نشریه هنرهای زیبا • شماره ۳۳ • بهـــار ۱۳۸۷

تعیین عوامل سازه‌ای/ساختمانی موثر در آسیب پذیری* بافت کهن شهری زنجان با استفاده از FUZZY LOGIC & GIS

دکتر کیومرث حبیبی[**۱]، دکتر احمد پوراحمد[۲]، دکتر ابوالفضل مشکینی[۳]، دکتر علی عسگری[۴]، مهندس سعید نظری عدلی[۵]**

[۱] استادیار شهرسازی دانشکده فنی، مهندسی دانشگاه کردستان، کردستان، ایران.
[۲] استاد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
[۳] استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
[۴] استادیار دانشکده مدیریت بحران، دانشگاه یورک، کانادا .
[۵] دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۱/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۶/۸/۵)

چکیده:

بافت قدیم زنجان منطبق بر هسته های تاریخی و مرکزی شهر می باشد. وجود عناصر شهری بازار سنتی، مسجد جامع، عمارت دارایی و خانه ذوالفقاری، سبزه میدان ... ازمهم‌ترین عوامل هویت بخش تاریخی و فرهنگی منطقه می باشد. امروزه این بافت تاریخی با مشکلات کلانی چون کمبود در برخی سرانه‌های خدماتی چون پارکینگ و فضای باز شهری، عدم امکان نفوذ پذیری به داخل بافت ارگانیک، وجود کاربری‌های ناسازگار، فقدان فضای سبز کافی ، بدنه‌های فرسوده و کیفیت ضعیف ابنیه ، ریزدانگی، عدم قرار گیری بسیاری از بناها در حریم آثار تاریخی مواجه می باشد. با این وجود هنوز جزء پرتراکم‌ترین نقاط شهری زنجان محسوب می گردد. تجربه زلزله‌های شهرهایی چون بم نشان می‌دهد که تلفات انسانی و آسیب های کالبدی در بافت‌های کهن بیشتر از سایر مناطق شهری است. بنابراین تهیه نقشه ریز پهنه بندی زلزله، شناسایی پهنه‌های ناپایدار شهری در مقابل آسیب‌های طبیعی (زلزله، سیل و ...) و مصنوع (آتش‌سوزی، گودبرداری و ...). اهمیت زیادی دارد. در این مقاله با انتخاب ۱۱ شاخص شناسایی پهنه‌های ناپایدار با کمک (GIS) صورت گرفته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بخش اعظمی از منطقه در مقابل حوادث طبیعی ناپایدار بوده و لزوم نوسازی و بهسازی آن به شدت احساس می گردد.

واژه های کلیدی:

آسیب پذیری، مدل فازی ، زلزله، بافت کهن ، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

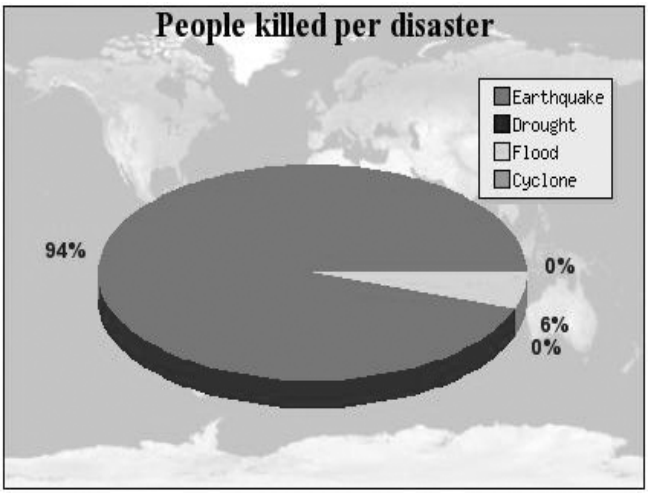
* بخشی از این مقاله از رساله دوره دکتری کیومرث حبیبی با عنوان "توسعه کالبدی ،بهسازی و نوسازی بافت‌های کهن شهری با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی" استخراج شده است که در سال ۱۳۸۵ در رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تهران دفاع شده است.

** نویسنده مسئول: تلفن:۸ ۰۹۱۲۵۲۷۳۹۶ ، نمابر: ۰۲۱ - ۴۴۲۳۰۳۸۰ ، **E- mail :** habibi_ki@yahoo.co.uk

۱- مقدمه

افزایش سریع جمعیت جهان هر روز بیشتر و بیشتر در شهرها متمرکز می‌شود. امروزه حدود نیمی از جمعیت ۶میلیاردی کره زمین در شهرها ساکن هستند و پیش بینی شده برای ۳۰ سال آینده، از ۲.۲ میلیارد جمعیتی که به ساکنین زمین اضافه خواهند شد، ۱.۲ میلیارد ساکن شهرها خواهند بود و انتظار می‌رود ۲ میلیارد از این جمعیت در شهرهای کشورهای در حال توسعه متولد شوند (USAID, 2001, 3). جدای از افزایش بلایای طبیعی طی دهه‌های گذشته، افزایش قربانیان به دلیل افزایش آسیب پذیری جوامع شهری است. امروزه حدود ۴۵۰ شهر در دنیا با جمعیت بالای یک میلیون نفر وجود دارد. تعداد زیادی از این شهرها، متاسفانه به دلیل بی برنامگی با محدودیت فضا روبرو هستند و این باعث می‌شود که از یک سو بافت شهری فشرده شود و در نتیجه تراکم جمعیتی ساکن در آن افزایش یابد و از سوی دیگر زمین‌های نامناسب از نظر آسیب پذیری از بلایای طبیعی (به عنوان مثال مناطق نزدیک به گسل‌ها) اغلب توسط فقیرترین طبقات جامعه تصرف شود (Van Westen, 2006, 1). تقریبا ۵۰ درصد از شهرهای بزرگ جهان در نزدیکی گسل‌های فعال زلزله یا حوزه آبریز سیلاب ها قرار دارند. در کشورهای توسعه یافته به دلیل حساس بودن تکنولوژی پیشرفته به کار رفته در تاسیسات زیر بنایی، این تاسیسات در معرض تخریب بر اثر زلزله می‌باشند و در نتیجه جوامع صنعتی نیز در معرض خطر زلزله قرار دارند. اما به هر حال شهرهای کشورهای درحال توسعه در معرض خطر بیشتری هستند. تخمین زده می‌شود که حدود ۹۵ درصد از کل قربانیان بلایای طبیعی در جهان از کشورهای درحال توسعه می‌باشند و تلفات ناشی از این گونه حوادث در این کشورها ۲۰ برابر بیشتر از حوادث مشابه در کشورهای توسعه یافته است (Kreimer et al, 2003, 2). در این میان گستره پهناور جغرافیایی کشور ایران از جمله مناطق حادثه خیز است که بسیاری از بلایای طبیعی چون زمین لرزه، رانش زمین، سیل، طوفان، خشکسالی، فعالیت‌های آتش فشانی و بیابان‌زایی نمونه‌هایی از تاریخ حادثه خیز دور و نزدیک آن می‌باشد. که همه ساله وقوع این حوادث موجب خسارت‌های جانی و مالی فراوان می‌شود. در گزارش دفتر برنامه ریزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۳ م.، کشور ایران در میان سایر کشورهای مختلف جهان، رتبه نخست را در تعداد زلزله های با شدت بالای ۵.۵ ریشتر در سال و یکی از بالاترین رتبه ها را در زمینه آسیب پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد افراد کشته شده این سانحه به خود اختصاص داده است. همچنین بر طبق این گزارش، در کشور ایران، زلزله وجه غالب را در سوانح مختلف طبیعی تشکیل می‌دهد (UNDP, 2004, 35).

