جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره‌پنجم، بهار ۱۳۹۲

صص ۱۴۲-۱۲۷

ارزیابی طیف آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهرها بر اساس سناریوهای شدت مختلف با استفاده از مدل‌های μD ، TOPSIS و GIS (مطالعه موردی: شهر یزد)

دکتر سعید ملکی[1]ـ دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

الیاس مودّت ـ کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۹ تاریخ تصویب:۱۳۹۲/۵/۲۹

چکیده

آسیب‌پذیری اصطلاحی است جهت نشان دادن میزان و وسعت آسیب و خساراتی که در اثر سوانح طبیعی به جوامع در ابعاد مختلف(اجتماعی، کالبدی-فیزیکی و غیره) وارد آمده است. بنابراین میزان حساسیت محیط در مقابل سوانح، آسیب‌پذیری آن را مشخص می‌کند. در بین سوانح طبیعی زلزله می‌تواند دامنهٔ وسیعی از خسارات را به خصوص برای مناطق کویری داشته باشد. بنابراین جهت هرچه بیشتر کاهش و جلوگیری از خسارات آن، نیازمند مطالعه و بررسی در ابعاد متفاوت می‌باشد. پژوهش حاضر با ماهیت توسعه‌ای- کاربردی و روش توصیفی- تحلیلی به بررسی موضوع در شهر یزد پرداخته است. از آنجا که پیش‌بینی لرزه‌ای بر پایه روش‌های آماری می‌تواند نتایج قابل قبولی ارائه دهد؛ این پژوهش با بهره‌گیری از مدل‌های کمی μD، TOPSIS و GIS، نرم افزارهای Excel وSPSS به بررسی موضوع پرداخته است. همچنین به منظور کاهش ضریب خطا و تعیین دقیق‌تر پیش‌بینی‌ها، ۵۰ متغیر از شاخص‌های اجتماعی- کالبدی در تجزیه و تحلیل‌ها دخیل و مورد ارزیابی قرار داده است. نتایج حاصل از مدل μD نشان می‌دهد خسارت ساختمانی در اثر زلزله تا شدت ۵ مرکالی تقریباً آسیبی ندارند و یا خیلی ناچیز است. اما اگر میزان شدت زلزله بیشتر از ۷ ریشتر باشد بیش از ۵۰ درصد ساختمان‌های منطقه ۲ در معرض آسیب زلزله قرار دارند. در مدل TOPSISمیانگین آسیب‌پذیری اجتماعی در مناطق برابر ۰/٤۱۲ درصد بوده که منطقه ۲ و ۱ به ترتیب با میزان TOPSIS، ۰/٦٤۲ و ۰/۱۸۳ درصد بیشترین و کمترین آسیب‌پذیری اجتماعی شهر را در در برابر زلزله در مناطق شهر یزد دارند.

کلید واژه‌ها: آسیب، زلزله، مدل و تکنیک، μD ،TOPSIS، GIS، شهر یزد.

۱ نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۸۸٤۲٤٤۱۵

Email: malekis@scu.ac.ir

مقدمه

براساس گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۲میلادی، ایـران در میـان دیگـر کشـورهای جهان، رتبه نخست را از نظر تعداد زلزله‌هایی با شدت بالای ۵/۵ ریشتر در سال و یکی از بالاترین رتبـه‌هـا را در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد تلفات این سانحه به خود اختصاص داده است(دفتر برنامـه‌ریـزی سازمان ملل متحد[۱]، ۲۰۰٤: ۱۲). تخمین زده می‌شود حدود ۹۵ درصد کل قربانی‌های بلایـای طبیعـی در دنیـا در کشورهای در حال توسعه می‌باشد(کرایمر و همکـاران[۲]، ۲۰۰۳: ۲). در خـلال سـال‌هـای ۱۹۸۰ تـا ۲۰۰۰ تعـداد ۱۵۸۱۵۱ نفر در سراسر جهان، جان خود را بر ثر وقوع زمین لرزه از دست دادند و بـه طـور متوسـط نزدیـک بـه ۱۳۰/۰۰۰/۰۰۰ نفر در جهان، در معرض خطرات ناشی از وقوع زمین لرزه قرار دارند. در ایـن بـین، ایـران بـا ٤۷ هزارو۲٦۷ نفر کشته، بالاترین رتبه را دارد. البته این آمار بدون در نظر گرفتن تعداد حـدود ٤۰/۰۰۰ نفـر کشـته در زلزله بم در دسامبر ۲۰۰۳ است(گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل[۳]، ۲۰۰۰: ٦۹). همچنین به لحاظ تلفات ناشی از زلزله، ایران ٦ درصد تلفات زلزله‌ای را در جهان دارا مـی‌باشـد(ابلقـی، ۱۳۸٤: ۲). بنـابراین، بـرآورد ریسـک و ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای یک شهر نیز از موضوعات مهم و اساسی محسوب می‌شود. به عبارت دیگر، ریسـک ترکیبی از خطر و آسیب پذیری است و از آنجا که آسیب‌پذیری ممکن اسـت صـورت‌هـای گونـاگونی همچـون آسیب پذیری جانی، عملکردی، اجتماعی، مالی و یا ترکیبی از این موارد را به خود بگیرد، تخمین برآورد ریسـک نیاز به رهیافتی جامع‌نگر دارد و لازم است تا در آن از روش، معیار و تخصص‌های گونـاگونی اسـتفاده گـردد، تـا بتوان کاهش خطرات، جلوگیری آسیب پذیری و مدیریت بحران در بلایا و خطرات طبیعی از جمله زلزله را مورد مطالعه و بررسی قرار داد. همچنین به نوعی برقراری این ارتباط‌ها به مثابه ابزاری در کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تهیه برنامه‌ها و تقلیل خسارت عمل می‌کند.

مدیریت بحران در بر گیرنده عملیات و اقدامات پیوسته پویا بوده و بر اساس فرآیند کلاسیک مدیریت(برنامه-ریزی سازماندهی، تشکیلات، رهبری و کنترل)، استوار می‌شود(صیدی، ۱۳۸۲: ٤؛ مرکز مطالعات مقابله به سـوانح طبیعی، ۱۳۷۳: ۱-۱۰؛ ناطقی، ۱۳۷٦: ۱۰؛ ابراهیمی، ۱۳۷٤: ۱٦). زمین لرزه پدیده‌ای است طبیعـی کـه بـه خـودی خود، می‌تواند قابلیت بحران نداشته باشد. آمادگی و برنامه‌ریزی دقیق برای تخمین آسیب‌پذیری و کنترل و کاهش زلزله می‌تواند تعیین کننده درجه بحران باشد(عزیزی و اکبری، ۱۳۸۷: ۳). اهمیت بلایای طبیعی به خصوص زلزله به حدی است که مجمع عمومی سازمان ملل متحد در دسامبر ۱۹۸۷، دهه ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۰ را به عنـوان دهـه بـین

