

نشریه مطالعات نواحی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان
سال چهارم، شماره ۱، پیاپی ۱۰، بهار و تابستان ۱۳۹۶

تحلیلی بر روند گسترش کالبدی- فضایی کلانشهر مشهد و افزایش آسیب پذیری در برابر زلزله^۱

دکتر امین فرجی ملایی

استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران (پردیس فارابی)، قم، ایران

مهدی پیلهور^۲

کارشناس ارشد برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، دانشگاه تهران (پردیس فارابی)، قم، ایران

جواد امیری شاپنده

کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

مهران حاجیلو

کارشناس ارشد مدیریت امور شهری، دانشگاه تهران (پردیس فارابی)، قم، ایران

چکیده

زمین‌لرزه یکی از پدیده‌های طبیعی کره زمین است که در صورت رویداد در مناطق پرجمعیت خسارات جانی و مالی را به بار خواهد آورد. کلانشهر مشهد به عنوان دومین کلانشهر ایران دارای گسترش فیزیکی در ابعاد مختلف و به صورت پراکنده است. در این پژوهش تأثیر توسعه فضایی شهر مشهد در افزایش آسیب‌پذیری زلزله بررسی شده است. روش تحقیق در مقاله حاضر تحلیلی- توصیفی بوده و با بهره‌گیری از مدل‌های آنتروپی شانون و هلدرن به تحلیل چگونگی گسترش کالبدی- فضایی این شهر پرداخته شده است. اهداف این تحقیق شامل مشخص کردن وضعیت گسترش فیزیکی شهر مشهد در سال‌های اخیر، تبیین رابطه افزایش جمعیت شهری و رشد کلانشهر مشهد و بررسی وضعیت گسترش فیزیکی شهر مشهد در ارتباط با آسیب‌پذیری ناشی از زلزله است. نتایج حاصل از مدل آنتروپی شانون، نشان می‌دهد که الگوی گسترش شهر افقی و پراکنده بوده و بنا بر مدل هلدرن، در گسترش فیزیکی شهر مشهد، ۸۲ درصد ناشی از رشد جمعیت بوده و ۱۸ درصد رشد شهر مربوط به رشد افقی شهر است. این رشد ناهم‌بند و غیراصولی شهر مشهد به ویژه در چند دهه اخیر و ساخت‌وساز در حریم گسل‌ها نشان می‌دهد که در صورت وقوع زلزله‌ای در مشهد، تلفات و صدمات جبران‌ناپذیری به این شهر وارد خواهد شد؛ بنابراین، مهم‌ترین عامل افزایش آسیب‌پذیری زمین‌لرزه‌ای شهر مشهد را می‌توان، گسترش افقی و بدون برنامه شهر دانست.

واژه‌های کلیدی: زلزله، آنتروپی، رشد و گسترش شهری، مدل شانون و هلدرن، مشهد.

^۱ - صفحات: ۸۹-۱۱۰

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱/۱۵

پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۳/۳۱

DOI: 10.22103/juas.2017.1022

mehdi.pilevar@hotmail.com

^۲ - نشانی پست الکترونیک نویسنده مسئول:

مقدمه

نحوه مکانی، رشد و گسترش شهر از جمله مباحث مهمی است که امروزه در مطالعات شهری بررسی می‌شود. این موضوع یکی از ابعاد توسعه شهری است که به عنوان فرایندی زمانی- مکانی و جمعیتی شناخته شده و به افزایش اهمیت شهرها به عنوان نقاط تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی اشاره دارد (بهتا، ۲۰۰۹: ۹۷). شکل پراکنده شهری یا گسترش افقی و ساخت‌وسازهای جدید در شهر، باعث گسترش شهر در پهنه‌های پرخطر زمین‌لغزه و مستعد زلزله شده است. این در حالی است که در طول قرن بیستم حدود ۱۱۰۰ زلزله مرگبار در ۷۵ کشور جهان رخ داده و علاوه بر خسارات مادی عظیم، حداقل ۱/۵ میلیون نفر جان خود را بر اثر این رویداد طبیعی از دست داده‌اند (نیکولاس، ۲۰۰۵: ۱۳۷).

ایران نیز جزء زلزله‌خیزترین کشورهای جهان محسوب می‌شود. طبق آمار رسمی ۱۷/۶ درصد زلزله‌های مخرب جهان به کشور ما تعلق دارد. این رقم بیش از ۳ برابر زلزله‌های مخرب کشور ژاپن (۷/۱ درصد) است. بر پایه آمارهای رسمی هر ده سال یک زمین‌لرزه با بزرگی بیش از ۷ ریشتر و هر سال ۱/۳ زمین‌لرزه با بزرگی بین ۶ تا ۷ ریشتر و ۱۰ زمین با بزرگی ۵ تا ۶ ریشتر در ایران رویداده است (آبسالان و کنگی، ۱۳۹۳: ۱)؛ که باعث گردیده در ۲۵ سال اخیر، ۶ درصد از تلفات جانی کشور ناشی از زلزله باشد (خاکپور و دیگران، ۱۳۹۲: ۲۳).

پهنه‌بندی نقشه‌های زمین‌لرزه خیزی نشان می‌دهد بیش از دو سوم وسعت کشور در محور زمین‌لرزه خیز پرخطری قرار گرفته که بیشتر شهرهای پرجمعیت نیز در راستای آن استقرار یافته‌اند؛ یعنی مناطقی که بیشتر تحت تأثیر فعالیت گسل‌اند و شدت عمق کانون زمین‌لرزه در آنها نیز کم عمق و سطحی است (شایان و دیگران، ۱۳۹۲: ۲۱)، تا جایی که ۹۰ درصد شهرهای کشور در برابر یک زلزله ۵/۵ ریشتری آسیب‌پذیر گشته‌اند (پورمحمدی و مصیب زاده، ۱۳۸۷: ۱۱۸). با در نظر گرفتن طول گسل‌های فعال کشور و منطقه خطر آنها (۲۰ کیلومتر اطراف گسل‌ها)، ۳۵ درصد از مساحت ایران با خطر جدی زمین‌لرزه مواجه است (نگارش، ۱۳۸۴: ۴۰).

شهر مشهد به عنوان دومین شهر ایران در ناحیه‌ای بین کوه‌های چین‌خورده- رانده شده کپه‌داغ از سمت شمال و شمال شرق و کوه‌های چین‌خورده- رانده شده بینالود از سمت جنوب غرب قرار گرفته است. بررسی زمین‌لرزه‌های منطقه حکایت از فعالیت‌های شدید در قرن‌های گذشته، به ویژه در قرن هجدهم میلادی و برقراری آرامش نسبی بعد از آن دارد. وجود گسل‌های توانمند و فعال در دو طرف دشت و در فاصله اندک از شهر مشهد نشان‌دهنده پتانسیل زیاد خطر زمین‌لرزه در این منطقه است. به طوری که شهر مشهد از شرق و جنوب شرقی با یک گسل به طول حدود ۱۰۰ کیلومتری تقریباً ۲۰ کیلومتر و از جنوب و جنوب غربی با گسلی به طول حدود ۹۰ کیلومتر کمتر از ۲ کیلومتر فاصله دارد.

