

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و یکم، پاییز ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۰۵

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰

صفحات: ۲۰۶ - ۱۸۷

ارزیابی آسیب‌پذیری تأسیسات شهری در مقابل زلزله، نمونه مورد مطالعه: محله قدغون بروجرد

علی حسینی^{۱*}، فرشیده امیدواری ابرقوئی^۲، علیرضا فلاحی^۳، زهرا اهری^۴، شریف مطوف^۵

چکیده

از شرایط حیات محلات در شهر، وجود زیرساخت‌های تأسیساتی چون آب، فاضلاب، برق، گاز و ... می‌باشد. وجود نقصان در عملکرد هر بخش از این تأسیسات، موجب خدشه‌دار شدن زندگی در محله می‌شود و آسیب‌پذیری کل محله را به دنبال خواهد داشت؛ بنابراین سنجش میزان آسیب‌پذیری تأسیسات شهری و شناخت وضع موجود آن‌ها، از اولین گام‌های کاهش آسیب‌پذیری شهر است. پژوهش حاضر با هدف کاربردی کردن دانش بنیادین ارزیابی آسیب‌پذیری، به روش توصیفی و با رویکرد کمی به ارزیابی میزان آسیب‌پذیری تأسیسات در مقابل زلزله در دو دسته شاخص‌های عینی و مدیریتی (که هرکدام دارای زیرشاخص‌هایی هستند که به روش دلفی-AHP وزن‌گذاری و نقشه‌هایشان در محیط GIS تولید شده‌اند)، در مقیاس محله قدغون بروجرد می‌پردازد. نتایج حاصل از مطالعات میدانی و مصاحبه با مسئولین ذیربط نشان می‌دهد که پس از گذشت ۱۲ سال از آغاز فرایند بازسازی این محله، ۲۷٪ لوله‌های فاضلاب، ۳۵٪ لوله‌های آب شهری، ۸۰٪ سیم‌های برق، ۲۴٪ تیرهای چوبی، ۵۱٪ لوله‌های گاز تعویض شده است. از طرفی عدم لحاظ استانداردهای لرزه‌ای سیستماتیک و برنامه مدیریت بحران در تأسیسات، کاهش جزئی در آسیب‌پذیری آن‌ها را منجر شده است. نتایج حاصل از ارزیابی آسیب‌پذیری تأسیسات در شاخص‌های عینی نشان می‌دهد، تمامی ۵ شاخص لوله‌های فاضلاب، آب شهری، برق، گاز و مخبرات، عددی بالاتر از ۳ از ۵ را کسب نموده؛ و در شاخص‌های مدیریتی از میان ۶ مورد بررسی شده، شاخص‌های وجود استاندارد و برنامه‌ریزی با عدد بالاتر از ۴ و شاخص‌های تراکم و عمر تأسیسات در بازه ۲-۳ از ۵ ارزیابی شده‌اند. در مجموع عدد آسیب‌پذیری تأسیسات در دودسته شاخص‌های عینی و مدیریتی به ترتیب برابر ۳،۴۷ و ۲،۸۰۵ از بازه ۰-۵ است که در ترکیبی وزنی، عدد آسیب‌پذیری تأسیسات محله ۳،۲۴۹۶ با آسیب‌پذیری متوسط روبه بالا ارزیابی می‌شود.

واژگان کلیدی: تأسیسات شهری، ارزیابی آسیب‌پذیری، محله قدغون بروجرد، زلزله.

^۱- مری، گروه مهندسی معماری، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز (نویسنده مسئول)

^۲- مری، گروه هنر و معماری، موسسه غیرانتفاعی آموزش عالی کارون اهواز

^۳- استاد، گروه سوانح و بازسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

^۴- دانشیار، گروه مستندنگاری و مطالعات معماری ایران، دانشگاه شهید بهشتی تهران

^۵- استادیار مدعو، گروه سوانح و بازسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

ali.hosseini@scu.ac.ir

Farshideh.omidvari@karoon.ac.ir

alifallahi30@gmail.com

ahari@sbu.ac.ir

Sm_1332@yahoo.com

مقدمه

در شهرهای کنونی، جریان‌هایی ملموس از منابع انرژی، اطلاعات و برطرف‌کننده نیازهای اولیه برقرار است. کافی است برای درک میزان آسیب‌پذیری این شهرها در مقابل تغییر جریان منابع، تصور کنیم به مدت ۲۴ ساعت شبکه آبرسانی شهر، یا حتی یک ساعت در گرمای طاقت فرسای تابستان، جریان برق قطع شود. این مسائل نمونه‌ای از بحران‌های معاصر شهرها می‌باشند. وجود آسیب‌پذیری در شبکه تأسیسات و اختلال در جریان منابع به شهرها و محلات، به‌خصوص در مواقع وقوع بحران‌هایی چون زلزله، علاوه بر مختل کردن زندگی مردم، زمان و هزینه‌های بسیاری در تعمیر و بازسازی زیرساخت‌ها را به دنبال خواهد داشت.