---

۱ UNDP

۲Kreimer

۳ UNDRO

المللی کاهش اثرات زلزله اعلام نمود(عبداللهی، ۱۳۸۲: ۱۲).آسیب‌های اجتماعی همواره علاوه برغافل‌گیری مسئولان، هزینه‌های زیادی راتحمیل کرده وچنانچه مسئولان نتوانند به خوبی از عهده کنترل آن برآیند، قابلیت بسیار بالایی برای تبدیل شدن به انواع دیگر آسیب‌ها اعم از سیاسی، اقتصادی و فرهنگی را یافته و در مدت زمانی نه چندان طولانی تبعات وخیم تری به بارخواهندآورد (تاجیک، ۱۳۷۹: ۳۳) و بنا به میزان و زمینهٔ آن می‌تواند جهت‌های متفاوتی به خود بگیرد(زینالی، ۱۳۸٤: ۱۹۲). اما مشکل اینجاست که با توجه به پیچیده بودن علل بروز آسیب‌های اجتماعی شهری، تاکنون مدل مشخصی به منظور پیشنگری آسیب‌های اجتماعی شهرها در برابر زلزله، تدوین نشده و در اختیار مسئولین قرار نگرفته است. این عدم پیش‌بینی شرایط می‌تواند به اتخاذ تصمیماتی منجر گردد که علاوه بر افزایش شدید هزینه‌های سازمانی منابع انسانی، بودجه، امکانات و غیره به وخامت اوضاع چه در زمان حال و چه آینده بینجامد.

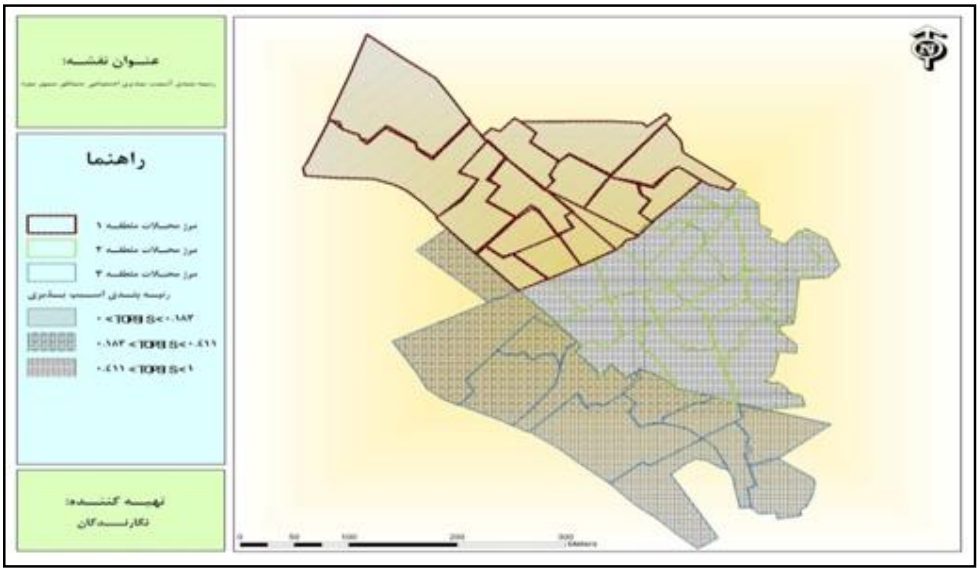
تا به حال چه در جهان و چه کشور ایران تحقیقات فراوانی به روش و الگوهای مختلفی صورت گرفته که بعضی از نمونه آنها عبارتند از: توکلی و همکاران(۱۹۹۳)، سیلاوی(۱۳۸۵)، اربرت[۱] و همکارانش(۲۰۰۸)، کاتر[۲] و همکاران(۲۰۰۳)، حاتمی نژاد و همکاران(۱۳۸۸)، گیوینازی[۳] و همکارانش(۲۰۰٦) و لانتاد[٤] و همکاران(۲۰۰۹). اما به طور کلی درمطالعات داخلی به دلیل نقص وکمبود پایگاه داده‌های موردنیاز برای بررسی آسیب پذیری اجتماعی شهر آن هم در خصوص بحران‌های محیطی کمتر به آن توجه شده است و ارزیابی‌های صورت گرفته عمدتاً مربوط به بررسی ساختارهای فیزیکی بوده و این امر مورد غفلت محققان مختلف، از جمله برنامه ریزان شهری و مدیران بحران قرار گرفته است. لذا، هدف اصلی پژوهش، کمک برای پر نمودن خلاهای موجود در این زمینه به وسیله کشف وابستگی مکانی-اجتماعی و بررسی رابطه عوامل اجتماعی-اقتصادی و مناطق آسیب پذیر در شهر می‌باشد، تا بتواند مورداستفاده محققان، برنامه‌ریزان شهری و مدیران بحران قرارگیرد.

منطقه مورد مطالعه

شهر یزد با مختصات جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی به عنوان مرکز استان یزد در ارتفاع از سطح دریا ۱۲۳۰ متری از سطح دریا قرار دارد(زیاری، ۱۳۸۱: ۱۱).چهره و سرنوشت شهر یزد از همان سحرگاه تاریخ اسلام که دو قبیله از اعراب بنی عامر و بنی‌تمیم در شهر یزد ساکن شدند رقم خورد؛ چرا که دو گروه زرتشتیان و مسلمانان از همان ابتدا مجبور به هم زیستی با یکدیگر

۱ Ebert
۲ Cutter
۳ Giovinazzi
٤ Lantada

شدند(میرحسینی، ۱۳۷۱: ۲۲۲). سیرتحول جمعیت شهر یزد درگذر زمان همواره سریع‌ترازسایرنقاط شهری استان بوده است (مودت، ۱۳۹۰: ٤٣).



شکل۱ منطقه مورد مطالعه در بافت شهر یزد

در خصوص پیشینه لرزه‌خیزی به طور کلی درایران سابقهٔ لرزه خیزی آن به ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد می‌رسد(مرندی، ۱۳۸۲: ۱۹ ؛کلانتری خلیل‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳). در ایران به طور متوسط هر سال یک زلزله به بزرگی ٦ ریشتر و هر ۱۰ سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر رخ می‌دهد(علیدوستی، ۱۳۷۱: ۵۰). پراکندگی وقوع زلزله در ایران نشان می‌دهد که منطقه خراسان با ۹۸ زلزله مخرب در طول تاریخ لرزه خیزترین پهنه ایران و استان‌های اصفهان و یزد با ۹ زلزله آسیب‌پذیری کمتری در برابر زلزله داشته‌اند(احمدی و بوچانی، ۱۳۸۲: ۱۳).