در سال ۱۳۸۵، در مجموعه شهری مشهد ۲۷۵ ریز لرزه و زمین‌لرزه اتفاق افتاده است که از این تعداد ۳ زلزله بالای ۴/۵ ریشتر بوده است و مهم‌ترین آنها زمین‌لرزه مشهد با قدرت ۶/۶ در مقیاس ریشتر بوده است (اکبری مطلق و دیگران، ۱۳۹۱: ۱۵). وجود چنین مسئله‌ای و همچنین وجود بافت‌های خودرو و قدیمی در دل مناطق مختلف شهر که پایداری اندکی در برابر مخاطرات طبیعی از مشخصه‌های اصلی این‌گونه بافت‌های شهری است، موجب تشدید آسیب‌پذیری بافت‌های شهری مناطق مختلف شهر شده است (خاکپور و همکاران، ۱۳۹۰: ۴).

روند رو به رشد و فزاینده شهرنشینی و جمعیت شهری به عنوان عاملی برای خسارات زیاد به هنگام بروز بلایای طبیعی به ویژه زلزله است. گسترش شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌های شهری از یک طرف و بدون برنامه بودن رشد و توسعه شهر از سوی دیگر زمینه ایجاد خسارات زیاد در زمان وقوع زلزله را فراهم می‌آورد (عبدالهی، ۱۳۸۲: ۱۱، قائد رحمتی و حیدری نژاد، ۱۳۸۸: ۲۳). این در حالی است که در دوره زمانی ۱۳۹۰-۱۲۷۰، جمعیت در شهر مشهد ۶۰ برابر (از ۴۵ هزار نفر به ۲۷۰۰ هزار نفر) و مساحت آن ۴۰ برابر (از ۷۵۰ هکتار به ۳۰۰۰۰ هکتار) شده و در آن ۲۲۴۵ هکتار بافت فرسوده وجود دارد. با توجه به اینکه این شهر قطب گردشگری مذهبی کشور محسوب می‌شود و هر ساله بیش از ۲۰ میلیون زائر و گردشگر به آن وارد

می‌شوند که باعث تراکم بیشتر جمعیتی در این شهر می‌گردد، در این صورت با احتمال وقوع زلزله خسارات زیاد و غیرقابل جبرانی برجا خواهد ماند و ریسک سرمایه انسانی و مالی زیادی در میان خواهد بود و در صورت بحران، این شرایط می‌تواند فاجعه انسانی را دامن بزند.

پژوهش‌های بسیاری در زمینه رشد و توسعه کالبدی- فضایی شهر، به ویژه الگوی گسترش افقی شهر با پراکندگی شهری در داخل و خارج کشور انجام شده‌است. در یکی از این مطالعات با عنوان «نیروهای بازار زمین و نقش حکومت در پراکندگی» توسط «نینگ وی ژانگ» بر روی شهرهای چین انجام شده (زانگ، ۲۰۰۰) که حاصل آن ۵/۸ میلیون هکتار زمین کشاورزی از بین رفته با تغییر کاربری داده شده بین مهر و موم‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ بوده که یک‌پنجم آن بر اثر الگوی گسترش افقی و پراکندگی، تحت ساختارهای شهری در آمده است (زنگنه شهرکی، ۱۳۸۶: ۷). در پژوهشی دیگر با عنوان «۲۵ سال سابقه پراکندگی در منطقه سیاتل: واکنش‌های مدیریت رشد و مفاهیم حفاظت» توسط «لین رابینسون» (رابینسون، ۲۰۰۴) انجام شده با این نتیجه که الگوی پراکندگی شهری در سیاتل سبب قطعه‌قطعه شدن زیستگاه‌ها شده و حیات وحش و محیط را در معرض خطر قرار داده است.

پژوهش دیگری نیز توسط صدیقه لطفی، ایوب منوچهری میان‌دوآب و حسن آهار (۱۳۹۲) جهت بررسی الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی انجام شده‌است؛ همچنین، در مطالعه‌ای دیگر، رضا مختاری، محمد اجزاء شکوهی و یاسر قاسمی (۱۳۹۱) الگوی گسترش شهر بهشهر را بر اساس مدل‌های کمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است که در آن به نامتوازن بودن توزیع مکانی و سلسله‌مراتبی کاربری‌ها در سطح محلات شهری بهشهر پرداخته است. به‌منظور بررسی پیرامون زمین‌لرزه نیز، خاکپور و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل میزان آسیب‌پذیری فیزیکی کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله‌خیزی به این نتیجه رسیده‌اند که شهر مشهد از نظر زلزله‌خیزی در منطقه‌ای با خطر متوسط قرار گرفته است.

گسترش افقی و پراکنش شهری واژه‌ای است که در نیم‌قرن اخیر در قالب «اسپرال» در ادبیات پژوهش‌های شهری وارد شده‌است و امروزه موضوع محوری اکثر سمینارهای شهری در کشورهای توسعه‌یافته است. سابقه کاربرد این اصطلاح به اواسط قرن بیستم بر می‌گردد. زمانی که در اثر استفاده بی‌رویه از اتومبیل شخصی و توسعه سیستم بزرگراه‌ها، بسط فضاهای شهری در آمریکا رونق گرفت (زنگنه شهرکی، ۱۳۹۰: ۱۷). به افزایش کمی و کیفی کاربری‌ها و فضاهای کالبدی یک شهر در ابعاد افقی و عمودی که در طول زمان انجام می‌گیرد می‌توان توسعه فیزیکی اطلاق نمود (زنگی‌آبادی، ۱۳۷۲: ۳۸) و اگر این روند سریع و بی‌برنامه باشد به تنسيق فیزیکی متعادل و موزون فضاهای شهری نخواهد انجامید و در نتیجه سامانه‌های شهری را با مشکلاتی مواجه خواهد ساخت (فردوسی، ۱۳۸۴: ۱۸).

گسترده‌گی، توسعه کم تراکم در ورای محدوده‌های خدماتی و اشتغال شهری است که مردم در محلی جدای از محل‌های کار، خرید، آموزش و تفریح زندگی می‌کنند و نیازمند اتومبیل برای رفت و آمد بین مناطق هستند و الگویی از توسعه شهری است که شهر در سطحی وسیع‌تر از آنچه باید باشد گسترده است؛ زیرا قطعات توسعه‌نیافته در بین قطعات ساخته شده پراکنده می‌شوند (رابینسون، ۲۰۰۴: ۵۶). این نوع توسعه ناموزون شهری که اصولاً در اراضی آماده نشده شهرها اتفاق افتاد (زانگ، ۲۰۰۰: ۱۲۳)، نتایج بسیاری از جمله افزایش زمین‌های بدون استفاده، افزایش سهم فضاهای باز، کاهش تراکم جمعیت، گسیختگی بخش‌های شهری و جدایی‌گزینی اجتماعی را در پی داشت (هیس، ۲۰۰۱: ۲).