با وقوع زلزله فروردین ماه ۱۳۸۵ با شدت ۶٫۱ در مقیاس ریشتر، بافت مرکزی شهر بروجرد به دلیل آسیب‌پذیری بالا و عدم کاهش آن پیش از سانحه، آسیب‌های فراوانی را در شبکه زیرساخت‌ها متحمل شد. مرحله بازسازی پس از زلزله و اختصاص منابع مالی و انسانی، فرصت استثنایی کاهش آسیب‌پذیری در مقابل سوانح آتی را برای شهر به وجود آورد. درحالی‌که به نظر می‌رسد بازسازی زیرساخت‌های شهری، پس از گذشت بیش از یک دهه از لحظه وقوع سانحه، نتوانسته موجبات کاهش آسیب‌پذیری را ایجاد نمایند. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری تأسیسات شهری پس از اتمام بازسازی پس از زلزله سال ۸۵ می‌باشد و در پی پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر است: میزان آسیب‌پذیری تأسیسات محله در مقابل زلزله آتی چقدر است؟ این عدد نسبت به دوران پیش از وقوع زلزله ۸۵ کاهش/افزایش داشته است؟ آیا این میزان، با توجه به چرخه فنی مدیریت بحران که بایستی با طی هر دوره از چرخه، آسیب‌پذیری‌ها کاهش چشمگیری داشته باشد، قابل‌قبول است یا خیر؟ نتایج حاصل از این پژوهش به افزایش آگاهی سازمان‌های مرتبط با زیرساخت‌های شهری از فاکتورهای کاهنده آسیب‌پذیری خواهد انجامید.

در ادامه مقاله به ارائه تعریفی اجمالی از آسیب‌پذیری شهری پرداخته و سپس برخی از تجارب مهم در این زمینه را مطرح خواهد نمود: واژه آسیب‌پذیری^۱ شهری به میزان خساراتی اطلاق می‌شود که در صورت بروز سانحه بر اجزا و عناصر شهری وارد شده و مقدار آن برحسب ماهیت و کیفیت آن‌ها متفاوت است همچنین این مفهوم به‌عنوان یک پدیده گسترده و همه‌جانبه بوده که تمامی عوامل موجود در یک شهر را در بر می‌گیرد و به دلیل وابستگی عناصر به یکدیگر در یک شهر به‌عنوان یک سیستم عظیم، میزان آن به سرعت افزایش می‌یابد (احد نژاد، جلیل‌پور، ۱۳۹۰). بهترین زمان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهری در چرخه مدیریت بحران، پیش از وقوع سانحه و به همراه اقدامات آمادگی می‌باشد. البته بایستی به این نکته توجه داشت که ارزیابی وضع موجود در سایر مقاطع چرخه نیز مورد نیاز بوده و بایستی مورد توجه قرار گیرد، یکی از این زمان‌ها پس از وقوع سانحه است. در ارتباط با ارزیابی آسیب‌پذیری در برابر زلزله، پژوهش‌های چندی در سطح ایران و جهان صورت پذیرفته است. همچنین در دو دهه گذشته، چندین مدل برای محاسبه میزان آسیب‌پذیری بافت شهری برای جهت دادن به تصمیمات جوامع به‌منظور کاهش

1- Vulnerability

آسیب‌پذیری ناشی از زلزله ارائه شده است که خلاصه‌ای از اهم روش‌های بکار گرفته‌شده برای اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری شهری در جدول شماره ۱ آمده است (حسینی، ۱۳۹۶):