استان یزد با قرارگیری در ناحیه تکتونیکی ایران مرکزی وارث بیشتر ویژگی‌های زمین ساختی سایر نواحی تکتونیکی ایران می‌باشد. در مقیاس کلی از روند تکتونیکی منطقه مسیر دو گسل بزرگ ایران مرکزی را در شرق و غرب منطقه می‌توان مشاهده نمود. گسل دهشیر- با قرارگیری در متداد شیرکوه، فرورفتگی ابرقو-سیرجان را در غرب خود قرار داده و در گرانش جانبی نیز از قسمت شمالی به نائین و از بخش جنوبی به گسل مروست- ندوشن رابطخ پیدا می‌کند. گسل دیگری که به یک مفهوم امتداد گسل پشت‌بام می‌باشد به نام گسل چابدونی، شرق منطقه را تا انار و رفسنجان در بر می‌گیرد. در محدودهٔ شهر یزد تنها یک گسل شناخته شده وجود دارد، در ۳ کیلومتری شمال شرق یزد رسوبات مارنی و ماسه‌ای و کنگلومرائی گچ‌دار و نمک‌دار نئوژن با جهت شمال غربی-

جنوب شرقی بیرون زدگی دارند طول این گسل ٤٧ کیلومتر و از نوع فشاری می‌باشد(کلانتری، ۱۳۷۸: ١١٤). شهر یزد با توجه به این که تقریباً در موقعیت مرکزی ناحیه تکتونیکی ایران قرار دارد، وارث بیشترین ویژگی‌های زمین ساختی سایر نواحی تکتونیکی ایران می‌باشد.

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).

مواد و روش ها

از آنجایی که کنترل متغیرهای مستقلی که در اثر بحران و بلایای طبیعی به خصوص زلزله انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهند، بسیار مشکل و گاه غیر ممکن می‌باشد. در نتیجه جهت مطالعه و پروهش، در خصوص این بحران‌ها از روش معیاری و شاخصی استفاده می‌گردد. همچنین روش تجربی(شخصی و اشخاص) و روش کمی هم به عنوان کامل کنندهٔ روش معیاری استفاده می‌گردد. لذا در این پژوهش، روش تحقیق ترکیبی از روش‌های توصیفی، اسنادی و تحلیلی و با ماهیت توسعه‌ای–کاربردی می‌باشد؛ به عبارتی با مراجعه به سازمان‌های مسئول شهری از جمله شهرداری، مدیریت بحران، آتش‌نشانی و غیره اطلاعات مورد نیاز را دریافت که جامعه آماری تحقیق ۵۰ محله در قالب ۳ منطقه در شهر یزد بوده است که بطور کلی ۵۰ متغیر، از شاخص‌های اجتماعی–اقتصادی، فیزیکی–کالبدی با به کارگیری مدل‌های GIS، TOPSIS و μD بررسی آسیب‌پذیری شهر یزد صورت گرفته است. همچنین برای مدل های نامبرده از نرم‌افزارهای GIS، SPSS و EXCEL استفاده گردیده است. مدل TOPSIS به شرح زیر می‌باشد:

در دهه‌های اخیر کاربرد روش‌های کمی در برنامه‌ریزی به طور فزاینده‌ای افزایش یافته است(حسین زاده‌دلیر، ۱۳۸۰: ١٤٥) و روش‌های متفاوتی برای ارزیابی و همچنین برنامه‌ریزی وجود دارد(مومنی، ۱۳۷۷، ۹۳). یکی ازاین مدل‌ها، روش TOPSIS[1] می‌باشد. این مدل توسط هوانگ و یون[2] در سال ۱۹۸۱، پسشنهاد شد و یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد که m گزینه به وسیله n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینهٔ انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی(بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایش یا کاهشی است. اجرای این تکنیک، مستلزم طی شش مراحل ذیل می‌باشد:

---

۱ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution.
۲ Hwang and Yoon.

۱) کمی کردن و بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم(N): برای بی مقیاس سازی، از بـی مقیـاس سـازی نـورم استفاده می‌شود.

$$n_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}^2}}$$

۲) به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس سازی موزون(V): ماتریس بی‌مقیـاس شـده(N) را در مـاتریس قطـی وزن‌ها(W_{n*n}) ضرب می‌کنیم؛ یعنی:

$$V= N^* W_{n*n}$$

- بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری:

$$P_{ij}=\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad \forall j$$

- محاسبه آنتروپی شاخص‌ها:

$$E_j=-k\sum_{i=1}^{m}[P_{ij}\,Ln P_{ij}] \quad \forall j$$

- محاسبه میزان عدم اطمینان:

$$d_j=1-E_j \quad \forall j$$

۳) تعیین راه حل ایده‌آل مثبت و راه حل ایده‌آل منفی:

$$V_j^+=\{(\max v_{ij} \mid i \in J),(\min v_{ij} \mid i \in J)\}$$
$$V_j^-=\{(\min v_{ij} \mid i \in J),(\max v_{ij} \mid i \in J)\}$$

بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس $V^+_j = V$

بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس $V^-_j = V$

٤) بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل مثبت و منفی:

$$d_i^+=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(V_{ij}-V_i^+)^2} \qquad i= ۱,۲,۳,\ldots,m$$

$$d_i^-=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(V_{ij}-V_i^-)^2} \qquad i= ۱,۲,۳,\ldots,m$$

۵) تعیین نزدیکی نسبی(CL_i^*) یک گزینه به راه حل ایده آل:

$$CL_i^*=\frac{CL_i^-}{CL_i^-+CL_i^+}$$

رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه بر اساس میزان CL_i^* رتبه‌بندی می‌گردد.

به منظور تعیین میزان آسیب پذیری اجتماعی مناطق، از آخرین اطلاعات منتشر شده توسط مرکز آمـار ایـران، سالنامه آماری استان، اطلاعات مندرج در سایت استانداری یزد و اطلاعات شهرداری یزد اسـتفاده شـده و برخـی شاخص‌ها از حالت خام خارج و بصورت ضریب یا نسبت آنها استفاده گردیده است. به منظور هر چه خلاصه‌تر کردن مقاله اعداد در محاسبات تا ده رقم اعشار ولی در نمایش یک الی چهار رقم اعشار نمایش داده شده است.

جدول۱ متغیر و شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی ـ کالبدی(مآخذ: سالنامه آماری یزد، استانداری یزد، شهرداری یزد، ۱۳۸۵)

آسیب پذیری		
اجتماعی –کالبدی		
جمعیت	ضریب اشتغال مناطق	تعداد خانوار
تراکم جمعیت	تعداد شاغلین	تعداد واحد مسکونی
درصد جمعیت ۰–۱٤ سال	تعداد بیکاران	نسبت خانوار به واحد مسکونی
درصد جمعیت ۱۵–٦٤ سال	ضریب جمعیت باسواد ٦ ساله و بیشتر مرد	تعداد واحد مسکونی
درصد جمعیت بیشتر از ٦۵ سال	ضریب جمعیت باسواد ٦ ساله و بیشتر زن	نسبت خانوار به واحد مسکونی
درصد جمعیت مرد	ضریب مساحت پارک	درصد واحد های مسکونی ۲۰۰–۳۰۰متربع
درصد جمعیت زن	ضریب شبکه معابر	درصد واحدهای مسکونی ۱۰۰–۲۰۰ متر مربع
نسبت جنسی	میانگین طبقه کل ساختمان ها	درصد واحدهای مسکونی زیر ۱۰۰ مترمربع
ضریب ساختمان‌های با مصالح آجر و خشت	میانگین طبقه ساختمانی مسکونی	مساحت منطقه
ضریب ساختمان‌های با مصالح بتنی	میانگن سطح اشغال ساختمان	ضریب ساختمان‌های با مصالح آجر و آهن
ضریب ساختمان‌های با مصالح فلزی	میانگن سطح اشغال ساختمان مسکونی	ضریب ساختمان‌های قابل نگهداری
ضریب ساختمان‌های تخریب	ضریب ساختمانهای در حال ساخت	ضریب ساختمان‌های مرمتی

بحث و نتایج

با توجه به معیار و شاخص‌های بیان شده نتایج کلی با مدل TOPSIS به شرح زیر می‌باشد:

❖ مرحله اول در مدل تاپسیس بی مقیاس سازی متغیرها:

جدول۲ بی‌مقیاس سازی شاخص‌ها با استفاده از نورم در منطقه شهری یزد (مآخذ: محاسبات نگارندگان.)