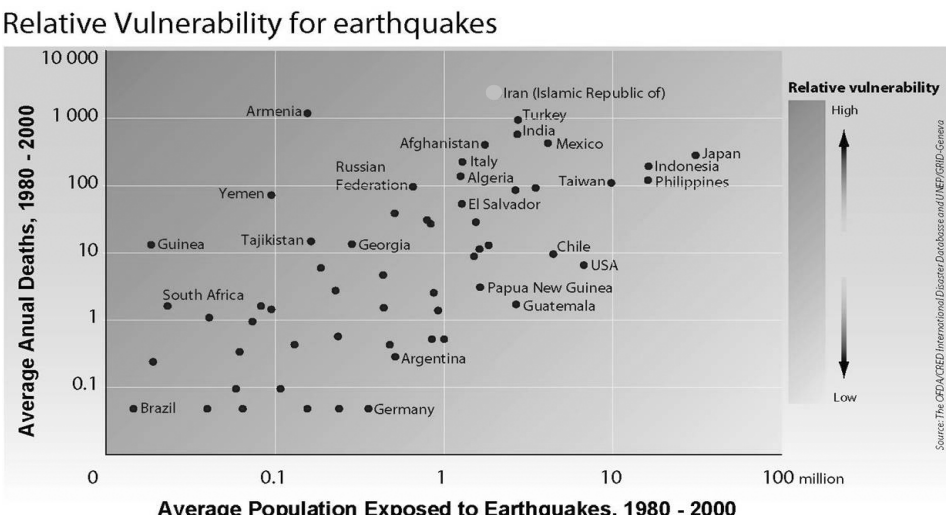
نمودار ۱- سهم هریک از بلایای طبیعی در تلفات انسانی (بین سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰).



ماخذ: (UNEP, 2006)

زلزله‌های اخیر شاخصی از میزان آسیب پذیر بودن ایران در مناطق شهری و روستایی است زلزله‌های بویین زهرا (۱۳۴۱)، رودبار (۱۳۶۹) و بم (۱۳۸۲) هر کدام هزاران کشته برجای گذاشتند. تنها نتیجه آخرین این موارد یعنی زلزله بم، بیش از ۳۰۰۰۰ کشته، بیش از ۱۰۰۰۰ زخمی، بیش از ۱۰۰۰۰۰ نفر بی خانمان و تخریب بیش از ۸۰ درصد از شهر به انضمام از بین رفتن تمام زیرساخت‌های اجتماعی بود که چیزی بیش از ۸۰۰ میلیـــون دلار خسارت به بار آورد (National report of the islamic republic of iran on disaster reduction, 2005,8). درحالی که ۴ روز بعد از زلزله بم زلزله‌ای با مقیاس مشابه در شهر سن روبلز ایالت کالیفرنیا اتفاق می‌افتد که تنها ۲ کشته برجای می‌گذارد (UN/ISDR, 2005, 1). به نظر می‌رسد انجام برنامه‌ریزی خاص جهت مصون سازی هر چه بیشتر فضاهای شهری ضرورت دارد. شهرها به دلیل تمرکز جمعیت و سرمایه‌گذاری‌های اقتصادی فراوان به شدت آسیب می‌بینند و این فضاها از آغاز تشکیل خود، فرم و ساختار خاصی جهت توسعه انتخاب نموده و در گذر زمان نیز گسترش یافته‌اند. دانش شهرسازی با تکیه بر داده‌های جغرافیایی می‌توانند با تبیین اصول و مفاهیم خود و با استفاده از این داده‌ها، اثرات این گونه بلایا را تا حد زیادی تقلیل دهد و مدیران شهری می‌توانند با استفاده از این داده‌ها، اصول مدیریتی لازم جهت کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر این حوادث را به اجرا در آورند (وزارت کشور، ۱۳۸۳، ۱۶).

نمودار ۲- آسیب پذیری جمعیتی ناشی از زلزله در طی سالهای ۲۰۰۰- ۱۹۸۰ میلادی.

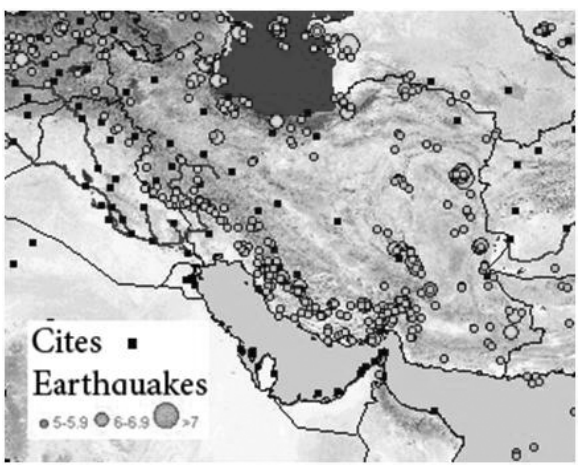


ماخذ: (UNDP, 2004, 35)

۲- بیان مسئله

کشور ایران با ویژگی های خاص زمین ساختی ، همواره در بسیاری از نقاط با خطر زلزله مواجه می باشد. نقاط کانونی زلزله‌های چند سال اخیر نشان می دهد که به ندرت نقاطی در کشور پهناور ایران یافت می شود که از آسیب زلزله های کوچک یا بزرگ در امان باشد و به همین دلیل هیچ منطقه ای از آن را نمی توان در مقابل زلزله مصون فرض نمود. بر پایه آمارهای رسمی در ۲۵ سال گذشته، ۶ درصد از تلفات انسانی کشور ناشی از زلزله بوده است و به طور میانگین هر سال یک زلزله ۶ ریشتری و هر ده سال یک زلزله به بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در کشور رخ می‌دهد که آخرین آنها زلزله ۳.۶ ریشتری بم در دی‌ماه ۱۳۸۲ بوده است (رنجبرو همکاران، ۱۳۸۵، ۸۶).

در ادبیات مربوط به مباحث زلزله آسیب پذیری به صورت میزان تحمل، پایداری و یا نجات از اثرات یک بلای طبیعی در بلندمدت و به همان نسبت در کوتاه مدت تعریف شده است (Mileti, 1999, 106). از این رو کاهش اثرات زلزله و یا به عبارت دیگر، کاهش آسیب پذیری جوامع بشری در برابر زلزله زمانی به وقوع خواهد پیوست که ایمنی شهر در برابر خطرات زلزله در تمامی سطوح برنامه‌ریزی (از آمایش سرزمین تا معماری)، مد نظر قرار گیرد، که در میان تمامی سطوح برنامه ریزی کالبدی، به نظر می‌رسد سطح میانی یعنی شهرسازی یکی از کارآمدترین سطوح برنامه‌ریزی برای کاهش آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله می‌باشد (اردلان و همکاران، ۱۳۸۵، ۲۹).



تصویر ۱- پراکندگی زمین لرزه‌ها در ایران بین سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۵ میلادی.

ماخذ: (UNISDR, 2005)

معمولاً این گونه تصور می‌شود که با تکیه صرف به تکنولوژی می‌توان جلوی تخریب ناشی از این حوادث را گرفت و بیشتر راه حل‌هایی که برای مقابله با این گونه حوادث مد نظر قرار می‌گیرد بر روش‌های سنتی مبتنی می‌باشد به این صورت که ابتدا مسئله بررسی می‌شود، سپس متخصصین به یک راه حل در مورد آن می‌رسند و در نهایت به مسئله دیگر پرداخته می‌شود. این راه‌حل‌های خطی و یک طرفه به مساله بلایای طبیعی به صورت یک پدیده ایستا می‌نگرند در حالی که ۲۵ سال گذشته نشان داده که این دیدگاه نتوانسته میزان صدمات ناشی از بلایای طبیعی را کاهش دهد. برای اصلاح این فرایند برنامه‌ریزان باید به سوی کاهش پایدار عوارض بلایای طبیعی حرکت کنند (Mileti, 1999, 2). حرکت به سوی پایداری تنها با تکیه بر فرایندی پویا به جای فرایندی ایستا امکان پذیر است. از این رو باید مدل‌هایی طراحی شوند که به صورت پویا قابلیت محاسبه آسیب‌پذیری بافت را داشته باشند. از سوی دیگر، روش سنتی تبدیل داده‌ها به دانش، متکی به تجزیه و تحلیل و تفسیر دستی است. این تجزیه و تحلیل دستی مجموعه‌های داده بسیار کند، گران، موضوعی و ایستا است در حقیقت با رشد نمایی حجم داده‌ها، این نوع تجزیه و تحلیل‌ها در بسیاری از حوزه‌ها غیر عملی می‌گردد. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی با توانایی ذخیره، بازیابی و تحلیل داده‌های جغرافیایی تنها گزینه برای پاسخ‌گویی نیازهای امروز جوامع به اطلاعات می‌باشد.