جدول ۱: مروری بر روش‌های اندازه‌گیری آسیب‌پذیری

منبع	فرآیند تحقیق و اجرا	پایه‌های نظری	روش‌های اندازه‌گیری میزان آسیب‌پذیری
(Rashed & weeks, ۲۰۰۳ -)	استفاده از شاخص‌های آسیب‌پذیری و تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش‌ازدور	به هزینه در بازسازی بایستی توجه شود	استفاده از روش AHP و نرم‌افزار GIS مدل‌سازی کرده
(Antonioni, Spandoni & vcozzani, ۲۰۰۰)	استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و الگوریتمی ارائه	تأسیسات صنعتی در آسیب‌پذیری شهری نقش تعیین‌کننده‌ای دارند	تأثیرات زلزله بر تأسیسات صنعتی با استفاده از اطلاعات زلزله‌های پیشین بررسی و الگوریتمی ارائه
(بنرجی، ۱۳۷۳)	استفاده از رسم گرافیکی برای بیان خصوصیات مختلف- از طریق کار میدانی برای هریک از شاخص‌ها نقشه تهیه‌شده و نواحی آسیب‌پذیر آن شاخص را مشخص کرده است.	ساده‌ترین شکل آسیب‌پذیری شهری تابعی است خطی و امتیازی که امتیاز نهایی میانگین وزنی امتیازهای هریک از شاخص‌هاست	رسم گرافیکی خصوصیات مختلف مقیاس آسیب‌پذیری شهر معیاری برای تعیین آسیب‌پذیری‌هاست
(شبعه، حبیبی و ترابی ۱۳۸۹)	این روش تلفیقی است از روش منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی. مراحل روش: ارائه شاخص‌های انتخاب‌شده، ارائه تحلیل سلسله‌مراتبی معکوس با استفاده از AHP امتیازدهی می‌شود و تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه آسیب‌پذیری	تحلیل نقشه‌های بدست آمده از اهمیت فراوانی در این روش از محاسبه میزان آسیب‌پذیری دارد نقشه‌های تولید شده حتماً بایستی توصیف شوند تا برای عموم قابل درک شوند.	استفاده از روش inversion hierarchical weight process که به اختصار IHW نام دارد. تلفیقی است از روش منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی
(احد نژاد و جلیل پور ۱۳۸۸)	به‌کارگیری روش سلسله‌مراتبی AHP- روش معیاری، تجربی و روش‌های کمی به‌عنوان روش تحقیق، وزن دهی از ۱ تا ۹ به شاخص‌ها و استفاده از امکانات تحلیلی و نمایشی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و ارائه سناریوهای زلزله، استفاده از AHP در تولید نقشه کاربری، توجه به دو عامل فاصله و شعاع دسترسی برای فضاهای باز	برای بررسی میزان آسیب‌پذیری شهری بایستی مدل سازی کرد. دسته‌بندی عوامل آسیب‌پذیر شهری به دودسته عوامل بیرونی (جانبی) و درونی (ذاتی)، توجه به دیدگاه سامانه‌ای تعیین آسیب‌پذیری شهر تنها با یک شاخص گویا نبوده بلکه باید شاخص‌های مختلف و در کنار همدیگر مطالعه گردند.	استفاده از امکانات تحلیلی و نمایشی سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و ارائه سناریوهای زلزله مدل‌سازی و ریز پهنه‌بندی آسیب وارده به ساختمان‌ها، تلفات انسانی و خسارات اقتصادی به ساختمان‌های شهر زنجان