شاخص	منطقه			شاخص	منطقه			شاخص
	۱	۲	۳		۱	۲	۳	
INDEX ۱	۰.۲۷	۰.۹۲	۰.۳۰	INDEX ۲٦	۰.۵۹	۰.۵٦	۰.۵۸	
INDEX ۲	۰.۲۷	۰.۹۱	۰.۳۰	INDEX ۲۷	۰.٦۰	۰.۵۵	۰.۵۸	
INDEX ۳	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۷	INDEX ۲۸	۰.۵۷	۰.۵۸	۰.۵۸	
INDEX ٤	۰.٤۸	۰.۸۳	۰.۲۸	INDEX ۲۹	۰.۵۸	۰.۵۷	۰.۵۸	
INDEX ۵	۰.٤۹	۰.۸۳	۰.۲۸	INDEX ۳۰	۰.٦۲	۰.٤۹	۰.٦۲	
INDEX ٦	۰.۵۷	۰.۵۸	۰.۵۸	INDEX ۳۱	۰.۱۰	۰.۹۵	۰.۳۰	
INDEX ۷	۰.٤۹	۰.۸۲	۰.۲۹	INDEX ۳۲	۰.۵۹	۰.۵۷	۰.۵۷	
INDEX ۸	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۸	INDEX ۳۳	۰.۷۸	۰.٤۷	۰.٤۱	
INDEX ۹	۰.٤۱	۰.٤۱	۰.۸۲	INDEX ۳٤	۰.۱٦	۰.۸۷	۰.٤٦	
INDEX ۱۰	۰.٦٤	۰.٦٤	۰.٤۳	INDEX ۳۵	۰.۲۹	۰.٦۷	۰.٦۸	
INDEX ۱۱	۰.٦٤	۰.۷۰	۰.۳۲	INDEX ۳٦	۰.٦٤	۰.۵۸	۰.۵۱	
INDEX ۱۲	۰.۲۸	۰.۷۷	۰.۵۷	INDEX ۳۷	۰.۳۸	۰.٤۰	۰.۸۳	
INDEX ۱۳	۰.٤٦	۰.۷۱	۰.۵۳	INDEX ۳۸	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۸	
INDEX ۱٤	۰.٦۱	۰.۵۲	۰.٦۰	INDEX ۳۹	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۸	
INDEX ۱۵	۰.۵٦	۰.٦۰	۰.۵۸	INDEX ٤۰	۰.۵۷	۰.٦۰	۰.۵٦	
INDEX ۱٦	۰.٤۹	۰.۷۸	۰.۳۹	INDEX ٤۱	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵٦	
INDEX ۱۷	۰.٦۷	۰.۵۳	۰.۵۲	INDEX ٤۲	۰.۵۹	۰.۷۵	۰.۲۹	
INDEX ۱۸	۰.٦۱	۰.۵۵	۰.۵۷	INDEX ٤۳	۰.٦۳	۰.۵۵	۰.۵۵	

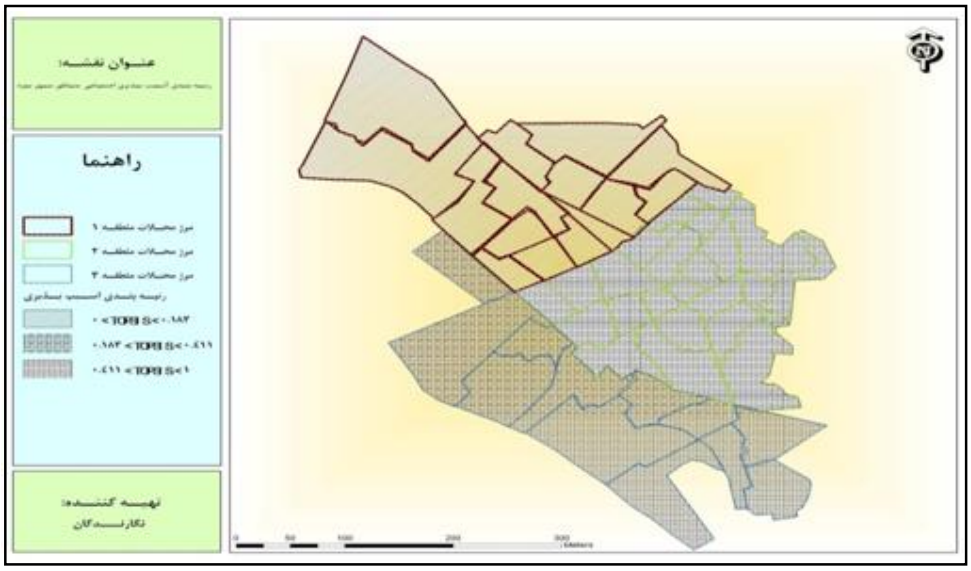
۰.۵۸	۰.۵۷	۰.۵۸	INDEX ٤٤	۰.۵۵	۰.۸۰	۰.۲۵	INDEX ۱۹
۰.۱۰	۰.۲٦	۰.۹٦	INDEX ٤٥	۰.۵۷	۰.۵۸	۰.۵۸	INDEX ۲۰
۰.۲۵	۰.۹۵	۰.۱۹	INDEX ٤٦	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۷	INDEX ۲۱
۰.۳٦	۰.۸۷	۰.۳۵	INDEX ٤۷	۰.۵۷	۰.۵۸	۰.۵۹	INDEX ۲۲
۰.۳۱	۰.۸۸	۰.۳۵	INDEX ٤۸	۰.۵۷	۰.۵۷	۰.۵۸	INDEX ۲۳
۰.٤۱	۰.۸۷	۰.۲۷	INDEX ٤۹	۰.۵۸	۰.۵۸	۰.۵۷	INDEX ۲٤
۰.۳۲	۰.۸۹	۰.۳۳	INDEX ۵۰	۰.۵۷	۰.۵۷	۰.۵۹	INDEX ۲۵

با توجه به محاسبات صورت گرفته در مراحل ۳ گانه مدل مورد نظر منطقه ۲ کمترین فاصله را با ایده مثبت و بیشترین فاصله را با ایده آل منفی و منطقه ۱ بیشترین فاصله را با ایده آل مثبت و کمترین فصله را با ایده آل منفی دارد.