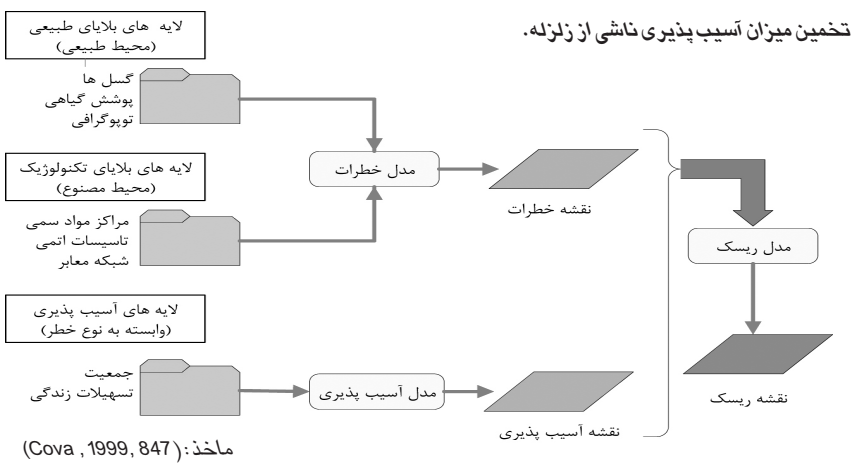
بهره‌گیری از فن‌آوری‌های نوین همچون GIS و داده‌های ماهواره‌ای که امروزه به طور گسترده‌ای در کشورهای پیشرفته فراگیر شده است و تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته (Fukuwa, Tobita and Ishida, 2004, Zipf and Leiner, 2004) که می‌تواند کمک فراوانی در پیش‌بینی مناطق آسیب پذیر و همچنین کمک رسانی به مصدومین و ساماندهی امور پس از واقعه بنماید.

منطقه مورد مطالعه بافت قدیم شهر زنجان بوده و منطبق بر هسته های تاریخی و مرکزی شهر نیز می باشد. وجود عناصرشهری تاریخی و با ارزش، ازمهم ترین عوامل هویت بخش تاریخی و فرهنگی منطقه می‌باشد. با این وجود مشکلات و محدودیت های کلانی چون، گسترش بی‌رویه محدوده قانونی شهر ناشی از طرح جامع ملاک عمل، کمبود در برخی سرانه های کاربری های خدماتی شهری متناسب با نیازهای جدید شهری همچون پارکینگ علی رغم استفاده شدید از فضاهای شهری، فقدان سلسله مراتب مناسب در شبکهٔ ارتباطی و عدم امکان نفوذ پذیری به داخل بافت ارگانیک، وجود کاربری های ناسازگار ، فقدان فضای سبز کافی و ناکارآمدی طرح‌های تیپ جامع و تفصیلی توسعه شهری، بدنه های فرسوده و کیفیت ضعیف ابنیه به جهت قدمت بناها و استفاده از مصالح نامناسب، نظام تفکیک مبتنی بر قطعات کوچک، عدم وجود تاسیسات و تجهیزات شهری مناسب، قرار گیری بسیاری از بافت‌های شهری در حریم آثار تاریخی و ضوابط نارسای ساخت و ساز در آن، بورس بازی شدید زمین با کاربری های مختلف در محدوده و یا حاشیه شهری و در نتیجه آن افزایش کاذب و شدید قیمت مسکن، کم رنگ شدن و از دست دادن نقش و عملکرد بازار قدیم شهری در مقابل توسعه حاشیه خیابان های اصلی همچون امام خمینی و سعدی و .... باعث شده این بافت های قدیمی و با ارزش جمعیت خود را به نفع مناطق حاشیه ای و شهرک های در حال آماده سازی شده چون کوی فرهنگ، شهرک قدس، ولیعصر، انصاریه شهرک کارمندان کوی قائم، آزادگان، زیبا شهر، امیر کبیر از دست بدهند. چرا که علی رغم افزایش شدید جمعیتی شهر زنجان، که از۲۱۵ هزار نفر در سال۶۴ به ۳۳۹ هزار نفر افزایش یافته است، جمعیت این منطقه تقریباً ثابت باقی مانده است. طرح تفصیلی شارمند در سال ۶۴ جمعیت این منطقه را ۳۷هزار نفر برآورد نموده است و پیشنهاد افزایش جمعیت تاسقف ۴۷هزار نفر را مطرح نموده است (شارمند ، ۱۳۶۷). حال آنکه در سال ۸۳ جمعیت منطقه کمتر ازسال ۶۴ بوده است این امر نشان دهنده مرکزگریزی ومهاجرت شهروندان قدیمی از این بافت های مسئله دار به علت غیر قابل زیست بودن آن می باشد. نتیجه این امر بی رونقی و متروک شدن بخش مرکزی و قدیمی این شهر و سیر نزولی آن می باشد. علاوه بر این مشکلات کالبدی چون وجود تنها ۷۰۰ واحد ساختمانی نوساز و غلبه واحدهای مخروبه، متروکه و تخریبی بر دیگر واحدها، مشکلات مدیریت بحران در هنگام وقوع حادثه، جلوگیری ازتوسعه کالبدی بی‌رویه شهر ناشی از تخلیه بافت های قدیمی، قدمت زیاد واحدهای ساختمانی (۴۰٪بالای ۳۰ سال عمر)، جلوگیری از گسترش افقی بی‌رویه (۸۰٪یک طبقه و کمتر) استفاده از مصالح کم دوام چون خشت و گل وچوب (در بیش از ۳۰٪ واحدها) جلوگیری از تفکیک بیش از حد اراضی (۴۰٪کمتر از ۱۰۰متر مربع)، لزوم شناسایی پهنه‌های ناپایدار شهری در مقابل آسیب‌های طبیعی (زلزله، سیل و ...) و مصنوع (آتش‌سوزی، گود برداری و ...) را دوچندان می سازد.

۳- مرور سابقه

آسیب پذیری شهری در مقابل حوادث طبیعی مانند زمین لرزه تابعی از رفتارهای انسانی می‌باشد که نشانگر درجه تاثیر پذیری یا قابلیت ایستادگی واحدهای اقتصادی اجتماعی و دارایی‌های فیزیکی شهری در مقابل خط طبیعی می‌باشد (Rashed and Weeks 2003, 547). در طول دو دهه گذشته چندین مدل برای محاسبه میزان آسیب‌پذیری بافت برای جهت دادن به تصمیمات جوامع به منظور کاهش اثرات ناشی از بلایای طبیعی، ارایه شده است (Burton, Kates and White 1999 .1989, Cutter, Mitchell and Scott 2000, Mitchell, Devine and Jagger Menoni and Pergalani 1996, Cova 1999, Rashed and Weeks 2003, (Antonioni, Spadoni and Cozzani 2007).

برای مثال Cova در سال ۱۹۹۹ برای تهیه یک نقشه آسیب‌پذیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS استفاده می‌کند او در مدل خود از اطلاعاتی نظیر: توپوگرافی و محل گسل‌های منطقه، محل تاسیسات زیربنایی حساس مانند نیروگاه‌های هسته‌ای و شبکه معابر و در نهایت از پراکنش جمعیت برای مدل سازی آسیب پذیری استفاده می‌کند. نمودار الگوریتم مدل‌سازی او به صورت زیر می‌باشد (Cova ,1999, 845-858).

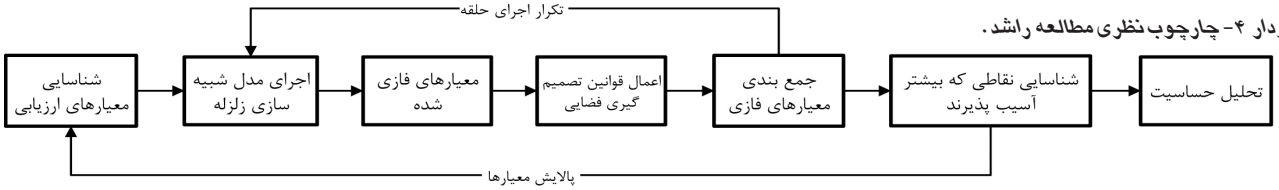


نمودار ۳- مدل کوا برای تخمین میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله.

