانچه حداکثر و بیشترین خسارت را داشته باشد شش (۶) در نظر گرفته می‌شود و متغیر t : میزان و توزیع و پراکندگی خسارت را در منطقه بیان می‌نماید.

بر اساس محاسبات صورت گرفته میزان μD بر اساس مدل SMART-Entropy انجام و شدت زلزله بصورت ۶ ریشتر در نظر گرفته شده است و همچنین نتایج مدل SMART-Entropy به تفکیک منطقه در جدول قبل آورده شد. میزان b به عنوان حداکثر در مدل احتمال خطر برای منطقه ۱ با میزان ۰/۵۷۸ در

بر اساس جدول (۷) مشخص می‌گردد به صورت کلی در ۱۱۷ شاخص مورد مطالعه در منطقه شهری یزد منطقه ۲ شهری با میزان SMART-Entropy، ۰/۵۷۸ درصد به عنوان آسیب‌پذیرترین منطقه شهر یزد در برابر خطر زلزله می‌باشد و همچنین منطقه یک و سه شهری به ترتیب با میزان SMART-Entropy، ۰/۳۳۰ و ۰/۳۵۴ درصد به لحاظ آسیب‌پذیری در مرحله بعد قرار دارند.

- ماتریس احتمال خطر

$$PDF: P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r)\Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-l}(b-x)^{t-r}}{(b-a)^{t-l}} \quad (8) \quad \leq x < b$$

نظر گرفته شده و منطقه ۳ با میزان ۰/۳۳۰ به عنوان متغیر a با معیار عددی ۴/۷۱۵ در نظر گرفته شده است.

تخمین و ارزیابی تعداد آسیب‌دیدگان: برای ارزیابی میزان تلفات انسانی از معادله‌ی زیر استفاده شده است:

$$K_S = C [M1 \cdot M2 \cdot M3 (M4 + M5 (1-M4))]$$

K_S : تعداد آسیب‌دیدگان در زلزله، شامل مردگان و مجروحان؛ C: تعداد ساختمان‌های تخریب شده براساس شدت‌های مختلف زلزله؛ که بر در این پژوهش بر اساس مدل μD با ریشتر ۴ در نظر گرفته شده است. M1: افراد ساکن در هر واحد ساختمانی؛ معیار عددی این متغیر به صورت منطقه شهری به شکل جمعیت حاضر و غایب در نظر گرفته شده است. M2: درصد ساکنین مستقر در واحدهای ساختمانی در حین

وقوع زلزله که بسته به زمان وقوع زلزله و نوع کاربری ساختمان متغیر است. M3: 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 ۸ آورده شده است. M4: درصد مرگ و میر افراد گرفتار شده در زیر آوار که این مورد به نوع سازه ساختمان ارتباط دارد و مقادیر آن برای ساختمان‌های مختلف در جدول ۸ آورده شده است. M5: درصد مرگ و میر بعد از ریزش می‌باشد که به طور مستقیم به مدیریت بحران بعد از زلزله ارتباط پیدا می‌کند به عنوان مثال اگر امداد رسانی و آوار برداری بلافاصله بعد از وقوع زلزله صورت بگیرد، مقدار آن خیلی کم و اگر امداد رسانی و آوار برداری به کندی صورت گیرد، مقدار زیاد خواهد شد.

جدول ۸: مقادیر استاندارد و متوسط هر یک از اجزای بکار رفته در معاله تلفات انسانی (درصد)

M5	M4				M3	M2	نوع ساختمان
	مردگان	وضعیت وخیم	نیاز به بستری	مجروحین جزئی			
۹۰	۴۰	۱۰	۴۰	۱۰	۵۰	۸۰	فلز و بتن
۶۰	۱۵	۲۵	۳۰	۳۰	۶۰	۸۰	چوب و خشت

ماخذ: احدی نژادروشتی، ۱۳۸۹، ۱۹.