❖ در نهایت به عبارتی در مرحله آخر مدل TOPSIS تعیین میزان CL و رتبه بندی شهرستان می‌باشد. البته باید ذکر گردد مقدار CL، بین صفر و یک می‌باشد که نتایج بصورت ذیل بیان گردیده است:

جدول۳ تعیین میزان **CL** به تفکیک مناطق شهر یزد(مآخذ: محاسبات نگارندگان)

منطقه	میزان CL در مدل TOPSIS
۱	۰/۱۸۳
۲	۰/٦٤۲
۳	۰/٤۱۱



شکل۲ پهنه‌بندی اسیب‌پذیری اجتماعی شهر یزد در برابر زلزله

۱) مدل μD

از این مدل جهت تعیین میانگین آسیب و خسارت جهت ارزیابی لرزه‌ای مورد استفاده قرارمی‌گیرد. از آنجایی که این روش تنها به ارزیابی آسیب پذیری کلی ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌پردازد نمی‌توان درجه آسیب پذیری ناشی از زلزله‌ها را ارزیابی نمود. برای درجه‌بندی میزان آسیب ساختمان‌ها در درجات مختلف می‌بایست آنها را با شدت‌های مختلف زلزله مورد ارزیابی قرارداد تا بتوان به ارزیابی دقیق‌تر آسیب هرکدام از ساختمان‌ها پرداخت(احدنژاد و همکاران، بی‌تا: ۵). برای این منظور می‌توان از مدل میانگین آسیب پذیری، با استفاده از رابطه زیر میانگین آسیب ساختمان‌ها را با شدت‌های مختلف مورد ارزیابی قرار داد(مایلتینوس[۱]، ۲۰۰۳: ۳٦).

$$\mu_D = 2.5\left\langle 1 + \tanh\left[\frac{I + 6.25\,\bar{Vi} - 13.1}{2.3}\right]\right\rangle$$

در رابطه فوق:I: نشانگر شدت زلزله. وVi: مقدار آسیب پذیری حاصل از روش مورد نظر(مدل TOPSIS).

در نتیجه با توجه این مدل مقدار آسیب وارده به هر واحد ساختمانی را می‌توان در ٦ گروه تقسیم‌بندی نمود.

جدول٤ درجه‌بندی میزان خسارت ساختمانی ناشی از زلزله بر اساس شدت‌های مختلف
(ماخذ: کامبوم[۲] و اسپنس[۳]، ۲۰۰۲: ۳٤۵؛ احدنژاد و همکاران، ۲۰۰۲: ١٦ و مطالعه نویسندگان)

درجه	وضعیت	میزان خسارت ساختمانی (٪)
۰۰/۰۰ < μD_0 <۰۰/۱۰	بدون آسیب	۰
۰۰/۲۰ < μD_1 <۰۰/۱۰	آسیب جزئی و قابل اغماض	۰
۰۰/٤۰ < μD_2 <۰۰/۲۰	آسیب متوسط	۲
۰۰/٦۰< μD_3 <۰۰/٤۰	آسیب قابل توجه تا سنگین	۱۰
۰۰/۸۰< μD_4 <۰۰/٦۰	آسیب بسیار سنگین	۵۰
۰۰/۸۰ < μD_5 <۱/۰۰	تخریب کامل	۱۰۰

۲) درجه‌بندی آسیب‌پذیری کالبدی شهر در برابر زلزله

۱ Milutinovic
۲ Coburn
۳ Spence

براساس استاندارد آسیب‌پذیری کالبدی شهر، معیارها بر اساس میزان آسیب‌پذیری وزن‌های از ۱ تا ۹ داده شـده اسـت که نتایج حاصل شد بر استاندارد موجود به شرح زیر می‌باشد.

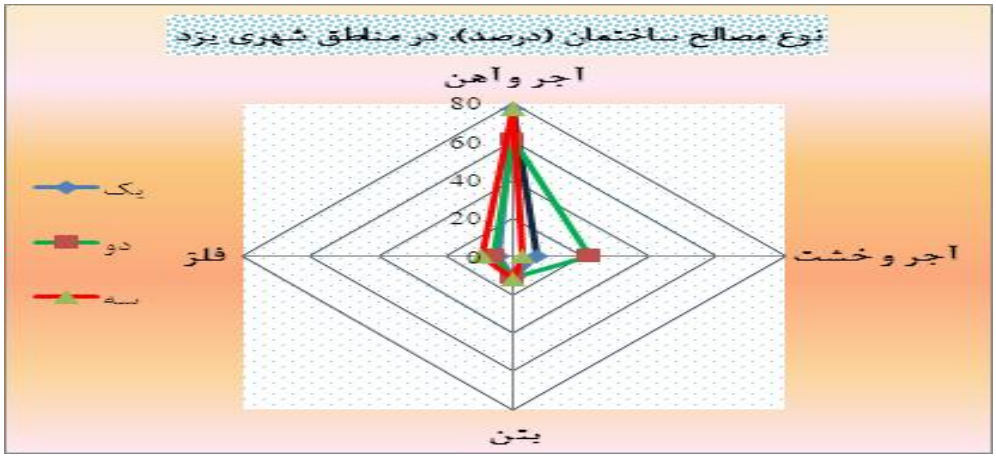
جدول۵ ماتریس معیارها و کد بندی عوامل درونی و بیرونی تاثیر گذار در آسیب‌پذیری (ماخذ: احدنژاد و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۲)

معیار	زیر معیار	آسیب‌پذیری				
		خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
نوع مصالح	اسکلت آهنی	O				
	بتنی		O			
	آجر و آهن			O		
	آجر و چوب				O	
	خشت و چوب					O
کیفیت بنا	نوساز	O				
	مرمتی			O		
	تخریبی					O
	مخروبه					O
تعداد طبقات	یک	O				
	دو		O			
	سه			O		
	چهار				O	
	+ پنج					O
سطح اشغال بنا(درصد)	۰-۲۵		O			
	۲۵-۵۰			O		
	۵۰-۷۵				O	
	۷۵-۱۰۰					O
کاربری اراضی	مسکونی				O	
	تجاری			O		
	آموزشی-درمانی		O			
	تاسیسات و تجهیزات	O				
	اداری و نظامی	O				
مساحت قطعات(مترمربع)	کمتر ۱۰۰					O
	۱۰۰-۲۵۰				O	
	۲۵۰-۵۰۰			O		
	+ ۵۰۰		O			
دسترسی به شبکه معابر(متر)	۰-٤					O
	٤-۸				O	
	۸-۱۲			O		
	۱۲-۱٦		O			
	۱٦-۲٤	O				
تراکم جمعیت	۰-۳۵	O				
	۳۵-٦۵		O			
	٦۵-۱۰۰			O		

	۱۸۰-۱۰۰				o	
	۵۰۰-۱۸۰					o

شکل۳ کیفیت ساختمان‌ها در شهر یزد(ماخذ: نگارندگان)