ماخذ: (Cova , 1999, 847)

راشد در سال ۲۰۰۳ از GIS در مدل‌سازی میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله کمک می‌گیرد. او رویکردی فازی نسبت به جهان پیرامون دارد و با این نگاه مدلی را براساس تحلیل سلسله مراتبی (Analytical hierarchically process) برای پیش بینی میزان خطر تولید می‌کند. عواملی که وی در مدل خود به عنوان معیار به می‌برد شامل: حداقل عملکرد پل‌ها، سرویس‌های فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، خطوط انتقال نیرو، بزرگراه‌ها، و نیز حداکثر هزینه بازسازی ساختمان‌ها، نیاز به سرپناه، حجم آوار و درصد مناطق از بین رفته بر اثر آتش سوزی می‌باشد. نموداری که او برای این فرایند ترسیم می‌کند به صورت زیر است:

نمودار ۴- چارچوب نظری مطالعه راشد.

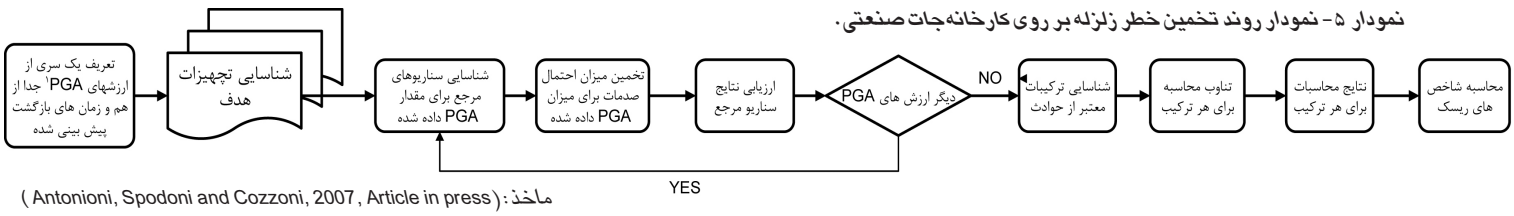


ماخذ: (Rashed and Weeks, 2003, 549)

پروسه‌ای که راشد برای تحلیل آسیب‌پذیری استفاده می‌کند از هفت مرحله تشکیل می‌شود. اولین مرحله انتخاب معیارهای ارزیابی و شاخص‌هایی است که حدود تحلیل را مشخص می‌کنند. در مرحله دوم از طریق محاسبات آماری حرکت‌های احتمالی زمین بر اثر زلزله محاسبه می‌شود. بر این اساس شدت آسیب‌های ناشی از یک زلزله فرضی قابل محاسبه خواهد بود. در مرحله سوم، میزان آسیب‌های احتمالی از سناریوی اجرا شده فازی سازی می‌شوند. در مرحله چهارم معیارهای فازی‌سازی سازی شده دو به دو با استفاده از تکنیک AHP به منظور تولید یک سری از وزن‌های فازی، مقایسه و رده بندی می‌شوند. در مرحله پنجم معیارها با هم ادغام می‌گردند و یک آرایه تک بعدی از قوانین بناشده بر روی یک مجموعه از متدهای وزن‌دار فازی شده، را ایجاد می‌کنند.این قوانین سپس برای اندازه گیری درجه عضویت هریک از مجموعه‌های فازی که معرف میزان صدمه وارد شده (ریسک کم، ریسک متوسط و ریسک زیاد) می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. مراحل ۳ تا ۵ برای تمامی سناریوها تکرار می‌شود و در مرحله ششم لایه‌های فازی دارای ریسک زیاد که از اجرای سناریوها بدست آمده است برای مکان‌یابی نقاط مهم آسیب پذیر استفاده می‌شود. در مرحله نهایی تحلیل حساسیت تاثیرات پارمترهای شبیه‌سازی در خروجی نهایی را تعیین می‌کند. (Rashed and Weeks,2003, 547-576)

مقاله آنتونیونی و همکاران جزو جدیدترین پژوهش‌ها در زمینه بررسی خطر ناشی از زلزله در جهان است. در این تحقیق یک روند از برای بررسی تاثیرات زلزله بر تاسیسات صنعتی ارایه می‌کند نکته شروع در این پژوهش استفاده از اطلاعات زمین لرزه‌های پیشین برای تخمین روند زلزله‌های آتی می‌باشد. در این مقاله با بررسی تجهیزات موجود و نیز نقشه آسیب پذیری میزان صدمات ناشی از زلزله بر روی تجهیزات پیش‌بینی شده است. الگوریتم ارایه شده ایشان برای این تحقیق به صورت زیر می‌باشد (Antonioni, Spadoni and Cozzani, 2007, Article in press).

نمودار ۵- نمودار روند تخمین خطر زلزله بر روی کارخانه‌جات صنعتی.



ماخذ: (Antonioni, Spodoni and Cozzoni, 2007, Article in press)

همان طور که در نمودار نیز مشخص است، در مرحله اول حداکثر شتاب افقی زمین (PGA) ناشی از زلزله‌های مهم مشخص می‌شوند، در مرحله دوم تجهیزات حساسی که ممکن است در اثر زلزله صدمه ببینند و باعث خرابی‌های مهمی شوند شناسایی می‌شوند. در مرحله سوم باید برای هرکدام از این تجهیزات سناریو مربوط به آن نوشته شود. در مرحله چهارم تا هفتم هرکدام از سناریوهای مرجع باید باهم به منظور ایجاد یک سناریو کلی ادغام شوند، زیرا ممکن است بیش از یک واحد از تجهیزات در اثر یک زلزله صدمه ببینند.

همچنین نتایج سناریوها نیز باید ادغام شوند تا نتیجه سناریو کلی نیز مشخص شود و در نهایت رویه کلی که از ترکیب رویه‌های دیگر بدست آمده است می‌تواند ریسک ناشی از زلزله را مشخص کند.

٤- محاسبه میزان احتمال آسیب پذیری ناشی از زلزله

بلایای طبیعی سالیانه جان هزاران نفر را در سراسر جهان می‌گیرند. نقشه نواحی پرخطر زلزله، نقشه‌ای است که نقاطی که در اثر این بلای طبیعی، بیشتر صدمه می‌بینند را نشان می‌دهد. وقتی ما از احتمالات برای نشان دادن میزان خطر استفاده می‌کنیم، نقشه حاصل از آن، نقشه میزان احتمال خطر نامیده می‌شود. برای تولید این نوع نقشه باید پراکنش احتمال P(x) را تخمین بزنیم، در این حالت x فاکتورهای آسیب پذیری در برابر زلزله می‌باشد. بلایای طبیعی سیستم‌های پیچیده‌ای هستند که فاکتورهای زیادی در آن دخالت دارند. اطلاعات در دسترس برای تخمین P(x) معمولاً یا ناقصند و یا دخالت دادن همه آنها حتی در صورت وجود در یک مدل غیر ممکن به‌نظر می‌رسد. از این رو تخمین P(x) به صورت کاملاً دقیق غیر ممکن به نظر می‌رسد و هیچ کس نمی‌تواند تضمین کند که P(x) را با درصد خطای مشخص به صورت دقیق تخمین زده است. در این حالت، توابع احتمال فازی برای نشان دادن احتمال خطر به صورت فازی یکی از مهم‌ترین و مناسب‌ترین راهکار خواهد بود. منطق فازی برای اولین بار توسط پروفسور لطفی زاده استاد دانشگاه برکلی مطرح شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند صورت ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان را فراهم آورد.