در اکثر شهرهای بزرگ جهان افزایش سهم زمین هر خانوار شهری در طی سال‌های مختلف گویای رشد وسیع شهرها است. به عنوان مثال بین سال‌های ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ جمعیت پرتلند دو برابر شد اما سطح شهر چهار برابر گردید (هادلی، ۲۰۰۰: ۳). در بسیاری از کشورهای درحال توسعه، در شهرهای اصلی فضای مفید کافی برای ساکنان وجود ندارد؛ بنابراین، افزایش فضای مفید به توسعه و ساخت‌وساز در حاشیه شهرها می‌انجامد. از اینجایی که هزینه خرید املاک در حاشیه شهرها کمتر است، افراد قادر به

خرید زمین بیشتری در حاشیه شهرها هستند؛ با این وجود، باید خاطر نشان ساخت که افزایش فضای زندگی همیشه به پراکنش منجر نمی‌شود. در این رابطه تراکم جمعیت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تراکم جمعیت در کشورهای در حال توسعه ۳ برابر بیشتر از کشورهای توسعه‌یافته است (زانگ، ۲۰۱۰: ۳).

پراکنش افقی در این زمینه استفاده بی‌رویه از زمین، توسعه یکنواخت بی‌وقفه، توسعه غیرمتداول جهشی و استفاده ناکارآمد از زمین است (پیسر، ۲۰۰۱: ۳۵). به طور کلی پراکندگی شهری باعث فقدان فضاهای باز، ترافیک انبوه، مصرف بیش از حد انرژی می‌گردد (زیاری، ۱۳۸۸: ۷۹-۷۶). طی نیم قرن اخیر، شهرنشینی و توسعه شهرها در جهان و ایران رشدی شتابان داشته است و پیش‌بینی‌های جمعیتی مبتنی بر روند نرخ رشد جمعیت نشان می‌دهد که تا سال‌های پس از ۲۰۰۰ بخش اعظم جمعیت جهان در شهرها زندگی خواهند کرد. ایران نیز دقیقاً این روند شتابان شهرنشینی و توسعه شهرها را از جهت توسعه فیزیکی و جمعیتی طی چند دهه اخیر داشته است (مهندسان مشاور هامون پاد، ۱۳۸۳: ۵۰).

در کشور ما تا زمانی که الگوی رشد شهرها ارگانیک و تعیین‌کننده این رشد، عوامل درون‌زا و محلی بوده‌اند، زمین شهری نیز کاربری‌های سنتی شهری را کفایت می‌کرده و حسب مورد شرایط اقتصادی، اجتماعی و امنیتی شهر، فضای شهر را به طور ارگانیک سامان می‌داده است. لیکن از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت و درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد، سرمایه‌گذاری در زمین شهری تشدید شد و این نقطه ضعف اصلی بازار خصوصی بدون برنامه زمین، الگوی توسعه بسیاری از شهرهای ایران را دیکته کرده است (ماجدی، ۱۳۷۸: ۶). نهایتاً این امر باعث نابسامانی بازار زمین شهری و مخصوصاً بلااستفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده و عارضه منفی گسترش افقی شهرها شده است (اطهاری، ۱۳۷۹: ۳۶).

در واقع می‌توان گفت الگوی سنتی طرح‌های توسعه شهری در ایران، به دلیل نداشتن نگرش دستگامی و بی‌توجهی به نقاط قوت و ضعف پتانسیل‌های طبیعی و

انسانی شهر ناموفق بوده است (تقوایی و موسوی، ۱۳۹۰: ۷۸)؛ بنابراین، گسترش فیزیکی شهری در اغلب شهرهای کشور ناشی از بی‌برنامگی در بهره‌برداری اصولی و بر مبنای علمی از زمین شهری است.

داده‌ها و روش‌شناسی

روش تحقیق انجام شده در این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای انجام تحقیق از طریق عملیات میدانی و کتابخانه‌ای برگرفته و پردازش شده‌است. به طوری که با بررسی اسنادی و کتابخانه‌ای مطالعات پایه‌ای و موضوعی شهر مشهد و بانک‌های اطلاعاتی آنلاین، روند گسترش فیزیکی و جمعیتی کلانشهر مشهد در ادوار مختلف تاریخی به کمک مدل‌های کمی آنتروپی شانون و آنتروپی هلدرن مشخص گردید؛ همچنین، به منظور تحلیل چگونگی تأثیر گسترش افقی و بدون برنامه شهر مشهد بر آسیب‌پذیری این کلانشهر در برابر مخاطره زلزله نیز تحلیل‌هایی ارائه شده‌است که در ادامه به آن اشاره می‌شود.

تحلیل گسترش کالبدی- فضایی کلانشهر مشهد

امروزه با توجه به این که آگاهی از فرم فضایی و شکل شهر می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در میزان موفقیت برنامه‌ریزان شهری جهت پاسخ‌گویی به نیازهای حال و آینده شهر می‌باشد، مدل‌های مختلفی هم‌چون مدل آنتروپی شانون، هلدرن، ضریب موران، ضریب گری و مانند این‌ها به بررسی سنجش فرم شهری می‌پردازند که در این پژوهش از دو مدل آنتروپی شانون و هلدرن جهت تحلیل گسترش فیزیکی شهر مشهد در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۲ که هر کدام به ترتیب دارای ۱۲ و ۱۳ منطقه می‌باشند کمک گرفته شده‌است.

مدل آنتروپی شانون

از این مدل برای تجزیه و تحلیل مقدار پدیده رشد بی‌قواره شهری استفاده می‌گردد. ساختار کلی مدل به شرح زیر است (حکمت‌نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۲۹)

$$-\ln(P_i)H = -\sum_{i=1}^n P_i$$

که در این رابطه: H مقدار آنتروپی، P نسبت مساحت ساخته شده (تراکم کلی مسکونی) منطقه I به کل مساحت ساخته شده مجموع مناطق و n مجموع مناطق است. ارزش مدار آنتروپی شانون از صفر تا $\ln(n)$ است، که در آن مقدار صفر بیانگر توسعه فیزیکی خیلی متراکم و فشرده است؛ در حال که مقدار $\ln(n)$ بیانگر توسعه فیزیکی پراکنده شهری است. در واقع زمانی که ارزش آنتروپی از مقدار $\ln(n)$ بیشتر باشد، رشد بی قواره شهری (اسپرال) اتفاق افتاده است.

جدول ۱- محاسبه ارزش آنتروپی مناطق ۱۲ گانه شهر مشهد در سال ۱۳۷۵

مناطق	مساحت	P_i	$\ln(P_i)$	$P_i \cdot \ln(P_i)$
۱	۱۶۱۱/۵	۰/۰۷۲۹۸	-۲/۶۱۷۵۶	-۰/۱۹۱۰۲
۲	۲۲۶۱/۶	۰/۱۰۲۴۲	-۲/۲۷۸۶۷	-۰/۲۳۳۳۸
۳	۱۲۵۵/۹	۰/۰۵۶۸۷	-۲/۸۶۶۹۸	-۰/۱۶۳۰۴
۴	۶۵۷/۲	۰/۰۲۹۷۶	-۳/۵۱۴۵۹	-۰/۱۰۴۵۹
۵	۸۹۲/۴	۰/۰۴۰۴۱	-۳/۲۰۸۶۷	-۰/۱۲۹۶۶
۶	۱۲۸۰/۲	۰/۰۵۷۹۷	-۲/۸۴۷۸۲	-۰/۱۶۵۰۸
۷	۳۱۳۰	۰/۱۴۱۷۵	-۱/۹۵۳۶۹	-۰/۲۷۶۹۳
۸	۱۳۴۰	۰/۰۶۰۶۸	-۲/۸۰۲۱۴	-۰/۱۷۰۰۳
۹	۳۲۷۵	۰/۱۴۸۳۱	-۱/۹۰۸۴۵	-۰/۲۸۳۰۴
۱۰	۳۵۱۷	۰/۱۵۹۲۷	-۱/۸۳۷۱۵	-۰/۲۹۲۶۰
۱۱	۲۵۴۰	۰/۱۱۵۰۳	-۲/۱۶۲۵۶	-۰/۲۴۸۷۵
ثامن	۳۲۰	۰/۰۱۴۴۹	-۴/۲۳۴۲۹	-۰/۰۶۱۳۵
جمع	۲۲۰۸۰/۸	$\sum P_i = 1$	$\sum \ln(P_i) = 1$	-۲/۳۱۹۴۷