شکل٤ وضعیت تراکم و پراکندگی جمعیت در مناطق شهر یزد(ماخذ: نگارندگان)



شکل۵ وضعیت مصالح ساختمانی در مناطق شهر یزد(ماخذ: نگارندگان)

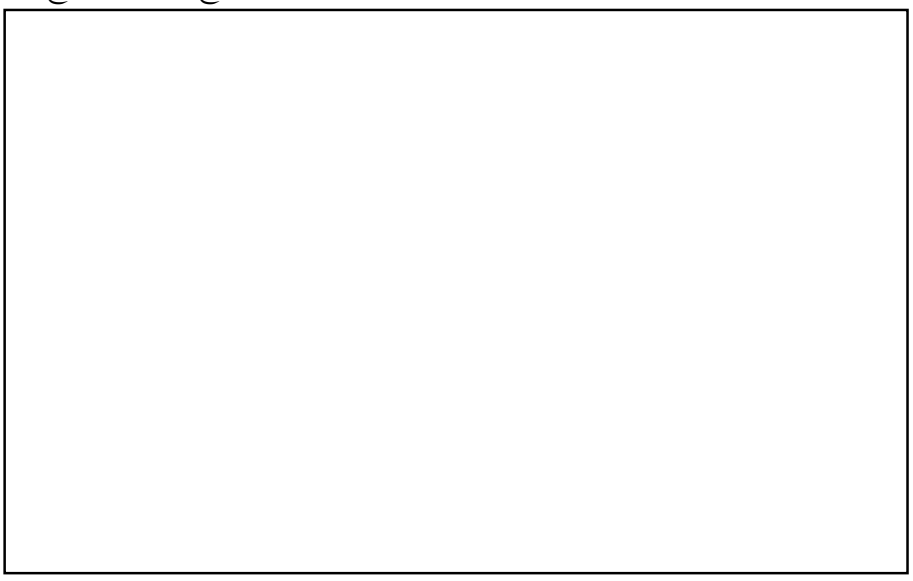
با توجه به محاسبات فوق سال ۱۳۸۵ نسبت به سال ۱۳۷۵ منطقه ۱ شهر یزد از نظر:

- تراکم جمعیتی: روند افزایش قابل توجهی را داشته و همچنین نسبت به دیگر مناطق این روند همچنین صادق است.
- جمعیت زیر ١٤ سال: حدود ۳۰ درصد جمعیت کل را در منطقه تشکیل می‌دهد و جمعیت بالای ٦٥ سال آن حدود ٤ درصد جمعیت را شامل می‌شود و مساحت منطقه کمترین میزان و جز مناطق با مصالح با دوام قرار گرفته است.

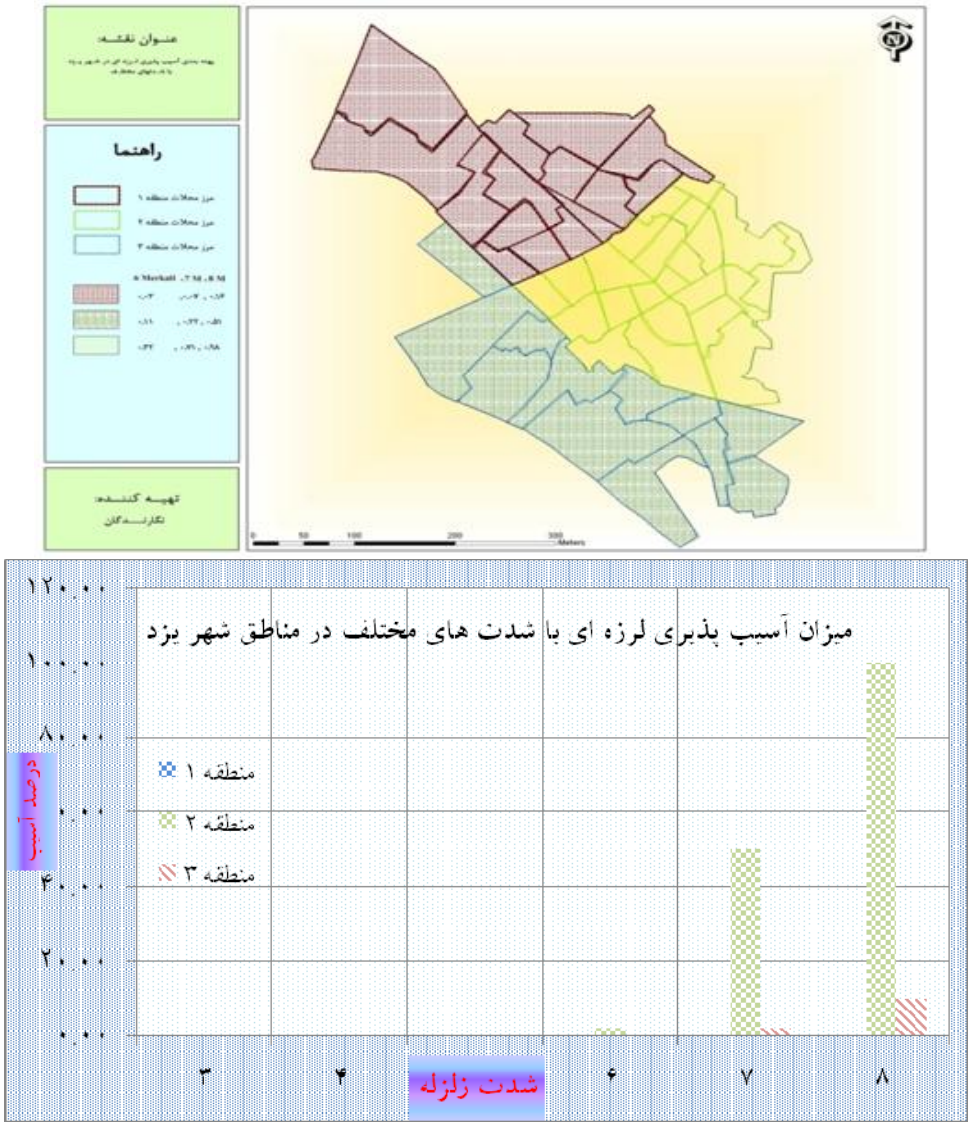
به صورت جزئی منطقه یک به لحاظ آسیب پذیری اجتماعی نسبت به دیگر مناطق در تعدادی متغیرها تا این مرحله از محاسبات در وضع مطلوب‌تری قرار گرفته است، ولی منطقه ۲ و ۳ به علت موقعیت قرار گیری خاص(مرکز شهر و منطقه مهاجر نشین) این وضع در ویژگی اقتصادی و فیزیکی آن نیز تاثیر نامطلوبی گذاشته است تا حدی که باعث قرار گرفتن این مناطق به عنوان مناطق آسیب پذیر متوسط به بالای شده است.