در اینجا ذکر این نکته اهمیت دارد که تخمین پتانسیل آسیب‌پذیری توسط ابهامات و عدم قطعیت‌ها احاطه شده زیرا که معیارهای محاسبه میزان آسیب‌پذیری با دقت و صراحت برای محاسبه رفتار نمی‌کنند و دلیل استفاده از مدل فازی این است که یک "مجموعه فازی برخلاف یک مجموعه بولین به فاکتورهای آسیب‌پذیری اجازه عضویت به صورت یک طیف پیوسته را می‌دهد" (L. A. Zadeh ,1975, 200). در این پژوهش نقشه میزان احتمال خطر، طی سه مرحله تولید شده است. در مرحله اول نقشه‌های اصلی که در تخریب ناشی از زلزله موثر هستند از نظر اهمیت درجه بندی و امتیاز دهی می‌شوند، در مرحله دوم این نقشه‌ها با استفاده از توابع فازی به نقشه‌های فازی تبدیل می‌گردند، در مرحله سوم با توجه به امتیازات هر نقشه نقشه‌های فازی بر اساس مدل IHWP (حبیبی، ۱۳۸۵) با هم ادغام می‌گردند .

٤-١- مرحله اول: تعیین عوامل موثر در تخریب ساختمان بر اثر زلزله

با توجه به اطلاعات موجود عوامل موثر بر تخریب ساختمان که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند به شرح زیر می‌باشند:

۱- **قدمت ساختمان** نقش مهمی در میزان آسیب پذیری آنها دارد ، عملاً حتی اگر یک ساختمان تمامی موازین مقاوم سازی را در ساختمان خود به کاربرده باشد ساختمان هایی که قدمت بیشتری دارند از خطر تخریب بیشتری برخوردارند.

۲- **اسکلت ساختمان** بیشترین تاثیر را در چگونگی پایداری ساختمان در برابر زلزله دارد، به همین خاطر بیشتر عملیات مقاوم سازی ساختمان ها بر روی اسکلت ساختمان یا در ارتباط مستقیم با آن انجام می شود.

۳- **کیفیت بنا** تاثیر بسیار مهمی بر میزان آسیب پذیری ساختمان دارد، در مقایسه ساختمان‌های مشابه، ساختمانی که از کیفیت ساخت پایین‌تری برخوردار است از احتمال تخریب بیشتری در مقایسه با دیگر ساختمان‌ها برخوردار می‌باشد.

۴- **مساحت قطعات تفکیکی** فاکتور مهمی در احتمال بروز خطر ناشی از زلزله می‌باشد. هرچه سطح این قطعات بیشتر باشد آوار ناشی از تخریب ساختمان کمتر به ساختمان‌ها و معابر مجاور صدمه وارد می‌کند.

۵- **ترکیب توده و فضا یا رابطه پر و خالی** در بافت بسیار مهم است. با کم شدن فضای بین ساختمان ها و بیشتر شدن پیوستگی بافت ها، آسیب‌پذیری افزایش می یابد. اولاً هر ساختمان نیرویی به ساختمان مجاور وارد می‌کند وموجب آسیب رسانی به ساختمان های اطراف می شود. ثانیاً این فضا به منظور گریز و پناه و اسکان مورد استفاده قرار می گیرند. در نتیجه نسبت قرار گیری ساختمان در داخل زمین و درصد اشغال بنا اهمیت دارد.

۶- **تعداد طبقات** اگر با اصول ایمنی نباشد قطعاً آسیب را بالا خواهد برد. حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب انجام گیرد، به هنگام تخلیه، جستجو و نجات با سختی همراه است، لذا افزایش تعداد طبقات یک عامل منفی محسوب می شود و آسیب پذیری را بالا می برد. در شهری مثل بم که احتمال خطر در آن وجود دارد از بلند مرتبه سازی باید پرهیز شود؛ چراکه به طور کلی توسعه در ارتفاع از توسعه در سطح پرخطرتر است.

۷- **درجهٔ محصوریت معابر** پارامتر بسیار مهمی است؛ با بالا رفتن درجهٔ محصوریت و ریختن آوار در خیابان، تعداد انسداد بیشتر خواهد شد و در نتیجه در سرعت و نحوهٔ گریز و پناه امدادرسانی به هنگام بحران تاثیر گذار خواهد بود.

۸- **عرض معابر** نیز به هنگام گریز، پناه، تخلیه و امدادرسانی بسیار نقش مهمی دارد. چرا که حجم بیشتری از بازماندگان یا گروه های امداد گری می توانند منتقل شوند. هرچه عرض بیشتر باشد امکان ایجاد ترافیک عبوری کمتر خواهد شد.

۹- **فاصله سکونتگاه ها از فضاهای بی کالبد** اهمیت دارد، فضاهای بی کالبد در زمانی که احتمال وقوع زلزله وجود دارد می توانند به عنوان فضای پناه گیری استفاده شوند، بعد از وقوع زلزله نیز برای دایر کردن مراکز امدادی و درمانی و یا برای فرود اضطراری بالگرد مورد استفاده قرار می گیرند. این فضا ها باید در مکان های کم خطر زلزله واقع شوند، نداشتن پوشش گیاهی قابلیت استفاده در مواقع امداد رسانی، مخصوصاً برپایی اسکان اضطراری را بالا می برد. نزدیکی این مکان به مراکز درمانی از جهت انتقال سریع تر کمک های فوری بسیار مطلوب خواهد بود.

۱۰- **فاصله کم مراکز درمانی تا محل سکونتگاه ها**، موجب سرعت بخشیدن به امدادرسانی می شود و هرچه این فاصله بیشتر باشد، زمان بیشتری بین مبدأ و مرکز درمانی طی می شود در نتیجه درمان به مخاطره می افتد.

۱۱- **دسترسی به مراکز آتش نشانی** به عنوان یک عامل بسیار مهم در امدادرسانی تلقی می شود و افزایش فاصله سکونتگاه با مراکز آتش نشانی، سرعت امداد را کاهش می‌دهد و دامنه خطر را افزایش می دهد.

پس از شناسایی لایه‌های مورد بررسی بر اساس میزان اهمیت هر عامل در آسیب پذیری یک مکان بر اثر زلزله لایه‌ها بر اساس شاخص آنتروپی (نظرات کارشناسی) رتبه بندی می‌شوند. سپس معکوس رتبه هر لایه به عنوان وزن آن لایه در مدل IHWP در نظر گرفته می‌شود. عامل حداکثر شتاب افقی زمین نیز می‌توانست جزو عوامل موثر در تخریب ناشی از زلزله به شمار آید که متاسفانه نقشه آن برای شهر زنجان تهیه نشده است.

جدول ۱- عوامل موثر در میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله و وزن آنها.

رتبه	عامل موثر در میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله	امتیاز	رتبه	عامل موثر در میزان آسیب پذیری ناشی از زلزله	امتیاز
۱	اسلکت ساختمان	۱۱	۷	تعداد طبقات	۵
۲	نسبت ارتفاع به عرض معبر مجاور	۱۰	۸	عرض معبر روبرو	۴
۳	کیفیت بنا	۹	۹	فاصله از مراکز آتش نشانی	۳
۴	مساحت	۸	۱۰	فاصله از مراکز درمانی	۲
۵	سطح اشغال	۷	۱۱	فاصله از زمین های خالی	۱
۶	قدمت	۶			

(ماخذ: نگارندگان)

٤-۲- مرحله دوم: فازی سازی عوامل موثر در میزان خطر ناشی از زلزله

بنا بر نوع داده ورودی فازی سازی اطلاعات به چند طریق صورت می‌گیرد:

۱- **داده‌های اسمی:** در این نوع داده‌ها از اعداد و علایم صرفاً برای طبقه بندی استفاده می‌شود، مانند کیفیت بنا، اسکلت بنا که تنها ساختمان را توصیف می‌کنند، برای فازی سازی این نوع داده‌ها باید آنها را ابتدا با نظر کارشناس به مقیاس فاصله‌ای تبدیل و سپس نسبت به فازی سازی آنها اقدام نمود.

۲- **داده‌های ترتیبی:** این نوع داده‌ها علاوه بر طبقه بندی داده ورودی ترتیب اولویت آن را نیز آشکار می‌کند، مانند قدمت بنا، در این حالت نیز با نظر کارشناس داده‌ها به مقیاس فاصله‌ای تبدیل و سپس نسبت به فازی سازی آن اقدام نمود.