<p>(منزوی و همکاران، ۱۳۸۹)</p>	<p>تقسیم به دودسته شاخص زمین‌ساخت و انسان‌ساخت، وزن دهی در دو مرحله به‌صورت ذاتی و مقایسه‌ای که در دومی با استفاده از نظر کارشناسان و AHP و مدل‌سازی با استفاده از GIS استفاده از مدل وزنی برای هرکدام از معیارها مجموع حاصل ضرب وزن زیرمعیارها در مقادیر آن زیر معیار در محله ضرب شده و از مجموع اعداد بدست آمده زیرمعیارها عدد آسیب‌پذیری آن معیار بدست می‌آید.</p>	<p>برای توسعه بخش‌های مرکزی شهرهای پرمخاطره الگوی شهر فشرده، توجه به ریزدانگی، تراکم ساختمانی و تراکم جمعیتی توصیه‌شده تحلیل و تفسیر جامع بر داده‌ها و نتیجه‌گیری و سعی بر ارائه چارچوب مفهومی تقسیم نظام‌های آسیب به دودسته آسیب‌زا و آسیب‌پذیر</p>	<p>شناخت زمینه‌ها و عوامل اصلی آسیب‌پذیری فضاها و بافت‌های قدیمی، شناخت الگوی توزیع جمعیت و تأثیر آن در آسیب‌پذیری فضاها و بافت‌های فرسوده از زلزله، شناخت نوع و نظام فعالیت و تأثیر آن در آسیب‌پذیری فضاها و بافت‌های فرسوده از زلزله، شناخت تأثیر قدمت بنا و مصالح در آسیب‌پذیری فضاها و بافت‌های شهری، تلاش در جهت تدوین چارچوبی مفهومی</p>
<p>(حمیدی ۱۳۷۳)</p>	<p>استفاده از تجربه بازسازی و مطالعه میدانی مرحله‌بندی ارزیابی آسیب‌پذیری به سه مرحله ارزیابی هم‌جواری عناصر ساختار کالبدی، ارزیابی ترکیب عناصر ساختار کالبدی و توالی مراحل وقوع زلزله، ارزیابی ترکیب‌های عناصر فرم شهر (بافت، ساخت، موقعیت) و دادن نمره در چهار رده به آسیب‌پذیری هر یک از این عناصر در چرخه مدیریت بحران، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری شهری در مقاطع مختلف و تبدیل آن به اعداد کمی‌ای در شاخصی خاص و در آسیب‌پذیری کلی شهر</p>	<p>شناخت و تحلیل کارایی شهر در مقاطع مختلف زلزله در چرخه مدیریت بحران جهت تعیین میزان آسیب‌پذیری ضروری است. ارزیابی آسیب‌پذیری عناصر تشکیل‌دهنده شهر یعنی ساختمان، ترکیب قطعه‌بندی بافت، راه‌ها و الگوی استفاده و تبیین نحوه ارزیابی هرکدام از این عناصر ضروری است. در بررسی بایستی به عملکرد شاخص‌ها در چرخه مدیریت بحران توجه شود</p>	<p>شناخت و تحلیل عناصر ساختار کالبدی شهر و عناصر طبیعی و اثرات این دو بر یکدیگر ارزیابی آسیب‌پذیری عناصر تشکیل‌دهنده شهر یعنی ساختمان، ترکیب قطعه‌بندی بافت، راه‌ها و الگوی استفاده و تبیین نحوه ارزیابی هرکدام از این عناصر</p>
<p>(حبیبی، پورا حمد، مشکینی، عسگری، نظری عدلی، ۱۳۸۷)</p>	<p>استفاده از GIS و FUZZY LOGIC</p>	<p>عوامل ساختمانی در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری مؤثر است.</p>	<p>تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان</p>

داده‌ها و روش‌ها

آنچه این بخش به دنبال پاسخ به آن است؛ بررسی فنون و ابزارهای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری است، فراوانی فن‌های بدست آمده از این بررسی در جداول ۲ ارائه شده است (حسینی، ۱۳۹۶):

جدول ۲: فراوانی فن های ارزیابی آسیب پذیری

فراوانی	انواع فن در ارزیابی آسیب پذیری
۱	تعیین میزان آسیب پذیری شهری به شکل ساده و به صورت خطی که امتیاز نهایی میانگین وزنی امتیازهای هریک از شاخص هاست.
۱	استفاده از روش inversion hierarchical weight process که به اختصار IHWP خوانده می شود.
۱	توجه به چرخه مدیریت بحران در تعیین میزان آسیب پذیری و توجه به عملکرد شاخص ها در چرخه
۱	استفاده از FUZZY LOGIC
۱	استفاده از پرسشنامه، طیف لیکرت
۲	به کارگیری روش سلسله مراتبی AHP
۵	وزن دهی با استفاده از نظر کارشناسان و AHP و مدل سازی با استفاده از GIS
۲	ریخت شناسی توسعه و توجه به سن و مرحله توسعه در منطقه جغرافیایی
۱	توجه به دیدگاه سامانه های تعیین آسیب پذیری شهر

بنابراین با توجه به جدول ۳ مشاهده می شود، فن وزن دهی با استفاده از نظر کارشناسان و پس از آن مدل سازی با استفاده از نرم افزار GIS بیشترین فراوانی را در میان مطالعات و بررسی های صورت گرفته دارد. از مهم ترین مزیت های این روش می توان به امکان استفاده از تعداد زیادی از شاخص ها اشاره نمود که نتیجتاً دقت در مطالعه را افزایش خواهد داد، انواع ابزارهای برداشت داده های مکانی در ارزیابی آسیب پذیری بر اساس مطالعات حاصل از روش های ذکر شده در جدول ۲ به شرح جدول ۳ است (حسینی، ۱۳۹۶).