جدول ۲- محاسبه ارزش آنتروپی مناطق ۱۳ گانه شهر مشهد در سال ۱۳۹۲

مناطق	مساحت	Pi	Ln(pi)	Pi*ln(pi)
۱	۱۴۹۷/۸	۰/۰۴۵۶۴	-۳/۰۸۶۹۷	-۰/۱۴۰۸۸
۲	۳۲۴۳/۶	۰/۰۹۸۸۵	-۲/۳۱۴۱۵	-۰/۲۲۸۷۵
۳	۳۱۱۱/۴	۰/۰۹۴۸۲	-۲/۳۵۵۷۷	-۰/۲۲۳۳۷
۴	۱۳۴۰	۰/۰۴۰۸۳	-۳/۱۹۸۳۳	-۰/۱۳۰۵۸
۵	۱۴۰۳/۳	۰/۰۴۲۷۶	-۳/۱۵۲۱۵	-۰/۱۳۴۷۸
۶	۱۴۶۵/۸	۰/۰۴۴۶۷	-۳/۱۰۸۴۵	-۰/۱۳۸۸۵
۷	۴۸۸۲	۰/۱۴۸۷۸	-۱/۹۰۵۲۸	-۰/۲۸۳۴۶
۸	۱۶۰۹/۶	۰/۰۴۹۰۵	-۳/۰۱۴۹۱	-۰/۱۴۷۸۸
۹	۴۴۳۳/۲	۰/۱۳۵۱۰	-۲/۰۰۱۷۴	-۰/۲۷۰۴۳
۱۰	۲۳۰۳/۷	۰/۰۷۰۲۰	-۲/۶۵۶۴۰	-۰/۱۸۶۴۷
۱۱	۱۵۷۵/۲	۰/۰۴۸۰۰	-۳/۰۳۶۵۵	-۰/۱۴۵۷۵
۱۲	۵۵۸۸/۳	۰/۱۷۰۳۱	-۱/۷۷۰۱۳	-۰/۳۰۱۴۷
نامن	۳۵۷/۶	۰/۰۱۰۸۹	-۴/۵۱۹۹۱	-۰/۰۴۹۲۲
جمع	۳۲۸۱۲/۱	$\sum P_i = 1$	$\sum \ln(P_i) = 1$	-۲/۳۸۱۷۳

جدول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که مقدار آنتروپی شهر مشهد در سال ۱۳۷۵ برابر $2/31947$ بوده است، در حالی که حداکثر ارزش $\ln(12)=2/48490$ است. نزدیک بودن مقدار آنتروپی به مقدار حداکثر ($2/48490$)، نشانگر رشد پراکنده (اسپرال) گسترش فیزیکی شهر است. در سال ۱۳۹۳ با توجه به گسترش شهر و تفکیک این شهر به مناطق ۱۳ گانه، مقدار آنتروپی برآورد شده در این مناطق، برابر $2/38173$ محاسبه شده، در حالی که حداکثر ارزش $\ln(13)=2/56494$ بوده است که این محاسبات نشان‌دهنده این هستند که طی این چند سال اخیر، گسترش فیزیکی شهر، کاملاً به صورت پراکنده و غیر مترکم بوده است.

مدل هلدن

یکی از روش‌های اساسی برای مشخص ساختن رشد بی‌قواره شهری استفاده از روش هلدن است. با استفاده از این روش می‌توان مشخص ساخت که چه مقدار از

رشد شهر ناشی از رشد جمعیت و چه مقدار ناشی از رشد بدقواره شهری بوده است. (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵: ۱۳۱).

$$\ln\left(\frac{\text{وسعت شهر در پایان دوره}}{\text{وسعت شهر در آغاز دوره}}\right) = \ln\left(\frac{\text{سرنانه ناخالص پایان دوره}}{\text{سرنانه ناخالص آغاز دوره}}\right) + \ln\left(\frac{\text{جمعیت پایان دوره}}{\text{جمعیت آغاز دوره}}\right)$$

در مورد کلان‌شهر مشهد متغیرهای هلدن بدین شرح جای گذاری می‌شود:

$$\ln\left(\frac{32812/1}{1600}\right) = \ln\left(\frac{114/74}{66}\right) + \ln\left(\frac{2859673}{242000}\right)$$

$$\ln(11/8168) + \ln(1/7384) = \ln(20/5075)$$

$$\left(\frac{2/4695}{3/0209}\right) + \left(\frac{0/5529}{3/0209}\right) = \left(\frac{3/0209}{3/0209}\right)$$

$$0/82 + 0/18 = 1$$

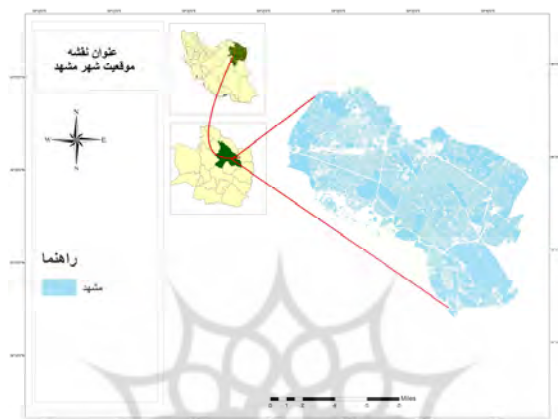
نتایج به دست آمده از مدل در مورد کلان‌شهر مشهد نشان می‌دهد که در فاصله سال‌های ۱۳۳۵-۱۳۹۲ حدود ۸۲ درصد از رشد فیزیکی شهر، مربوط به رشد جمعیت و ۱۸ درصد رشد مربوط به رشد افقی و اسپرال شهر بوده است که نتیجه آن کاهش تراکم ناخالص جمعیت و افزایش سرنانه ناخالص زمین شهری و نهایتاً گسترش افقی بدقواره (اسپرال) کلان‌شهر مشهد بوده است.

قلمرو جغرافیایی تحقیق

مشهد، شهری در شمال شرقی ایران و مرکز استان خراسان رضوی است. این کلان‌شهر بین عرض‌های ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲ دقیقه شمالی و طول ۵۹ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۹۴۳ متر و وسعت آن در سال ۱۳۹۲ حدود ۳۲۸ کیلومتر مربع است. این شهر در دشت مشهد در حد فاصل رشته‌کوه‌های کپه داغ و بینالود واقع شده است (آمارنامه شهر مشهد، ۱۳۹۲: ۲۰).