جدول ۹: میزان تلفات انسانی بر حسب نوع و به تفکیک مصالح ساختمانی

تلفات انسانی				درصد ساختمان		منطقه
مجروحین		مرگ و میر		مصالح بتن و فلز	مصالح چوب، سنگ و خشت	
مصالح بتن و فلز	مصالح چوب، سنگ و خشت	مصالح بتن و فلز	مصالح چوب، سنگ و خشت			
۱/۱۶۳	۲/۲۳۱	۱/۵۱۲	۶/۵۳۸	۱۵/۹	۸۴/۱	یک
۰/۷۸۸	۱/۴۲۵	۱/۰۲۴	۴/۱۷۷	۱۶/۷	۸۳/۳	دو
۰/۴۸۷	۰/۶۷۵	۰/۶۳۲	۱/۹۸۰	۲۰/۷	۷۹/۳	سه
۵/۴	۶/۷	۵/۴	۶/۷	SUM K_S		

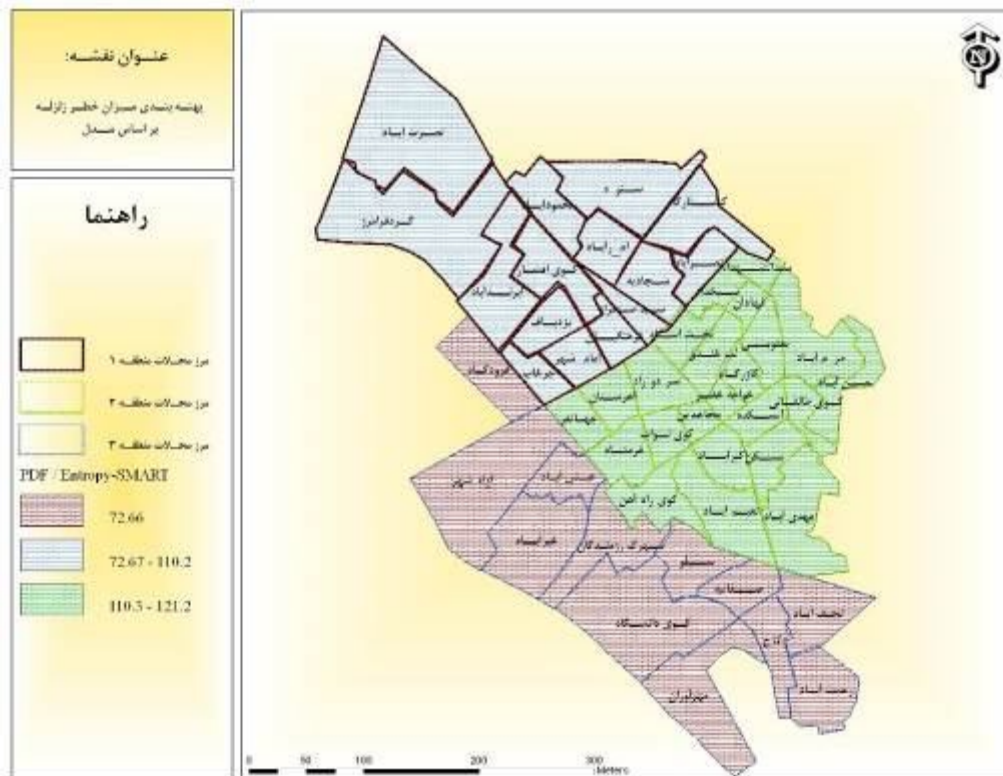
به مراتب کمترین میزان تلفات انسانی را در شهر یزد در هنگام وقوع زلزله دارد.

البته در محاسبات صورت گرفته میزان ریشتر برای کل مناطق ۶ ریشتر در نظر گرفته شده است و همچنین حداکثر تلفات انسانی با میزان ۶۷ درصد و میزان مجروحین ۵۴ درصد است.

بر اساس جدول (۸) و محاسبات صورت گرفته مشخص می‌گردد:

- منطقه یک شهر یزد بیشترین میزان را از نظر تلفات انسانی و مجروحین با مصالح ساختمانی سنگ و چوب دارد.

- منطقه سه شهر یزد به علت دارا بودن بیشترین میزان ساختمان‌های با مصالح ساختمانی بتن و فلز،



شکل ۲: پهنه‌بندی میزان آسیب پذیری و ماتریس احتمال خطر در شهر یزد

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با رویکرد توسعه‌ای - کاربردی به بررسی موضوع آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله اقدام نموده است؛ چراکه بر اساس ضرورت موضوع، امروزه، تحلیل و کاهش آسیب‌پذیری در برابر مخاطرات طبیعی به حوزه مهم و گسترده‌ای در سپهر برنامه‌ریزی و مدیریت مخاطرات تبدیل شده است؛ به گونه‌ای که از حرکت همزمان و متقابل توسعه پایدار و مدیریت بحران به سمت کاهش آسیب‌پذیری صحبت می‌شود. آسیب‌پذیری بر حسب مبانی متفاوتی مانند درجه زیان و آسیب حاصل از یک پدیده بالقوه آسیب رسان، شرایط و موقعیت اجتماعی-اقتصادی و خصیصه‌ای از یک سیستم زوجی انسانی-محیطی تعریف شده است.