جدول ۳: انواع ابزارهای برداشت داده در ارزیابی ها

فراوانی	انواع ابزار مطالعه
۲	ارزیابی آسیب پذیری بدون استفاده از نرم افزار و با مطالعه میدانی
۸	تهیه یک نقشه آسیب پذیری از GIS با استفاده از مطالعه میدانی
۶	تهیه یک نقشه آسیب پذیری از GIS با استفاده از سنجش از راه دور و گردآوری اطلاعات بناهای شهری با استفاده از تحلیل تصاویر، استفاده از گوگل برای دیدن شهرها
۱	ارائه از طریق رسم گرافیکی خصوصیات مختلف
۴	تکیه بر زیرساخت داده مکانی، مطالعات موجود مکان ها و به کارگیری آمارهای استنتاج شده
۱	استفاده از بررسی اطلاعات زلزله های پیشین و ارائه الگوریتمی

روش انجام تحقیق:

روش انجام پژوهش، عملی و با رویکرد کمی می باشد. در ابتدا با مطالعه اسنادی به استخراج شاخص های تعیین کننده میزان آسیب پذیری تأسیسات شهری در مقابل زلزله در یک محله مرکزی شهر پرداخته و آن ها را در دو دسته شاخص های عینی و مدیریتی قرار می دهد. تحلیل داده های بدست آمده از مطالعات میدانی و مصاحبه عمیق و پرسشنامه ای با مسئولین و ذی نفعان با استفاده از نرم افزار GIS و در قالب لایه های برگرفته از تحلیل تصاویر و استفاده از گوگل مپ برای دیدن شهر و به کارگیری آمارهای استنتاج شده، استفاده از دیتابیس های داده های مکانی با

اوزانی که از طریق روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) تعیین شده‌اند انجام شده است. داده‌های به کار گرفته شده در این پژوهش به چند بخش اصلی داده‌های برآمده از اسناد و مدارک، داده‌های برآمده از مطالعات میدانی و در نهایت داده‌های برآمده از مصاحبه^۱ با شهروندان، متخصصین و مسئولین (با مراجعه به ادارات مربوطه مانند شهرداری، فرمانداری، میراث فرهنگی، هلال احمر، اداره‌های برق، آب، گاز و تلفن) تقسیم می‌شود. لازم به ذکر است که به منظور گردآوری اطلاعات تکمیلی از اطلاعات زلزله‌های پیشین نیز استفاده شده است. از آنجا که زیر شاخص‌های عینی تعیین کننده میزان آسیب پذیری، به صورت تخصصی و به تفکیک هریک از انواع تأسیسات مطرح می‌باشند، میزان وجود این شاخص‌ها در مطالعات میدانی و در قالب نقشه در یافته‌های تحقیق ارائه خواهد شد؛ بنابراین در ادامه شاخص‌های مدیریتی تعیین کننده میزان آسیب پذیری تأسیسات شهری برگرفته از مطالعه متون تخصصی و تجربیات و تحقیقات مشابه با ذکر منبع از قرار جدول ۴ ارائه می‌شوند:

جدول ۴: شاخص‌های مدیریتی تعیین کننده میزان آسیب پذیری

شاخص	زیر شاخص	سوالات	توضیحات	مقطع اثرگذار در چرخه مدیریت بحران	منابع
تراکم جمعیتی (تعداد کاربر)	- تعداد افراد بر هکتار در فصلی	جمعیت ساکن در محله مساوی یا کمتر از ۳۰۰ نفر در هکتار، ۴۰۰-۴۰۰-۵۰۰ نفر در هکتار، ۶۰۰ مساوی یا بالاتر از ۶۰۰	تراکم بالا برابر با تلفات و خسارات بالاست؛ و این به این دلیل است که امکان گریز از خطر و امکان تخلیه مصدومان را کم و موجب کمبود فضای برای اسکان موقت است	کلیه مقاطع	UN-HABITAT (۲۰۰۷)؛ (Mittal, 2007)؛ k.jha و barenstein (2010)؛ (Luthra, 2009)؛ (منزوی و همکاران، ۱۳۸۹)
میزان ایمنی تأسیساتی (میزان رعایت استانداردها، دستورالعمل‌های لازم، میزان بازدید از تأسیسات، نحوه مدیریت زیرساخت‌ها)	- تعداد استانداردهای رعایت نشده در تأسیسات محله، دستورالعمل‌هایی جهت انجام عملیات ایمنی، بازدید تسهیلات زیر بنایی - تعداد مدیریت و برنامه‌های موجود از میان مدیریت‌های زیر در محله: - مدیریت آب، مدیریت فاضلاب،	چه استانداردهایی رعایت نشده است؟ چه دستورالعمل‌هایی در سامانه‌های تأسیساتی رعایت نشده است؟ چه تعداد بازدید به منظور کنترل از تأسیسات شهری در بازه زمانی مشخص انجام می‌شود؟ کدامیک از مدیریت‌های تأسیسات وجود ندارد؟ مدیریت آب، مدیریت فاضلاب،	برخی از استانداردهای قابل طرح: قرار گرفتن در مسیر دسترسی سریع جلوگیری از توسعه نامناسب برای شریان‌های حیاتی	کلیه مقاطع	(حبیب، ۱۳۷۱)؛ (نرجی، ۱۳۷۳)؛ (فتحی رشید و قلی زاده، ۱۳۸۷)؛ (کاشانی جو، ۱۳۷۸)؛ (شیعه و دیگران، ۱۳۸۹)؛ (ابوطالبی، ۱۳۸۷)؛ (قشقای، ۱۳۹۰)؛ (احمدی، ۱۳۷۶)؛ (Bahrainy, 1998)؛ (Sheu و Cheng, 1995)؛ (Brown, 2010)؛ (Luthra, 2009)؛ (Sengupta و