موقعیت دشتی و مکان‌گزینی در زمین‌های مسطح امکان گسترش شهر را در اطراف فراهم کرده است. عامل طبیعی که رشد این شهر را محدود می‌کند مناطق مرتفع و کوهستانی رشته‌کوه بینالود در غرب و جنوب غرب شهر است. از سوی دیگر، این شهر از شمال غرب با زمین‌های بایر، و از شمال، شمال شرق، شرق و جنوب شرق عمدتاً با اراضی کشاورزی هم‌جوار است. از نظر جمعیتی، در نخستین سرشماری رسمی در

ایران (۱۳۳۵)، مشهد با جمعیت ۲۴۱۹۸۹ نفر، چهارمین شهر پرجمعیت ایران بوده است. در سال ۱۳۹۰ مشهد با جمعیت ۲۷۷۲۲۸۷ نفر، دومین شهر پرجمعیت ایران بوده است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۳).



شکل ۱- موقعیت شهر مشهد

بررسی روند تاریخی گسترش شهر مشهد نشان می‌دهد که این شهر دارای گسترش تدریجی، پیرامون حرم امام رضا (ع) است؛ همچنین، مقایسه نقشه‌های شهر در دوره‌های اخیر نیز نشان می‌دهد (شکل ۲) که جهت غالب رشد شهر به سمت شمال غرب بوده است. ورود سالانه بیش از ۲۳ میلیون زائر و گردشگر (آمارنامه شهر مشهد، ۱۳۹۳: ۱۷۰)، وجود سرمایه‌ها و صنایع و توجه دولت به این شهر، شرایط اشتغال در زمینه‌های مختلف خدماتی، صنعت و گردشگری را فراهم آورده است. این عوامل موجب جذب جمعیت و در نتیجه گسترش شهر می‌شود.



شکل ۲- نقشه گسترش شهر مشهد

بحث

بررسی شدت و جهت رشد گسترش شهر مشهد

در بررسی روند گسترش رشد شهری شهر مشهد باید دو مقوله جمعیت و مساحت را در نظر گرفت و نتیجه این بررسی حاکی از آن است که این شهر در گذشته از رشد جمعیت و فضای آرامی برخوردار بوده است، به طوری که در فاصله سال‌های ۱۵۲۴ تا ۱۹۰۱ میلادی، یعنی نزدیک به چهار قرن، جمعیت آن بدون تغییر مانده و در ابتدا و انتهای این دوره ۵۰۰۰۰۰ نفر جمعیت داشته است، البته در خلال این دوره زمانی، جمعیت آن در حال تغییر بوده و بعضی از دوره‌ها تا ۲۵۰ هزار نفر هم رسیده است (حاتمی نژاد، ۱۳۸۰: ۹۷).

از نظر کالبدی نیز در آن دوران، هسته اصلی و اولیه شهر، حرم امام رضا (ع) بوده است (ثامنی، ۱۳۷۲: ۸)؛ که به تدریج از به هم پیوستن سه کانون یعنی شهر نوغان، قریه سناباد و مجموعه حرم مطهر حضرت رضا (ع) گسترش یافته است. حرم مطهر میانه دو کانون دیگر با فاصله تقریبی ۱/۵ کیلومتر قرار داشته است. شهر نوغان نیز در ابتدای شکل‌گیری هسته اولیه شهر نسبت به دو کانون دیگر از اعتبار بیشتری برخوردار بوده و در شمال حرم مطهر قرار داشته است. با آغاز دوره شهرنشینی جدید و تجدیدگرایی در کشور، سرعت شهرنشینی در مشهد نیز افزایش یافت و بر اساس اولین سرشماری رسمی کشور، جمعیت شهر مشهد در سال ۱۳۳۵ حدود ۲۴۲۰۰۰ نفر و مساحت آن تقریباً ۱۶۰۰ هکتار برآورد شده است.

بر این اساس میزان سرانه شهری و تراکم جمعیت در این دوره به ترتیب در حدود ۶۶ مترمربع و ۱۵۱ نفر بر هکتار بوده و شهر در این دوره گسترش آرامی داشته است و البته نشان می‌دهد که در این دوره شهر، نسبتاً فشرده بوده و تراکم بالایی داشت. در دوره‌های بعدی توسعه، درصد رشد وسعت شهر از درصد رشد جمعیت پیشی گرفته است، به طوری که تا دهه ۱۳۴۵ حدود ۸۰۰ هکتار به مساحت و تعداد ۱۶۷۶۰۰ نفر به جمعیت شهر اضافه شده است. مساحت شهر حدود ۲ برابر افزایش یافته، این در حالی است که جمعیت شهر در این دهه حتی دو برابر هم نشده است (۱/۶) و تراکم جمعیتی با کاهش بارزی به میزان ۱۲۸ نفر در هکتار مواجه شده است. این روند در دهه بعد هم ادامه یافت و تراکم شهر در سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۵۵ به ۸۵/۵ نفر در هکتار رسید و به عبارتی مساحت شهر در سال ۱۳۵۵ نسبت به سال ۱۳۴۵ حدود ۲/۴ برابر شده (مساحت شهر در این دهه، ۷۸۰۰ هکتار)، در حالی که افزایش جمعیت مجدداً حدود ۱/۶ برابر (۶۶۷۸۰۰) بوده است.

رشد و گسترش سریع و بی‌برنامه شهر در سال‌های ۵۵-۴۵ نه آبادی را در شهر ادغام کرد و مشکلات ناشی از رشد جمعیت، بی‌توجهی به نحوه استفاده از اراضی، توسعه نامنظم و سایر مشکلات عمومی، سبب شد که تهیه طرح جامع شهر مشهد در سال ۱۳۴۶ به مهندسان مشاور ابلاغ شود. در طرح جامع با توجه به پیش‌بینی افزایش جمعیت از ۴۰۹۶۱۶ نفر در سال ۱۳۴۵ به ۱۴۶۵ هزار نفر در سال ۱۳۷۰، گسترش آینده شهر به صورت پیوسته در جهت غرب شهر پیشنهاد شد. در این طرح، وسعت شهر از ۳۳/۴ به ۱۷۰ کیلومتر مربع افزایش می‌یافت. با اینکه وسعت پیش‌بینی شده شهر در طرح جامع تا سال ۱۳۷۰، حدود ۱۷۰ کیلومتر مربع بود، سرعت رشد شهر به اندازه‌ای شدید شد که وسعت واقعی آن پنج سال زودتر از زمان مقرر، یعنی در سال ۱۳۶۵ به بیش از ۲۲۰ کیلومتر مربع رسید و تراکم جمعیتی شهر در سال‌های ۶۵-۱۳۵۵ به کمترین میزان خود، یعنی ۶۶/۵ نفر در هکتار رسید؛ چنانکه میزان مساحت شهر، رشد ۱/۴ برابری و میزان تراکم جمعیت با رشدی ۱/۲ برابر مواجه بوده است (مهندسان مشاور فرهاد، ۱۳۸۸).