نتایج تحقیق نشان داد، منطقه دو با تراکم ۵۰ درصد بیشترین و منطقه سه با ۳۲ درصد دارای کمترین تراکم جمعیت هستند. در نتیجه در شاخص مورد نظر در زمان زلزله به لحاظ اجتماعی آسیب‌پذیرترین منطقه، منطقه دو شهری یزد خواهد

بود. و به لحاظ سنی گروه سنی بیشتر از ۶۵ سال و در گروه آسیب‌پذیری زیاد منطقه سه با ۲ درصد کمترین و منطقه ۱ با حدود ۶ درصد بیشترین میزان را دارا می‌باشند. و منطقه دو با ضریب اشغال حدود ۶۷ درصد بیشترین و منطقه یک با حدود ۶۴ درصد کمترین ضریب اشغال را دارا می‌باشند. در نتیجه در شاخص مورد نظر در زمان زلزله آسیب‌پذیرترین منطقه، منطقه دو خواهد بود و در نهایت به‌صورت کلی در ۱۱۷ شاخص مورد مطالعه در منطقه شهری یزد منطقه ۲ شهری با میزان SMART-Entropy، ۰/۵۷۸ درصد به عنوان آسیب‌پذیرترین منطقه شهر یزد در برابر خطر زلزله می‌باشد و همچنین منطقه یک و سه شهری به ترتیب با میزان SMART-Entropy، ۰/۳۵۴ و ۰/۳۳۰ درصد به لحاظ آسیب‌پذیری در مرحله بعد قرار دارند.

نتایج حاصل از بررسی صورت گرفته می‌تواند منجر به درس‌هایی در آمادگی و برنامه‌ریزی در برابر زلزله باشد. به صورتی که ایمنی شهر در برابر خطرات زلزله به عنوان یک هدف در تمامی سطوح برنامه‌ریزی

۱۰. قانع بصیری، محسن. ۱۳۷۳. از اطلاعات تا آگاهی (نظریه تعادلات سه جزئی). چاپ اول، تهران.
۱۱. قائمیان، محمدرضا و خانزاده، خسرو. ۱۳۸۷. طبقه‌بندی انواع ساختمان‌ها و برآورد تابع خسارت برای ساختمان‌های غیر مهندسی ساز در شهر بم. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی، (۱)۱۱.
۱۲. قائمیان، محمدرضا، احمدزاده، سمیه؛ میرزایی، نوربخش. ۱۳۹۰. برآورد تابع خسارت برای ساختمان‌های غیر مهندسی ساز در منطقه زرنند. محله مهندسی عمران شریف ۱-۲۷(۴).
۱۳. قبادیان، وحید. ۱۳۸۲. معماری نوگرایی ایران. فصلنامه معماری و فرهنگ، ۸۱.
۱۴. کلاتری خلیل‌آبادی، حسین، حاتمی‌نژاد، حسین؛ آقا صفری، عارف. ۱۳۸۷. آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهر یزد در برابر زلزله. مجله سپهر، ۱۶.
۱۵. مرکز آمار ایران. ۱۳۷۵. سالنامه آماری استان یزد. استانداری یزد.
۱۶. مرکز آمار ایران. ۱۳۸۵. سالنامه آماری استان یزد. استانداری یزد.
۱۷. مرکز آمار ایران. ۱۳۹۰. گزیده نتایج آماری.
۱۸. مفضلی، اردشیر و صفی، ندیمه. ۱۳۸۹. تبیین روش شناسی استفاده از مدل ریسک در مدیریت بحران در مناطق شهری مطالعه منطقه ۱۳ شهرداری تهران. فصلنامه مدیریت شهری، سال دوم.
۱۹. مودت، الیاس و ملکی، سعید. ۱۳۹۲. ارزیابی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل VIKOR نمونه موردی شهر یزد. مجله آمایش شهری و منطقه‌ای، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
۲۰. مهرشاهی، داریوش و مهرنهاد، حمید. ۱۳۸۳. مورفوتکتونیک و منطق عمده گسلی استان یزد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲.
۲۱. نوریان، علی‌محمد. ۱۳۸۳. بلایای طبیعی و مدیریت ریسک. مجموعه مقالات مدیریت امداد و نجات.
۲۲. ولی‌پور حلبی، فرج‌اله، زارع، سعید، صفرلو، رضا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد پروژه‌های خاتمه یافته در سازمان‌های پروژه محور. کنفرانس بین‌المللی مدیریت پروژه، تهران.
23. Airmic, S. 2002. A risk management standard, the association of insurance and risk managers. Available at: www.airmic.com.