۳) وضعیت آسیب‌پذیری ساختمانی در برابر زلزله با شدت‌های مختلف

مراحل قبل یک دید تک بُعدی در خصوص وضعیت و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله و در مجموع شاخص‌ها می‌باشد و شدت زلزله را در محاسبات دخیل نداده و همچنین رابطه‌ای بین مدل TOPSIS و استاندار آسیب-پذیری کالبدی شهر برقرار نگردیده است؛ در نتیجه برای ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری لازم است که با استفاده از روابط موجود در این زمینه و طراحی سناریوهایی با شدت مختلف به بررسی موضوع پرداخته شود که با توجه به بررسی و مطالعات، احتمال اینکه ساختمان‌هایی دارای درجه آسیب صفرباشند ضعیف است؛ لذا در اکثر موارد درجه آسیب ساختمان‌ها در گروه ۵ مورد نظر و قابل توجه برای مدیران و دست‌اندرکاران برنامه می‌باشد. بر این اساس در پژوهش مورد نظر با مطالعات صورت گرفته و راهنمایی‌های مدیران شهری و بحران، شهر یزد و همچنین سوابق میزان شدت زلزله در شهر یزد،میزان شدت زلزله با شدت‌های ۳ تا ۸ مرکالی جهت بررسی میزان آسیب در نظر گرفته شده است که نتایج مطالعات به شرح زیر می‌باشد:



شکل٦ پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در اثر زلزله با شدت‌های مختلف در شهر یزد



شکل۷ میزان خسارت ساختمانی ناشی از زلزله در مناطق شهر یزد(ماخذ: نگارندگان)

بنابراین مشخص می گردد خسارت ساختمانی در اثر زلزله تا شدت ۵ مرکالی تقریباً آسیبی ندارند و یا خیلی ناچیز است. اما اگر میزان شدت زلزله بیشتر از ۷ ریشتر باشد بیش از ۵۰ درصد ساختمان‌های منطقه ۲ در معرض آسیب زلزله قرار دارند و در مدل استفاده شده میانگین آسیب‌پذیری اجتماعی در مناطق برابر ۰/٤۱۲ درصد بوده که منطقه ۲ و ۱ به ترتیب بیشترین و کمترین آسیب‌پذیری اجتماعی شهر را در برابر زلزله در مناطق شهر یزد دارا می‌باشند.

نتیجه‌گیری

با توجه به ضرورت موضوع و بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید در شهر یزد، خسارت ساختمانی در اثر زلزله تا شدت ۵ مرکالی تقریباً آسیبی ندارند و یا خیلی ناچیز است و حتی اگر میزان شدت زلزله به ٦ مرکالی نیز برسد تنها منطقه ۲، حدود دو درصد ساختمان‌های آن آسیب می‌بینند. اما اگر میزان شدت زلزله بیشتر از ۷ ریشتر باشد بیش از ۵۰ درصد ساختمان‌های منطقه ۲ در معرض آسیب زلزله قرار دارند. در نتیجه این منطقه از شهر یزد بیشترین آسیب‌پذیری زلزله را دارا می‌باشد. همچنین منطقه ۳ میزان خسارت ساختمانی آن زیر ٤۰ درصد و منطقه ۱ زیر ۲۰ درصد می‌باشد. از لحاظ آماری میزان TOPSIS بدست آمده در منطقه ۱ برابر ۰/۱۸۳ درصد، منطقه ۲ برابر ۰/٦٤۲ درصد و در نهایت میزان TOPSIS منطقه ۳ برابر ۰/٤۱۱ درصد بوده است. در نتیجه منطقه ۲ و ۱ شهر یزد به ترتیب به عنوان آسیب پذیرترین و مقاوم‌ترین منطقه به لحظ اجتماعی در برابر زلزله می‌باشند.

بنابراین اقداماتی که در این خصوص می‌توان انجام داد عبارتند از:

- کاهش شفافیت در نمای ساختمان‌ها و متناسب با اقلیم و محیط جهت کاهش خسارت.
- آگاهی هر چه بیشتر مسئولین و مدیران در خصوص اثرات زلزله در شهر در فرآیند قبل و بعد از زلزله.
- ارزیابی دقیق‌تر خسارت ناشی از زلزله در شهر(خسارت وارده به اماکن عمومی، شریان حیاتی و غیره).
- کوشش هر چه بیشتر جهت ارتقای ظرفیت و توانایی‌های مدیریت بحران.
- یکی از بحث‌های اساسی در زمان حال توسعه پایدار می‌باشد و این هدف به خودی خود و تنها در یک شاخص به وجود نمی‌آید؛ در نتیجه پیشنهاد می‌گردد به ویژگی‌های اجتماعی مناطق و ارتباط آن با دیگر عناصر توجه بیشتری گردد تا به توان هدف مورد نظر دست یافت.

منابع و مآخذ

ابلقی، علیرضا؛ ۱۳۸٤. یاداشت سردبیر. مجله هفت شهر. سازمان عمران و بهسازی شهری. شماره ۱۸.

احد نژاد روشتی، محسن؛ ۱۳۸۹. ارزیابی آسیب پذیری اجتماعی در برابر زلزله نمونه موردی شهر زنجان. مجله مطالعات و پژوهش-های شهری و منطقه‌ای. سال دوم. شماره ۷.

احدنژاد، محسن، و همکاران؛ ۱۳۸۹. مدل سازی آسیب پذیری ساختمانی شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی شهر زنجان. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۹.

احدنژاد، محسن و همکاران؛ بی تا. بر آورد آسیب پذیری شهرها در برابر شدت های مختلف زلزله با استفاده از مدل AHP نمونه موردی شهر خرمدره. دومین کنفرانس مدیریت بحران. نقش فناوری نوین در کاهش آسیب پذیری ناشی از حوادث غیر مترقبه.

احمدی، حمید و بوچانی، محمد حسین؛ ۱۳۸۲. پیشینه زلزله در ایران. ماهنامه شماره ۵۸ شهرداری‌ها.

جایکا- آژانس همکاری بین المللی ژاپن؛ ۱۳۸۰. پروژه ریز پهنه بندی لرزه ای تهران بزرگ. سازمان مدیریت بحران، تهران.

جعفری، علی محمد؛ ۱۳۷۷). آمادگی در برابر زلزله، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، تهران.

حاتمی نژاد، حسین و همکاران؛ ۱۳۸۸. ارزیابی میزان آسیب یذیری لرزه ای در شهر، نمونـه مـوردی منطقـه ۱۰ شـهر تهـران. مجلـه پژوهش های جغرافیای انسانی. شماره ٦۸.

حسین زاده دلیر، کریم؛ ۱۳۸۷. برنامه‌ریزی ناحیه‌ای. چاپ اول. انتشارات سمت.

زیاری، کرامت ا...؛ ۱۳۸۱. طرح پژوهشی بررسی تأثیر حضور و عدم حضور افاقنه در ساختار اشتغال شهر یزد. دانشگاه یزد. یزد.

زینالی، امیرحمزه؛ ۱۳۸٤. جایگاه سازمان های دولتی مسوول بحران‌ها و تهدیدهای .اجتماعی در ایران فصلنامه رفاه اجتمـاعی،.شـماره ۱٦.