از جمله عواملی که موجب افزایش رشد جمعیتی و فضایی شهر مشهد در سال‌های ۱۳۵۵-۶۵ شد، جنگ ایران و عراق و تحولات افغانستان همسایه شرق ایران بود که مهاجرت آوارگان خارجی به شهر مشهد را در پی داشت. این مهاجران به دلیل درآمد پایین و قیمت بالای زمین و مسکن در داخل شهر، مجبور شدند در حاشیه شهر که زمین‌های ارزان قیمتی داشت، سکونت کنند و با اسکان غیررسمی خود، رشد بی‌برنامه و گسترش افقی بی‌رویه شهر مشهد را پایه‌گذاری کردند. این توسعه بی‌برنامه، مسئولان را بر آن داشت تا در اندیشه چاره‌ای باشند و سرانجام در سال ۱۳۷۰، طرح جامع مشهد توسط مهندسان مشاور مهرازان تهیه شد و با اجرای آن رشد شهر در دوره‌های بعد تا حدی کنترل شد.

در دو دهه بعد، یعنی سال ۱۳۷۵، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ مجموعه‌ای از عوامل، مانند کاهش مهاجرت‌های روستا-شهری، بازگشت مهاجران جنگی به شهرهای محل سکونت‌شان، کاهش درصد رشد طبیعی جمعیت و غیره، موجب شد درصد رشد جمعیت و درصد گسترش مساحت، کاهش یابد و تراکم جمعیت در سال ۱۳۸۵ به ۹۲ نفر در هکتار برسد؛ بنابراین، با وجود افزایش تراکم جمعیت در دو دهه اخیر، روند کلی تراکم نزولی بوده است؛ به طوری که از تراکم نسبتاً بالای ۱۵۰ نفر در هکتار در سال ۱۳۳۵ به ۹۲/۴ نفر در هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است. در مجموع رشد و گسترش فیزیکی شهر مشهد نسبت به رشد جمعیت این شهر از سال ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ تقریباً حد بالایی داشته و هیچ نظمی در این روند دیده نشده است. به طوری که جمعیت شهر در سال ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۳۵، ۱۰ برابر و رشد گسترش فیزیکی شهر ۱۸/۷ برابر شده است.

جدول ۳- مشخصات جمعیت و مساحت شهر مشهد

سال	جمعیت	مساحت	رشد جمعیت	رشد مساحت
۴۵-۳۵	۲۴۲۰۰۰	۱۶۰۰	۵/۴	۷/۲
۵۵-۴۵	۴۰۹۶۰۰	۳۲۰۰	۵/۰۱	۹/۳
۶۵-۵۵	۶۶۷۸۰۰	۷۸۰۰	۸/۱۶	۹
۷۵-۶۵	۱۴۶۳۵۰۰	۱۸۵۰۰	۲/۵۸	۳/۵
۸۵-۷۵	۱۸۸۷۴۰۰	۲۶۱۰۰	۲/۵۴	۱/۴
۹۰-۸۵	۲۴۲۷۳۰۰	۳۰۰۰۰	۲/۵۴	—

(مأخذ: طرح جامع مشهد، مهندسان مشاور فرهاد، ۱۳۹۱)

بررسی زمین‌لرزه‌ها و گسل‌های اطراف شهر مشهد

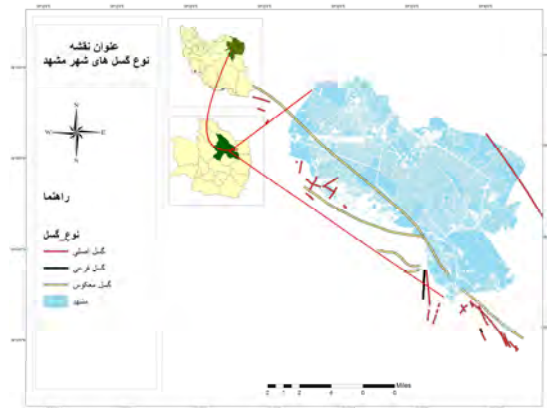
ارزیابی کاتالوگ‌های لرزه‌ای شهر مشهد حکایت از آن دارد که اغلب زمین‌لرزه‌های محدوده این شهر در عمق ۱۰ تا ۱۸ کیلومتری رخ می‌دهد؛ اما قرارگیری این شهر روی دشتی پوشیده از نهشته‌های آبرفتی کواترنری باعث گردیده که در اغلب موارد زمین‌لرزه‌های با بزرگی کمتر از $MN=3/5$ در محدوده شهر غیرقابل احساس باشد (آبسالان و کنگی، ۱۳۹۳: ۲). امروزه بررسی و شناخت گسل‌های فعال می‌تواند پایه‌ای برای ارائه تحلیل‌های منطبق با واقعیت باشد. در زیر مشخصات گسل‌های جنب و با توان جنبایی در شهر مشهد ارائه شده‌است. مهم‌ترین گسل‌های فعال در این تقسیم‌بندی، گسل‌های طوس، کشف رود و شاندیز- سنگ بست‌اند که همگی در مجاورت شهر مشهد قرار دارند.

جدول ۴- مشخصات گسل‌های شهر مشهد

نام گسل	طول (KM)	بزرگی	شتاب افقی
جنوب مشهد	بیش از ۱۰۰	۷/۳	۰/۶۷
کشف رود	۶۲	۶/۸	۰/۱۳
شاندیز/ سنگ بست	۸۵	۷/۲	۰/۴۳
بینالود	۱۰۰	۷/۴	۰/۲۱
شمال نیشابور	۸۰۵۰	۷/۴	۰/۰۷
نیشابور	۵۰	۷/۴	۰/۰۱۷
طوس	۶۰	۶/۸	۰/۵۲
فریمان	بیش از ۱۰۰	۷/۲	۰/۶۵

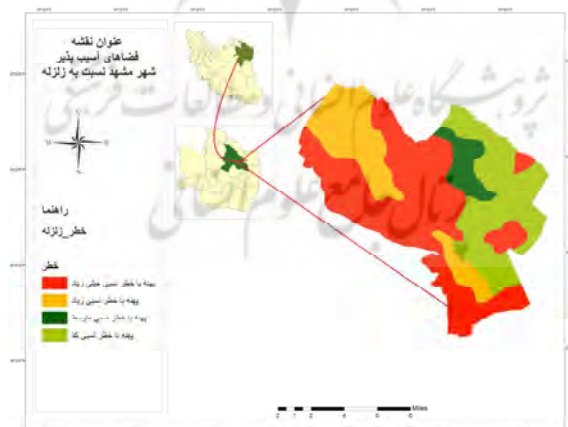
(مأخذ: مهندسان مشاور فرهاد، ۱۳۸۷: ۱۷)

در شکل زیر گسل‌هایی را که در محدوده قانونی و حریم شهر مشهد قرار دارند نشان می‌دهد که ۹ گسل در محدوده قانونی و ۱۲ گسل در فاصله اندکی از محدوده قانونی و در حریم کلان‌شهر مشهد قرار دارند. در این بین مهم‌ترین گسل‌های فعال در این تقسیم‌بندی، گسل‌های طوس، کشف رود و شاندیز- سنگ بست‌اند که همگی در مجاورت شهر مشهد قرار دارند.



شکل ۳- نقشه گسل‌های شهر مشهد

شکل (۴) پهنه‌های با میزان آسیب‌پذیری مختلف در شهر مشهد در برابر زلزله را نشان می‌دهد. یافته‌ها بیانگر آن است ۱۵۲۵۲ هکتار (۵۱ درصد) از کل سطح شهر مشهد با جمعیت یک میلیون و ۴۵۰ هزار نفر در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد یعنی در حاشیه ارتفاعات جنوبی و قسمت شمالی تا شمال غربی شهر قرار گرفته است؛ همچنین، ۸۲۳۴ هکتار (۲۷ درصد) با جمعیت ساکن ۷۵۰ هزار نفر در پهنه با خطر نسبی زیاد واقع شده‌است.