۱- پرسشنامه‌های مختلف به تفکیک سه مخاطب اصلی: مطلعین محلی، مسئولین محلی و متخصصین طراحی و تکمیل گردید.

<p>؛(Benerji و k.jha) 2009 ؛(barenstein 2010) G. و R. Wolfe) (Heikkala</p>			<p>خشک، مدیریت بخار آب، منابع انرژی، شبکه‌های ارتباطی.</p>	<p>زباله خشک، مدیریت بخار آب، منابع انرژی، شبکه‌های ارتباطی</p>	
<p>(حبیب، ۱۳۷۱)؛ (بنرجی، ۱۳۷۳)؛ (قادری مطلق و شوره، ۱۳۸۷)؛ (امینی و دیگران، ۱۳۸۹)؛ (محمد زاده، ۱۳۸۹)</p>	<p>اضطراری ساماندهی</p>	<p>دوری کاربری مسکونی و کاربری‌های ویژه شهری (مانند آموزشی، بهداشتی، درمانی) از لوله‌های گازرسانی و نفت، مسیله‌ها و نهرهای عمومی و دکل‌های برق طرح شبکه‌ها و تخصیص زمین و جانمایی برای زیرساخت‌ها محفوظ ماندن از حریم دکل‌های برق و منابع آب هوایی عدم هم‌جواری با دکل‌های برق و منابع آب هوایی، کاربری صنعتی، کارخانه‌های شیمیایی و راکتورهای اتمی، ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز، ایستگاه‌های برق فشارقوی، ایستگاه بازیافت زباله، پمپ‌بنزین</p>	<p>چه تأسیسات و تجهیزات شهری در محله وجود دارد؟ کجاها و به چه تعداد؟ آیا هم‌جواری‌ها رعایت شده است؟ جانمایی کاربری‌های ناسازگار مجاور مناطق مسکونی چگونه است؟ فاصله شعاعی تا کاربری پرخطر چقدر است؟ بالای ۳۰۰ متر با فضاهای پرخطر امتیاز ۱، بین ۱۵۰ تا ۱۵۰ تا ۵۰ متر کمتر از ۵۰ متر جانمایی کاربری‌های مجاور تأسیسات حیاتی چگونه است؟ آیا کاربری‌ها ناسازگار در مجاورت وجود دارند؟ حریم این تأسیسات و تجهیزات شهری با سایر کاربری‌ها رعایت نشده است؟ فاصله شعاعی تأسیسات و تجهیزات شهری پرخطر با کاربری‌های عمومی، فضاهای باز، معابر و محلات مسکونی چقدر است؟ بالای ۳۰۰ متر با فضاهای پرخطر امتیاز ۱، بین ۱۵۰ تا ۱۵۰ تا ۵۰ متر کمتر از ۵۰ متر</p>	<p>- تعداد و جانمایی تأسیسات (آبرسانی، گاز، برق، مخابرات) ناسازگار با اطراف - تعداد و جانمایی عدم رعایت حریم‌های تأسیسات - تعداد کاربری‌های خطرناک و فاصله با کاربری‌های مسکونی - تعداد و جانمایی هم‌جواری تأسیسات و تجهیزات پرخطر با کاربری‌های عمومی، فضاهای باز، معابر</p>	<p>میزان ناسازگاری (میزان کاربری‌های ناسازگار موجود در مجاورت معبر، کاربری‌های عمومی، فضاهای باز شهری به تفکیک، میزان تمرکز زیرساخت‌ها در محله)</p>
<p>Grazia De) (2012 ،Paoli</p>	<p>پیش از وقوع، اضطراری</p>	<p>تأسیسات و مراکز ذخیره آب، پمپ‌بنزین، شیر آتش‌نشانی، باند فرودگاه، پایانه‌ها (راه‌آهن، اتوبوس) سدهای بزرگ، خطوط انتقال نفت و گاز، شبکه‌های به هم پیوسته برق و مخابرات استفاده بیش‌ازحد و کوچک بودن برای رفع نیازهای جدید موجب فرسودگی</p>	<p>چه تعداد تأسیسات و تجهیزات فرسوده در محله وجود دارد؟ هرکدام از تأسیسات شهری و شریان‌های حیاتی چقدر عمر کرده‌اند؟ آیا این تأسیسات برای استفاده کنونی پاسخگو هستند؟ چند نفر استفاده می‌کنند؟ چند نفر برای استفاده مجاز است؟</p>	<p>- تعداد تأسیسات و شریان‌های حیاتی فرسوده - عمر شریان‌ها - تعداد استفاده‌کنندگان - تعداد ظرفیت مجاز تأسیسات و شریان‌های حیاتی به تفکیک</p>	<p>فرسودگی تأسیسات شهری و شریان‌های حیاتی (میزان عمر تأسیسات، نسبت استفاده از تأسیسات به ظرفیت آن‌ها)</p>