۳- **داده‌های فاصله‌ای:** این نوع داده‌ها مقیاسی قوی‌تر از داده‌های ترتیبی دارند و می‌توان با آن فواصل را مشخص نمود، البته در عواملی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند داده‌ای با این مقیاس وجود ندارد ولی داده‌های با مقیاس اسمی و ترتیبی باید به مقیاس فاصله‌ای تبدیل شوند تا برای توابع فازی قابل استفاده باشند.

۴- **داده‌های نسبی یا نسبتی:** که در قوی‌ترین شکل خود قرار دارد و صفر آن واقعی است اما این نوع از داده‌ها خود به دونوع گسسته و پیوسته تقسیم می‌شوند:

- **نوع گسسته مانند:** نسبت ارتفاع به عرض معبر مجاور، تعداد طبقات، عرض معبر روبرو، که در نتیجه گسسته بودن داده‌های ورودی نتیجه خروجی توابع فازی نیز گسسته خواهد بود
- **نوع پیوسته مانند:** مساحت، سطح اشغال، فاصله از مراکز آتش نشانی، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از زمین های خالی. که در نتیجه پیوسته بودن داده‌های ورودی نتیجه خروجی توابع فازی نیز پیوسته خواهد بود.

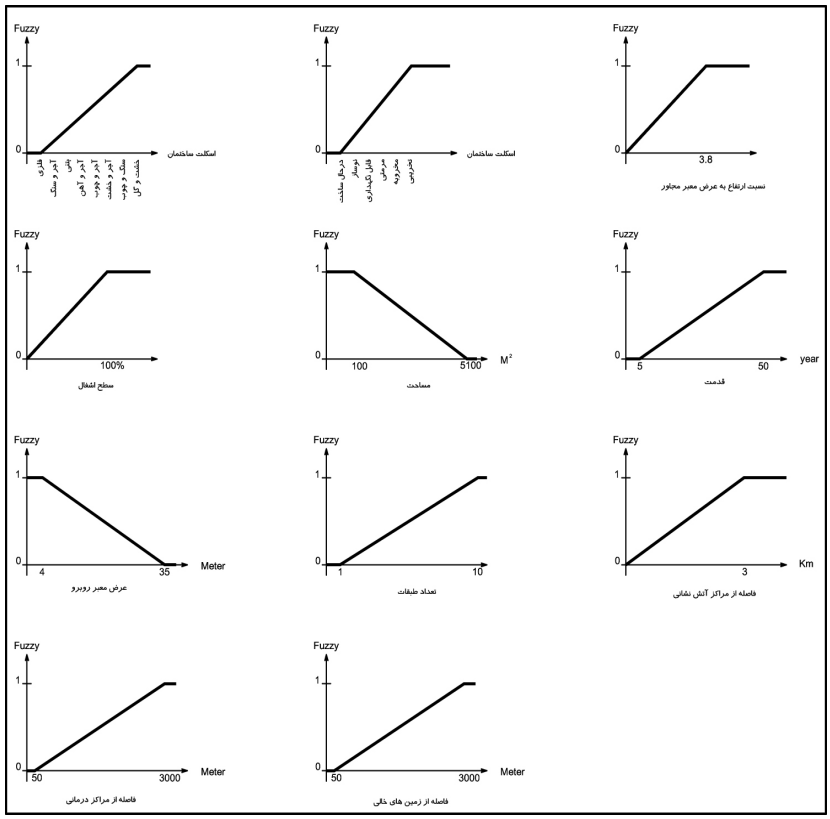
۴-۲-۱- تابع فازی مورد استفاده

تابع فازی مورد استفاده در این پژوهش تابعی خطی است که داده‌ها را به صورت خطی و با شیب یکسان از حالت کلاسیک به حالت فازی تبدیل می‌کند.

$$f(x)=\begin{cases}0 & x<a\\ \dfrac{x-x_{\min}}{\Delta x} & a<x<b\\ 1 & b<x\end{cases}$$

که در این فرمول: f(x): تابع فازی، x: عامل آسیب پذیری، a و b حداقل و حداکثر میزان قابل قبول برای عامل آسیب پذیری، △x: اختلاف x_{min} و x_{max} می‌باشد. شکل زیر مقادیر لایه‌های مورد استفاده در این تحقیق را که با استفاده از تابع بالا فازی سازی شده‌اند را نشان می‌دهد.

تصویر ۱- نمودار توابع عضویت فازی برای لایه‌های مورد استفاده در محاسبه آسیب پذیری.



(ماخذ: نگارندگان)

٤-۳- مرحله سوم: تلفیق لایه‌ها در مدل IHWP و تعیین نقشه آسیب‌پذیری بافت کهن

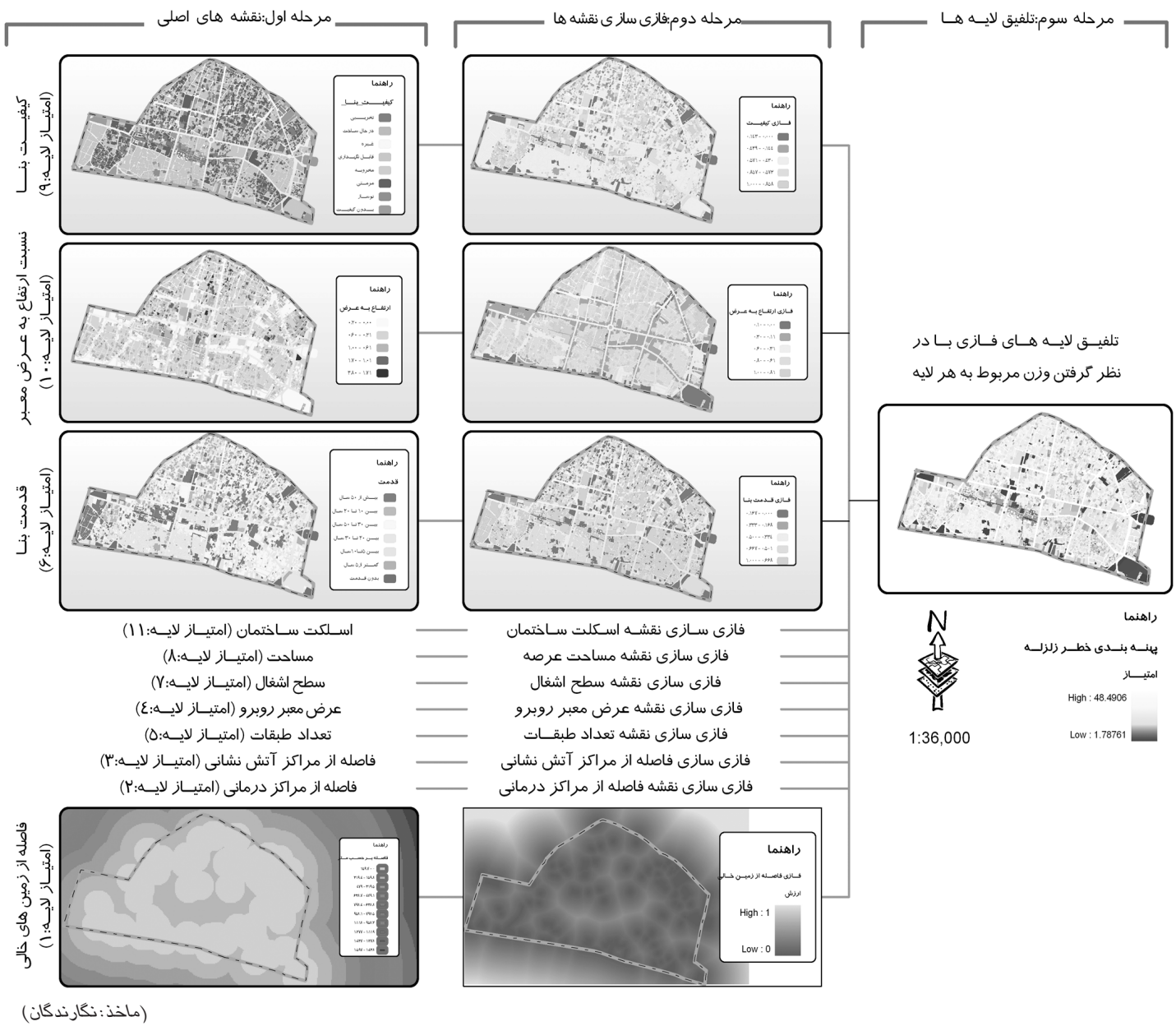
مدل IHPW منطقی برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف براساس معکوس رتبه آنها است. در این روش لایه‌ها طبق امتیازاتی که در مرحله اول براساس معکوس درجه اهمیت هریک به آنها نسب داده شده بود با یکدیگر تلفیق می‌شوند(حبیبی، ۱۳۸۵).

$$P(V)=\sum_{i=1}^{n} W_1\left(f(x_i)\right)$$

که در این فرمول: P(V): امتیاز آسیب پذیری، : تعداد لایه‌های مورد استفاده در مدل IHWP، W_1: معکوس رتبه لایه i که به عنوان وزن آن لایه در نظر گرفته شده بود و $F(X_1)$: مقادیر فازی لایه i می‌باشد.