شکل ۴- فضاهای آسیب‌پذیر شهر مشهد هنگام وقوع زلزله

روند رو به رشد و فزاینده شهرنشینی و جمعیت شهری به عنوان عاملی برای خسارت زیاد به هنگام بروز بلایای طبیعی است (قائد رحمتی و قانع بافقی، ۱۳۹۱):

۱۸۸). گسترش شبکه ارتباطی و زیرساخت‌های شهری و شهرها اگر به صورت بی‌قاعده، بدون داشتن طرح و برنامه و عدم رعایت ضوابط و مقررات شهرسازی و مقاوم سازی سازه‌ها باشد، باعث افزایش آسیب‌پذیری شهرها می‌گردد. این امر زمانی که جهت گسترش شهرها در محدوده گسل‌ها باشد، تقویت می‌شود (زنگی‌آبادی و تبریزی، ۱۳۸۵: ۱۲۸). این در حالی است که بر اساس اعلام مسئولان شهرداری مشهد، در صورت بروز زلزله احتمالی بیش از ۴ ریشتر، ۶۵ درصد ابنیه موجود در شهر آسیب خواهند دید.

بنابراین برای انجام تحلیل بهتر و نشان دادن میزان آسیب‌پذیری شهر مشهد، شعاع ۰/۵، ۱/۵ و ۲ کیلومتری از گسل‌های اطراف شهر مشهد مشخص شده‌است. همان طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود برای ارزیابی خطر زلزله در شهر مشهد، الگوی یک‌سانی در وضعیت لرزه‌خیزی در این شهر دیده نمی‌شود. نتایج نشان می‌دهد، بیش از یک‌سوم وسعت شهر مشهد در محدوده شعاع مستقیم گسل قرار دارد؛ طوری که این شهر تا سال ۱۳۳۵ در محدوده شعاع مستقیم گسل قرار نداشته و با گسترش شهر طی ادوار مختلف و بالأخص از دهه ۱۳۶۰ به بعد، قسمت وسیعی از این شهر در محدوده شعاع خطر زلزله احتمالی قرار گرفته است. به طوری که از همین دهه به بعد بیش از دوسوم شهر در پهنه با خطر زیاد و خیلی زیاد گسترش یافته است.

موضوع گسترش شهر بدون توجه به خطرهای زلزله جنبه‌های گوناگونی دارد. این امر باعث شده که بسیاری از ساختمان‌ها و تأسیسات فعلی شهر در محدوده گسترش گسل‌های بزرگ و کوچک قرار گیرد که در صورت گسیختگی آبرفت به سطح زمین، مشکلات بسیار جدی برای سازه‌ها و تأسیسات به وجود می‌آورد. دیگر اینکه چون توسعه شهر بدون توجه به خطوط گسل صورت گرفته و با توجه به اینکه بیشینه شتاب در برخی بخش‌های شهر بیشتر بوده، می‌توان احتمال داد که بافت ساختمان‌ها و تراکم آنها متناسب با سطح شتاب نباشد که این موضوع خودبه‌خود باعث افزایش آسیب‌پذیری آنها می‌گردد.

نتیجه گیری

مهم‌ترین علتی که در این مقاله به عنوان عامل افزایش آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهر مشهد شناخته شده‌است، گسترش افقی بدون در نظر گرفتن حریم امن گسل‌هاست. با توجه به مباحث مطرح شده در زمینه اثرات گسترش پراکنده شهر بر افزایش آسیب‌های حاصل از زمین‌لرزه، در شهر مشهد رفتارهای غیراصولی افراد هم‌چون ساخت‌وسازهای غیراستاندارد، استفاده از مصالح نامرغوب، پی‌بندی نامناسب، ساخت‌وساز در حاشیه کانال‌ها و مسیل‌های شهر و ... که سبب رشد ناهماهنگ و غیراصولی شهر می‌شود، وجود دارد که در افزایش آسیب مؤثر خواهد بود.

از سوی دیگر همچنین مشکلات مدیریتی و نبود توانمندی‌های عملیاتی یکپارچه در زمینه مدیریت بحران، نقش دارد که موجب می‌شود در صورت وقوع زلزله‌ای شدید، تلفات و آسیب‌های جبران‌ناپذیری به شهر مشهد وارد گردد. در این میان شهرداری، مهم‌ترین نهاد مسئول در کاهش آثار زلزله و مسئول بررسی ابعاد پیشگیری ناشی از صدمات زلزله است؛ اما در کنار آن ادارات راه و شهرسازی، برق، آب، گاز، جمعیت هلال احمر، آتش‌نشانی، سازمان نظام مهندسی، آموزش و پرورش و ... در فرایند کاهش آثار و ابعاد پیشگیرانه نقش مؤثری دارند؛ از این‌رو، کاهش خطرات انسانی و اقتصادی ناشی از زمین‌لرزه، اهتمام جدی همه دستگاه‌های ذی‌ربط و همچنین مشارکت فعال مردمی را طلب می‌کند و این دو قبل از هر چیز نیازمند اطلاع‌رسانی، فرهنگ‌سازی و ظرفیت‌سازی است.

با توجه به الگوی موجود شهر که بیشتر به صورت پراکنده بوده است و با وجود مشکلات ناشی از آن، به‌منظور جلوگیری از رشد هر چه بیشتر پراکنده شهر به عنوان الگوی رشد آتی آن جهت کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر مشهد هنگام بروز زلزله احتمالی، پیشنهادهایی ارائه می‌گردد:

- رشد و توسعه سایر کاربری‌ها هماهنگ با کاربری مسکونی و جبران کاستی شهر مشهد جهت رشد متعادل شهری.
- تهیه بانک اطلاعاتی گسل‌های نزدیک یا مؤثر در ایجاد خطر.
- مدیریت خطرات ثانویه مانند آتش‌سوزی، نشست گاز، آب‌گرفتگی و ...

- جلوگیری از احداث سازه‌ها، بدون به کار بردن ضوابط و استانداردهای زلزله.
- همکاری و تعامل همه سازمان‌های ذی‌ربط.
- ایجاد زمینه مشارکت بین مسئولان (برنامه‌ریزان)، پژوهش‌گران و مردم.
- ایجاد مجتمع‌های مسکونی در نواحی با تراکم کم به عنوان یک راه حل.
- مشکل مسکن شهری و محدود کردن گسترش فیزیکی شهر در پهنه‌های با خطر زمین‌لرزه.
- و در نهایت عاملی که به گسترش بی‌رویه شهر منجر شده، اقدامات و تفکیک اراضی به دست افراد به شکل خصوصی و غیر کارشناسی است، که سبب گردیده شهر به صورت پراکنده و بدون برنامه قبلی در جهت‌های گوناگون رشد یابد. در چنین گسترشی، شهرنشینی مقدم بر شهرسازی است و برای اینکه شهر مشهد از روند و گسترشی متعادل برخوردار گردد لازم است شهرسازی بر شهرنشینی مقدم شود.