نقشه‌های میزان آسیب‌پذیری تأسیسات شهری در محله

با توجه به شاخص‌ها و زیرشاخص‌های پیش‌گفته و دسته‌بندی آن‌ها، در ادامه نحوه تولید هر نقشه در شاخص عینی و مدیریتی ارائه شده است:

نقشه آسیب‌پذیری تأسیسات (آبرسانی، گاز، برق، مخابرات) و کاربری‌های خطرزای ناسازگار با اطراف: این نقشه‌ها به تفکیک برای فاضلاب شهری، آب شهری، تیرهای برق، لوله‌های گاز و دریچه‌های آدم‌روی مخابرات، تهیه شده و با روی هم قرارگیری لایه‌ها، نقشه نهایی تأسیسات محله تولید شده است. عدد آسیب‌پذیری موارد مورد بررسی در هر نقشه از طریق مصاحبه با متخصصین به روش دلفی و به تفکیک تأسیسات و فراوانی وجود آن‌ها در سطح محله، تعیین شده است. (به عنوان مثال در نقشه لوله‌های فاضلاب شهری، عدد آسیب‌پذیری انواع لوله‌های پلی اتیلن PE200، چدنی C ۵۰۰ و چدنی C ۳۰۰ به ترتیب ۲، ۵ و ۴ از ۵ برآورد شده است)

نقشه تراکم جمعیتی محله: ابتدا با استفاده از آمارهای شبکه بهداشت، آمار جمعیت محله و بعد خانوار آن تخمین زده شد و در ادامه با استفاده از نقشه تعداد واحد و اختصاص متوسط بعد خانوار که در این محله ۳٫۵ برآورد شده بود این نقشه تهیه گردید. با توجه به مصاحبه‌های صورت گرفته با مسئولین و بیان اینکه معمولاً تأسیسات با توجه به محدودیت‌های ساختاری قابلیت اضافه کاربرد را نداشته و حتماً بایستی ارتقا یابند، بنابراین در این محله توسعه لازم برای تأسیسات، با شتاب افزایش تراکم جمعیت، همگام نبوده و نتوانسته به حد مطلوب برسد.

استانداردهای رعایت نشده در تأسیسات: استاندارد خاصی در اجرای تأسیسات محله در مورد سوانح، وجود نداشته و به تعویض این تأسیسات پس از فرسایش کفایت می‌شود. لذا با توجه به عدم در نظرگیری استانداردهای متناسب با سوانح از این حیث، آسیب‌پذیری بالایی وجود دارد.

تعداد مدیریت و برنامه‌های موجود برای مقابله با سوانح: به دلیل فقدان مدیریت و یا برنامه خاص از پیش تعریف شده‌ای، درزمینه سوانح طبیعی همچون زلزله، در این شاخص آسیب‌پذیری بسیار بالا ارزیابی می‌شود. جانمایی موارد عدم رعایت حریم تأسیسات: به دلیل عدم نقض حریم تأسیسات در محله، از تولید این نقشه صرف نظر شد.