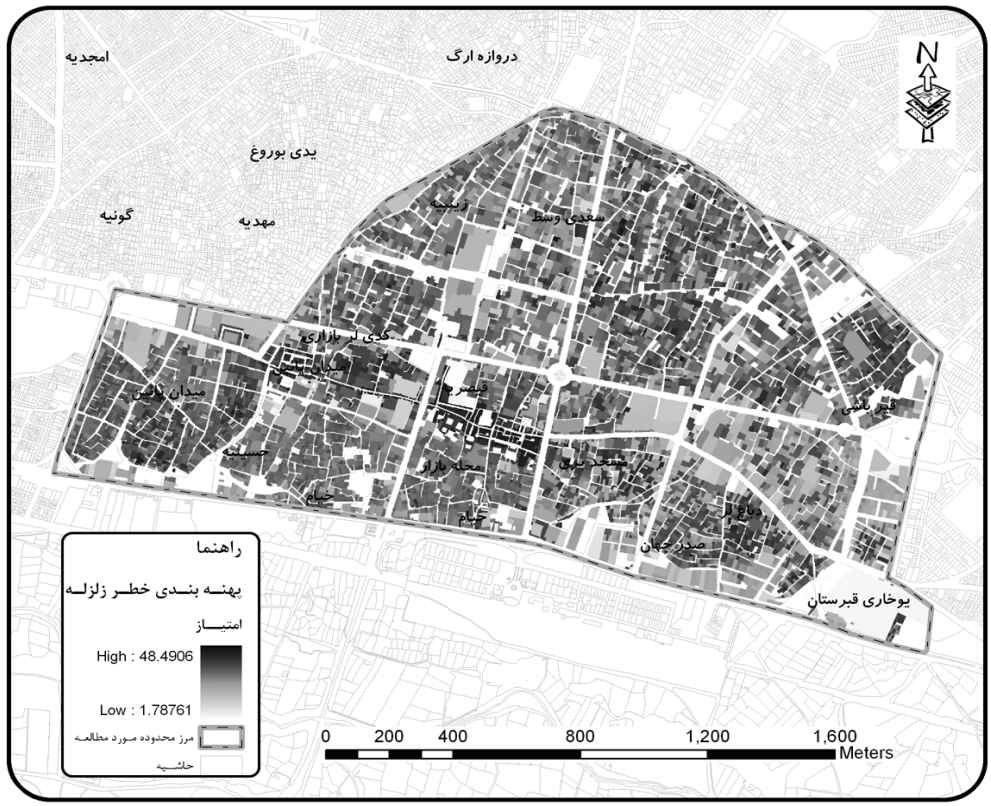
طبق این فرمول حداکثر امتیاز آسیب‌پذیری یک مکان در بدترین شرایط از نظر تمامی عوامل امتیاز ۶۶ یعنی مجموع تمامی امتیازات و حداقل امتیاز یک مکان در بهترین شرایط امتیاز صفر می‌تواند باشد. اما جمع شدن تمامی شرایط در یک محل احتمال کمی دارد و این امر به خوبی در نتیجه مدل مشهود است به این صورت که حداکثر امتیاز کسب شده عدد ۴۸/۴۹ و کمترین امتیاز با به عبارت دیگر ایمن ترین مکان امتیاز ۱/۷۶ را کسب کرده است. نمودار زیر مراحل سه گانه ایجاد نقشه آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد.

تصویر ۲- مراحل مدل سازی تعیین عوامل سازه‌ای /ساختمانی موثر بر آسیب پذیری ناشی از زلزله.



(ماخذ: نگارندگان)

تصویر ۳- تعیین میزان خطر پذیری سازه ای / ساختمانی ناشی از زلزله.



(ماخذ: نگارندگان)

نتیجه گیری

"این زلزله نیست که انسان‌ها را می‌کشد بلکه ساختمان‌ها هستند" (چارلز ریشتر، مبدع مقیاس ریشتر برای اندازه گیری قدرت زلزله)، بریسنو سالوانو دبیر مرکز استراتژی بین المللی برای کاهش بلایای طبیعی در مجله نشنال جئوگرافیک با بررسی زلزله بم، عامل اصلی تلفات را آوار ناشی از تخریب ساختمان‌ها می‌داند و مقاوم سازی ساختمان‌ها را به عنوان درس اصلی گرفته شده از این زلزله معرفی می‌کند (Salvano, 2004, 87). بنابراین قدم اول در این راه شناخت مناطق آسیب پذیر از طریق تولید نقشه آسیب پذیری می‌باشد.

در این مقاله تلاش گردید مدلی بر اساس تحلیل فضایی برای بررسی میزان آسیب پذیری در اثر زلزله با استفاده از توابع تحلیل فضایی GIS ارایه شود که بتواند معیاری برای میزان خطر پذیری ناشی زلزله در بافت شهر زنجان باشد. استفاده از مدل فازی به دو دلیل است الف: نگاه فازی به مسئله آسیب پذیری می‌تواند پاسخی به عدم قطعیت‌ها و ابهامات موجود در عوامل و مسایل مربوط به آسیب پذیری باشد، استفاده از این منطق درنزدیک سازی تئوری و واقعیت موثر است و ب : اینکه، نقشه‌ای از نقاط آسیب پذیر تولید کنیم تا قابلیت تطبیق‌پذیری با تغییرات را داشته باشد تا به عنوان مبنای تصمیم سازی برای برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان باشد.

نتایج به کار گیری این مدل روی بافت کهن شهر زنجان نشان می‌دهد که محلات رازبین آباد، اطراف کدی لر بازار، میدان پایین، قیصریه، دباغ لر، مسجد یری، قیر باشی، دلجویی، از آسیب پذیرترین بافت‌های شهری و در عین حال متراکم ترین فضای شهری(در مجموع بیش از ۲۰ هزار نفر) محسوب می گردند. عوامل و مخرج مشترک های موثر بر این محلات را می‌توان در : عدم نوسازی واحدهای ساختمانی، بافت ارگانیک و شبکه گذر گاهی تو در تو، فقر اقتصادی ساکنین، طرح های تیپ توسعه شهری (جامع وتفصیلی)، ضوابط ساخت وساز، قرارگیری در حریم آثار تاریخی، ریزدانگی بافت، ساخت وسازهای غیر مجاز، عدم توجه به آئین نامه ۲۸۰۰، عدم نظارت کافی برساخت و ساز و ... جستجو نمود. به عنوان مثال در محله رازبین آباد پهنه پرخطر مشخص شده در نقشه پهنه بندی از مشکلات زیر رنج می برد.

۱ -این محدوده در طرح تفصیلی شارمند به عنوان مرکز خدماتی ناحیه دیده شده است اما در حال حاضر کاملاً مسکونی است. تملک، تخریب و تغییر کاربری با گذشت ۲۰ سال از طرح تفصیلی انجام نشده وامکان نوسازی بافت نیز وجود ندارد نتیجه امر فرسودگی بیش از حد فضای شهری و بالا رفتن درجه آسیب پذیری آن با بحران های طبیعی (زلزله و...) ومصنوع (نابهنجاری های اجتماعی) می باشد.