مد نظر قرار گیرد، که سطح میانی برنامه‌ریزی شهری و شهرسازی می‌تواند از کارآمدترین سطوح برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری در برابر زلزله باشد؛ بنابراین جهت کاهش خطرات ناشی از زلزله موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

- بهبود و باسازی سازه‌های ضعیف شهر بویژه در بافت قدیم.
- تقویت و باسازی مناطقی که آسیب‌پذیری بالای دارند.
- توزیع و پراکندگی جمعیت متناسب با وضعیت و آسیب‌شناسی مناطق شهری.

منابع

۱. احد نژاد روشتی، محسن. ۱۳۸۹. ارزیابی آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر زلزله نمونه موردی شهر زنجان. مجله مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال دوم، ۷.
۲. احدنژاد، محسن؛ قرخلو، مهدی، زیاری، کرامت‌اله. ۱۳۸۹. مدل‌سازی آسیب‌پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی نمونه موردی شهر زنجان. مجله جغرافیا و توسعه، ش ۱۹.
۳. استعلاجی، علیرضا. ۱۳۸۴. بررسی عوامل جغرافیایی در نظام سکونتگاهها با تاکید بر تکنیک کمی. پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۵۳.
۴. اصغرپور، محمدجواد. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری‌های چند معیاره. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۵. افشار سیستانی. ایرج، ۱۳۷۸. شناخت استان یزد. تهران، انتشارات هیرمند.
۶. جعفری، عباس. ۱۳۶۳. شناسنامه جغرافیای طبیعی ایران. تهران، انتشارات گیتاشناسی.
۷. راهنما، امیرحسین و طالعی، محمد. ۱۳۹۰. اولویت‌بندی بازسازی مناطق شهری تهران در برابر زلزله به کمک مدل فازی و GIS. فصلنامه آمایش محیط، ۱۶.
۸. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان یزد. ۱۳۸۵. مرکز آمار و اطلاعات. یزد.
۹. شمس‌پور، محمد. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق حساس و آسیب‌پذیر محیطی در ناحیه غرب فارس با روش طبقه‌بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. پژوهش‌های جغرافیایی، ۷۳.

30. Livingston, D. 1994. *The Geographical tradition* Blackwell.
31. Meng, Zhiao, Wan, Hua, Qiu, Bei and Shang, L. 2010. Relative entropy evaluation method for multiple attribute decision making, School of Economics and Management, Beihang University, Beijing.
32. Milutinovic Zoran V., Trendafiloski Goran S. 2003. *An Advanced Approach to Earthquake Risk with Applications to Different European Towns*, RISK-UE – EVK4-CT-2000.
33. Parker, V. 2002. *Direction for GIS* Direction for GIS in Urban Planning, Metropolitan Regional Development Authority.
34. Smith, K. 2006. *Environmental hazards, Assessing risk and reducing disaster*.
35. Tavakoli, B. and Tavakoli, S. 1993. *Estimating the Vulnerability and Loss functions of Residential Buildings*, Beihang University.
36. Weichselgartner, J. 2001. *Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited*, *Disaster Prevention and Management*, 10: 2.
37. Wisner, B., and P. Blaikie, T. 2004. *Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, London, Rutledge.
24. Asadi Nazari, M. 2006. *Planning and site selection temporary shelter for earthquake survivors, A case study: Tehran 6 municipality region*, The second International Conference on crisis management in natural disaster, Tehran, Iran.
25. Birkmann J. 2005. *Research brief, danger need spell disaster, but how vulnerable*
26. Cannon T., Twigg J., and Rowell J. 2003. *Social vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters*, London: Department for international development DFID; Government of the United Kingdom.
27. Cutter S.L., Mitchell J.T. and Scott, M.S. 2000. *Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina*, *Annals of the Association of American Geographers*, No. 90.
28. Lantada Nieves, Pujades Luis, and Barbat, A. 2008. *Vulnerability Index and Capacity Spectrum Based*, *Journal of Nathazards*.
29. Lantada, N., Pujades, L., and Barbat, A. 2009. *Vulnerability capacity spectrum based methods for urban risk evaluation. A comparison*, *Nat Hazards* 51: 501-524.