سالنامه آماری استان یزد؛ ۱۳۷۵. استانداری یزد.

سالنامه آماری استان یزد؛ ۱۳۸۵. استانداری یزد.

سیلاوی، ط؛ ۱۳۸۵. ارزیابی آسیب پذیری شهر تهران با به کارگیری مدل فازی شهودی. پایانامه کارشناسی ارشد. دانشکده فنی تهران.

شریف‌زادگان، محمد حسین و فتحی، حمید؛ بی‌تا. طراحی و کاربرد مدل‌های فضایی ارزیابی و تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در برنامه-ریزی و مدیریت شهری. در قسمت آرشیو مجلات sid.

عبداللهی، مجید؛ ۱۳۸۲. مدیریت بحران در نواحی شهری(زلزله و سیل). انتشارات شهرداری‌ها. تهران.

عزیزی، محمد مهدی و اکبری، رضا؛ ۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزلـه. نشـریه هنرهـای زیبـا، شماره ۳٤.

علیدوستی، سیروس؛ ۱۳۷۱. کاربرد مدیریت بحران در کاهش ضایعات زلزله. انتشارات دانشگاه تهران.

کلانتری خلیل‌آبادی، حسین؛ ۱۳۷۸. برنامه‌ریزی بافت تاریخی شهرها مطالعه موردی شهر یزد. پایانامه کارشناسـی ارشـد شهرسـازی. دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه شهید بهشتی.

کلانتری خلیل‌آبادی، حسین و همکاران؛ ۱۳۸۷. آسیب‌پذیری بافت تاریخی شهر یزد در برابر زلزله. مجله سپهر. شماره ۱٦.

مرندی، سید مرتضی؛ ۱۳۸۲. تحلیل ساختمان‌های آسیب دیده زلزله شهر بم و حومه. شرکت ساختمان و راهسازی ۱۱۵.

مفضلی، اردشیر و صحفی، ندیمه؛ ۱۳۸۹. تبیین روش شناسی استفاده از مدل ریسک در مدیریت بحـران در منـاطق شـهری، مطالعـه موردی استفاده از ارزیابی نیمه کمی ریسک و دارار مدل در تعیین میزان ریسک زلزلـه در منطقـه ۱۳ شـهرداری تهـران. فصـلنامه مدیریت شهری. سال دوم. شماره دوم.

مهرشاهی، داریوش و مهرنهاد، حمید؛ ۱۳۸۳. مورفوتکتونیک و منطق عمده گسلی استان یزد. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۲.

مودت، الیاس؛ ۱۳۹۰. بررسی پویش مسکن در شهر یزد. پایان نامه کارشناسی. استاد راهنما دکتر محمد حسین سرایی. دانشگاه یزد.

مومنی، مهدی؛ ۱۳۷۷. اصول و روش‌های برنامه‌ریزی ناحیه‌ای. انتشارات گویا.

میرحسینی، محمد حسن؛ ۱۳۷۵. تاریخ یزد، یزد نگین کویر. انجمن کتابخانه های عمومی یزد.

Birkmann J., ۲۰۰۵. Research brief, danger need not spell, but how vulnerable.

Canadian standards association., ۱۹۹۷. Risk management: guideline for decision-makers, canadian standards association. Rexdale, ontario.

Cannon T., ۲۰۰۰. Vulnerability analysis and disasters, Floods,

Cannon T., Twigg J., Rowell J., ۲۰۰۳. Social vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters, London: Department for international development DFID; Government oftheUnited Kingdom.

Chapman, c.b., ۱۹۹۱. Risk, in investment, procurement and performance in construction. E. & f.n. spon (chapman & hall), london.

Coburn Andrew., Spence, Robin., ۲۰۰۲. Earthquake Protection, second edition John Wiley &son, Ltd.

Cutter S. L., Mitchell J.T., Scott M.S., ۲۰۰۰. Revealing the vulnerability of peopleand places: A case study of Georgetown County, South Carolina, Annals of the Association of American Geographers, No. ۹۰.

Cutter, S., Boruff, B., Shirley, w., ۲۰۰۳. Social vulnerability to environmental hazards, Journal of social quarterly ۳٤(۲).

Ebert, A., Kerle, N., Stein, A., ۲۰۰۸. Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spsial metrics derived form air-and spaceborne imagery and gis data, Journal of Nathazards, ٤۸(۲).

ECHO., ۱۹۹۹. The Geography of Disasters; Geography in Humanitarian Assistance, European Community Humanitarian Office.

Giovinazzi, S., Lagomarsino, S., & Pampanin, S., ۲۰۰٦. Vulnerability Methods and Damage Scenario.

Japanese standards association., ۲۰۰۱. Jisq ۲۰۰۱: guidelines for development and implementation of risk management system. Japanese standards association, japan.

Journal of the International Society for the Presentational Mitigation of Natural Hazard ۷(۲).

Kreimer, A., Arnold ,A., Carlin ,A., ۲۰۰۳. Building safer cities, The future of disaster risk, Disaster risk management series, Vol. ۳, The World bank.

Lantada, N., Pujades, L., & Barbat, A., ۲۰۰۹ .Vulnerability index and capacity spectrum based methods for urban seismic risk evaluation. A comparison ,Nat Hazards ۵۱:۵۰۱–۵۲٤.

Milutinovic Zoran V, Trendafiloski Goran S., ۲۰۰۳. an Advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios with Applications to Different European Towns, RISK-UE – EVK٤-CT-۲۰۰۰.

Nakabayashi, Itsuki.,۱۹۹٤. Urban Planning Based on Disaster Risk Assessment. In Disaster Management in Metropolitan Areas for the ۲۱st Century, Proceedings of the IDNDR Aichi/Nagoya International Conference, Nagoya, Japan: ۲۲۵–۲۳۹.

Parker, george., ۱۹۹۵. Dimension of risk management : definition and implication for financial service. Risk management problems and solution journal, Mcgraw hill. Vol ۵۱.

Pmbok guide., ۲۰۰٤. A guide to the project management body of knowledge, Project management institute, usa.

Raftery, jhon., ۱۹۹٤. Risk analysis in project management. Chapman & hall , London.

Seismic Risk Analysis as Support to Retrofit Strategies: a European Perspective, NZSEE Conference.

Smith K., ۲۰۰۰. Environmental hazards: Assessing risk and reducing disaster, ۳rd Ed,

Tavakoli, B. & Tavakoli, S., ۱۹۹۳. Estimating the Vulnerability and Loss functions of Residential Buildings,

UNDP., ۲۰۰٤." Reducing disaster risk", A challenge for development. A global report, New York, Prevention and Recovery, NY ۱۰۰۱۷, USA: Bureau for Crisis.

UNDRO., ۲۰۰۰. Natural Disasters and Vulnerabilit Nations Disasters Ref.

UNISDR., ۲۰۰۵. Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). United Nations Publications, New York and Geneva -Vol. ۲.

Weichselgartner J., ۲۰۰۱. Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited. Disaster Prevention and Management, Vol. ۱۰, No. ۲.

WWW.airmic.com.۲۰۰۲