۲ - افراد ساکن در محله، مهاجران روستایی دهه ۴۰ بوده اند که به علت خشکی قنات روستای رازبین در جنوب غربی شهر زنجان، به صورت دسته جمعی مهاجرت نموده و در اطراف حصار قدیم شهر، مکان گزینی کرده اند. ساخت وسازهای سنتی و بی ضابطه، استفاده از مصالح ناپایدار چون چوب و خشت...، شبکه گذرگاهی کم عرض و ارگانیک، استفاده بیش از حد از فضا(عدم تناسب عرصه واعیان)،کمبود شدید خدمات وتجهیزات شهری، فقر اقتصادی افراد عوامل تشدید کننده آسیب های کالبدی و جمعیتی این بخش از شهر می باشد.

راهکارهای مختلف کاهش آسیب پذیری این محلات شامل: کاهش تراکم جمعیتی بافت های موجود،کاهش تراکم ساختمانی (کاهش

نسبت سطح ساخته شده به سطح فضای باز)، ایجاد سلسله مراتب فضاهای باز از سطح شهر تا واحد همسایگی، ایجاد سلسله مراتب معابر شهری، رعایت حریم نواحی خطرناک و جلوگیری از گسترش شهر به نواحی فوق، رعایت هم جواری کاربری ها و انتقال کاربری های ناسازگار، تخریب و بهسازی کاربری های فرسوده و قدیمی، توزیع فضایی کاربری‌ها جهت کاهش مقدار سفر و تمرکزگرایی بیش از حد، جلوگیری از ساخت و ساز های غیر مجاز، قانونمند ساختن ساخت وسازها ورعایت آیین نامه ۲۸۰۰، افزایش امکانات به منظور مقابله با زلزله، بهینه سازی مسیرانتقال گاز، برق و تلفن، رعایت اصول ایمنی در مکانیابی و احداث کاربری های اصلی، تشویق سرمایه گذاری در ایجاد واحدهای اقتصادی به منظور بهبود وضع اقتصادی، می باشد.

سیاست های اجرایی نیز شامل: مشخص کردن مناطق آسیب پذیر، تهیه قوانین مناسب به منظور کنترل ساخت وساز در سطح اینگونه مناطق، تدوین ضوابط ساخت و ساز در حریم، اصلاح ضوابط کاربری زمین در جهت تامین منافع عمومی شهروندان، اختصاص زمین های بایر و اراضی نظامی به کاربری های متناسب، تدوین ضوابط تراکم با توجه به ویژگی های هر منطقه، تعیین ضوابط و یا محدود کردن تعداد طبقات، تهیه و اجرای طرح های بهسازی و مرمت برای بافت های ارگانیک و آسیب پذیر، تعریض معابر شهری در جهت دستیابی به حداقل های لازم در عملیات امداد، مقاوم سازی مراکز حیاتی در سطح نواحی، گسترش فضاهای باز و سبز به ویژه در پهنه های آسیب پذیر، محدود نمودن تقاضای مجوز ساخت در قطعات کوچک، مقاوم سازی و بهسازی فضاهای اقتصادی، تدوین ضوابط و مقررات مکانیابی و احداث فعالیت های خطر زا، رعایت حریم کاربری‌های با خطر ثانویه می باشد.

فهرست منابع:

اردلان، علی رضا، فروتن،احسان و آقامحمدی، حسین (۱۳۸۵)، مدل سازی مکانی برای کاهش خسارت های بحران زلزله، اولین همایش مقابله با سوانح طبیعی، پردیس فنی دانشگاه تهران، ۲۹-۳۶.

حبیبی، کیومرث (۱۳۸۵)، توسعه کالبدی، حفاظت، بهسازی و نوسازی بافتهای کهن شهری با استفاده از GIS، رساله دکتری در دست انتشار، دانشگاه تهران، تهران.

رنجبر، محسن، اشراقی، مهدی و ایرانمنش، فاضی (۱۳۸۵)، تهیه الگوی پایگاه اطلاعات مکانی به منظور مکان یابی محل های استقرار موقت جمعیت های آسیب دیده ناشی از زلزله، اولین همایش مقابله با سوانح طبیعی، پردیس فنی دانشگاه تهران، ۸۶- ۸۸، تهران.

مهندسین مشاور شارمند(۱۳۶۷)، طرح جامع شهر زنجان، وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.

وزارت کشور (۱۳۸۳)، گزارش دبیرخانه ستاد هماهنگی امور ایمنی و آتش نشانی کشور نقل شده در مقدمه کتاب مدیریت بحران در نواحی شهری، چاپ سوم، سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، تهران.

Antonioni, Giacomo; Gigliola, Spadoni and Valerio Cozzani(2007) ,A methodology for the quantitative risk assessment of major accidents triggered by seismic events, *Journal of Hazardous Materials*, Article in press.

Berkeley/Zadeh(2007), *http://www.cs.berkeley.edu* (accessed July 2, 2007)

Burton, I; Kates , R. W and White, G. F (1999) , *the environment as hazard,* Oxford university press, NewYork.

Cova, T. J, (2005), GIS in emergency management, Geographic Information Systems: *Principle Techniques*, 845-858.

Cutter, S; Mitchell , J and Scott , M (2000), Revealing the vulnerability and places: A case study of Georgetown County, South Carolina, *Annals of the Association of American Geographers 90*: 713-737.

Fukuwa , N ; H , Tobita and Ishida, E (2004), Effective application of geographic information system in the field of earthquake engineering and disaster prevention, *12th world conference on earthquake engineering*. Auckland, USA.

Kartalopoulos, Stamatios (1996), *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications*. Institute of Electrical.

Kosko, B (1994), *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. Hyperion ,USA.

Kreimer, A; Arnold,A and Carlin ,A (2003), Building safer cities, The future of disaster risk, *Disaster risk management series*, Vol. 3, The Worldbank.

Menoni, S and F, Pergalani (1996) ,An attempt to link risk assessment with land use planning: a recent experience in Italy." *Disaster Prevention and Management 5* , 6-21.

Mileti, Dennis (1999), *Disasters by Design: a reassessment of natural hazards in the United States*, Joseph Henry Press.

Mitchell, J; Devine ,N and Jagger, K (1989),A contextual model of natural hazards, *Geographical Review 79*,391-409.

National report of the islamic republic of iran on disaster reduction (2005), *World Conference on Disaster Reduction*, Kobe, Hyogo, Japan.

Rashed, K and Weeks, J (2003),Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas, *International Journal of Geographic Information Science Vol. 17*, no. 6: 547-576.

Salvano,B (2004) ,*What We Learn From Deadly Quakes*, National Geographic, September.

UN/ISDR (2005), *Word Conference on Disaster Reduction. 18- 22 January*, Kobe, Hyogo, Japan.

UNDP(2004). *Reducting disaster risk,* A challenge for development. A global report, New York, NY 10017, USA: Bureau for Crisis Prevention and Recovery.

UNEP (2006), *http:\\gridca.grid.unep.ch/undp/cntry-profile-php*, (accessed July 10, 2007).

UNISDR (2005), *http:\\unidsdr.org*, (accessed July 10, 2007).

USAID (2001) , *Making cities work: USAID's urban strategy,* an Initiative launched by the Administrator and prepared by the Urbanization task force.

Van Westen, C(2006) ,*Geoinformation Science and Earth Observation for municipal risk management; The SLARIM project*, International Instititute for Geoinformation Science and Earth Observation, ITC, P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands.

Wikipedia/Fuzzy_logic (2007), *http://en.wikipedia.org ,* (accessed July 2, 2007)

Zadeh, L (1965),Fuzzy sets, *Information and Control vol. 8*: 338-353.

Zadeh, L (1975) ,The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning, *Information Sciences 8*: 199-249.

Zipf, A and Leiner, R (2004) ,A mobile GIS based flood warning and information system, *12th symposium on location based services and telecartography*, Vienna, Austria.