فهرست منابع

۱. اطهاری، کمال. (۱۳۷۹). به سوی کار آمدی دخالت دولت در بازار زمین شهری. فصلنامه اقتصاد مسکن، شماره ۳۰، سازمان ملی زمین و مسکن.
۲. اکبری مطلق، مصطفی. عباس‌زاده، غلامرضا. امینیان، امیراحمد. (۱۳۹۱). آسیب‌پذیری مجموعه شهری مشهد و مدیریت بحران آن در مقابل زلزله با تأکید بر تجارب جهانی. فصلنامه آمایش و توسعه پایدار، شماره ۳، صص ۲۳-۷.
۳. آبسالان، علی. کنگی، عباس. (۱۳۹۳). سامانه مدیریت بحران زلزله شهر هوشمند مشهد. سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری مشهد، شماره ۱۰۱، چاپ ۱، مشهد.
۴. پورمحمدی، محمدرضا. مصیب‌زاده، علی. (۱۳۸۷). آسیب‌پذیری شهرهای ایران در برابر زلزله و نقش مشارکت محله‌ای در امدادسانی آنها، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۱۴۴-۱۱۷.
۵. تقوایی، مسعود. موسوی، میرنجف. (۱۳۹۰). ارزیابی میزان تحقق‌پذیری طرح هادی شهر مهریز. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دانشگاه تهران.
۶. حکمت‌نیا، حسن. موسوی، میرنجف. (۱۳۸۵). کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای. چاپ ۱، انتشارات علم نوین، یزد.
۷. خاکپور، براتعلی. حیاتی، سلمان. کاظمی بی‌نیاز، مهدی. ربانی ابوالفضل، غزاله. (۱۳۹۲). مقایسه تطبیقی - تحلیلی میزان آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و فازی (نمونه موردی: شهر لامرد). فصلنامه آمایش محیط، شماره ۲۲، صص ۳۸-۲۱.
۸. خاکپور، براتعلی. زمردیان، محمدجعفر. صادقی، سلیمان. مقدمی، احمد. (۱۳۹۰). تحلیل میزان آسیب‌پذیری فیزیکی - کالبدی منطقه ۹ شهر مشهد از دیدگاه زلزله‌خیزی. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۶، صص ۳۴-۱.
۹. زنگنه شهرکی، سعید. (۱۳۹۰). تحلیل اثرات اجتماعی - اقتصادی و زیست‌محیطی گسترش افقی شهر و چگونگی به کارگیری سیاست‌های رشد هوشمند شهری (مطالعه موردی: شهر یزد). رساله دوره دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

۱۰. زنگی آبادی، علی. (۱۳۷۲). تحلیل فضایی الگوی توسعه فیزیکی شهر کرمان. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۱. زنگی آبادی، علی. تبریزی، نازنین. (۱۳۸۵). زلزله تهران و ارزیابی فضایی آسیب‌پذیری مناطق شهری. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، صص ۱۳۰-۱۱۵.
۱۲. زیاری، کرامت‌الله. (۱۳۸۸). مبانی و تکنیک‌های برنامه‌ریزی شهری. انتشارات دانشگاه بین‌المللی چاه‌بهار، چاپ ۱، تهران، صص ۷۹-۷۶.
۱۳. سالنامه آماری مشهد، ۱۳۹۱.
۱۴. شایان، سیاوش. (۱۳۹۲). زلزله‌خیزی ایران و مقاوم‌سازی مدارس. مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۳، صص ۱۹-۲۵.
۱۵. عبدالهی، مجید. (۱۳۸۲). مدیریت بحران در نواحی شهری. تهران، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، چاپ ۲.
۱۶. فردوسی، بهرام. (۱۳۸۴). امکان‌سنجی و کاربرد سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در توسعه فیزیکی شهر (نمونه موردی: شهر سمنان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
۱۷. قائد رحمتی، صفر. قانع بافقی، رضا. (۱۳۹۱). تحلیل تأثیر گسترش فضایی شهر تهران در افزایش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله (دوره زمانی: گسترش فیزیکی ۲۰۰ سال اخیر). فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۰۵، صص ۱۹۰-۱۶۹.
۱۸. لطفی، صدیقه. منوچهری میان‌دوآب، ایوب. آهار، حسن. (۱۳۹۲). تحلیل الگوی گسترش کالبدی- فضایی شهر مراغه با استفاده از مدل‌های کمی. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۷، شماره ۴۳، صص ۲۳۲-۱۹۱.
۱۹. ماجدی، حمید. (۱۳۷۸). زمین مسئله اصلی توسعه شهری. مجله آبادی، شماره ۳۳، مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.
۲۰. مختاری ملک آبادی، رضا. شکوهی، محمد. قاسمی، یاسر. (۱۳۹۱). تحلیل الگوی گسترش شهر بهشهر بر اساس مدل‌های کمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای. فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، دوره ۳، شماره ۸، صص ۱۱۲-۹۳.
۲۱. مرکز آمار ایران، نتایج سرشماری عموم و نفوس مسکن. ۱۳۹۳.

۲۲. مهندسان مشاور فرهاد. (۱۳۸۸). طرح توسعه و عمران (جامع) کلان‌شهر مشهد مقدس؛ مطالعات پایه کیفیت محیط شهری ایمنی و امنیت. شهرداری مشهد، نهاد مطالعات و برنامه‌ریزی توسعه و عمران مشهد، ویرایش ۱.
۲۳. مهندسان مشاور هامون پاد. (۱۳۸۳). شیوه‌های افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها شهرداری‌ها. انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
۲۴. نگارش، حسین. (۱۳۸۴). زلزله، شهرها و گسل‌ها. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۲، صص ۵.

25. Bhatta, S.B.; Saraswati, D.; (2010). **Quantifying the degree-of-freedom, degree of sprawl**, and degree of goodness of urban growth from remote sensing data, *Applied Geography*, 30, 96-111.
26. Hadly, C.C. (2000). **Urban Sprawl: Indicator, Causes and Solutions**, www. City. Bloomington. In. us/planning/edv/ec/index/html.
27. Hataminejad, H., (2001). **City and Social Justice Spatial Heterogeneous in Mashhad Neighborhoods**, PhD .dissertation for the course of the Geography and Urban landing, The Faculty of Earth Sciences. (In Persian).
28. Hess, G.R. (2001). **Just what is Sprawl Anyway?"** www.4.ncsuedu/grhess.
29. Nichols, J. M., 2005, **a major urban earthquake: planning for Armageddon**, *Landscape and Urban Planning*, 73, 132-146.
30. Peiser, R . (2001). **Decomposing urban sprawl**, *Town Planning Review* 72(3).
31. Robinson, L., Newell, J. P, Mar 2 luff, J. M .2004. **Twenty-five years of sprawl in Seattle**.
32. Sameni, J., (1994). **Titles and Headings of Cities**, Jahane Andishe Publication, Mashad. (In Persian).
33. Sung, Hyungun., Oh, Ju-Taek. (2010). **Transit-Oriented Development in a High-Density City: Identifying its Association with Transit Ridership in Seoul, Korea**, *Cities*.
34. Zhang, T. (2000). **"Land Market Forces and Government's Role in Sprawl"**, *Cities*, Vol.17, No. 2.