میزان سازگاری و یا ناسازگاری تأسیسات در محله: در مواقع وقوع زلزله بیشترین تأثیر را بر آسیب‌پذیری دارد. در حالت کلی ناسازگاری خاصی در تأسیسات محله وجود ندارد و نقشه آن برای محله قدغون ارائه نشده است.

عمر تأسیسات شهری: برای تولید داده‌های این شاخص، تمامی آنچه در مورد تأسیسات عینی محله پیش از سانحه وجود داشته و متعاقباً با استفاده از مصالح آسیب‌پذیر اجرا می‌شده است به‌عنوان تأسیسات با عمر بالا و پرخطر لحاظ شده است.

یافته‌های تحقیق

بروجرد واقع در استان لرستان به‌عنوان یکی از زلزله خیزترین شهرهای ایران، دارای بافت تاریخی مرکزی وسیعی به قدمت صدها سال است. این شهر در پهنه پنجم پهنه‌بندی سطحی خطر نسبی زلزله در ایران شناسایی شده است. از دلایل این امر می‌توان به وجود گسل‌های فراوان در اطراف این شهر و وقوع زلزله‌های با شدت بالا در ۱۰۰ سال اخیر اشاره کرد. از طرفی احتمال وقوع حوادث ثانویه پس از زلزله مانند روانگرایی و فرونشست بیش از سایر سوانح این شهر را تهدید می‌کنند.

محلّه قدغون به‌عنوان یکی از محلات تاریخی این شهر در مرکز آن واقع است. پیش از وقوع زلزله، ویژگی‌های این محلّه به مانند سایر محلات تاریخی منحصربه‌فرد بوده و قابل‌بازشناسی است. با وقوع زلزله ۱۳۸۵ بروجرد، این محلّه به دلیل آسیب‌پذیری بالا، دچار تخریب‌های فراوان شد. تخریب‌هایی که در فرایند بازسازی با شدت بیشتر ادامه یافت تا در نهایت بافت همگون محلّه را از میان برد. هم‌اکنون پس از مدت ۱۲ سال از وقوع زلزله و نوسازی بناها در محلّه، مطابق اسناد فرا دست محلی و ملی، همچنان مسائل و مشکلاتی در آن وجود دارد که بیانگر آسیب‌پذیری بالاست. در ادامه وضعیت محلّه در شاخص‌های عینی و مدیریتی تعیین‌کننده میزان آسیب‌پذیری تأسیسات در قالب نقشه و جدول آمده است.

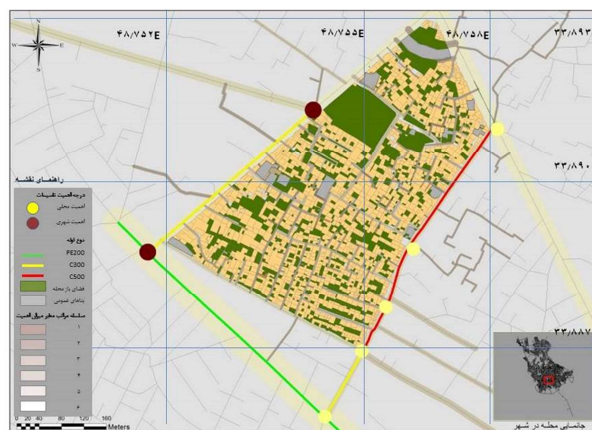
شاخص‌های عینی میزان آسیب‌پذیری تأسیسات شهری در محلّه

نقشه جانمایی تأسیسات فاضلاب در سطح محلّه (دسته‌بندی شده بر اساس میزان آسیب‌پذیری): این شاخص بر کلیه مقاطع چرخه مدیریت بحران اثرگذار است؛ این در حالی است که با توجه به مسائل بهداشتی و بیماری‌های واگیردار ایجاد شده پس از وقوع بحران‌ها به نظر می‌رسد در بازه اضطراری و ساماندهی اثرگذاری بیشتری داشته باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده لوله‌های فاضلاب موجود در این محلّه از دو نوع پلی‌اتیلن و چدنی می‌باشند. این جدول نشان می‌دهد، در مجموع ۷۴٪ از طول لوله‌های فاضلاب موجود در محلّه از جنس چدن بوده و آسیب‌پذیری بالایی را در محلّه موجب شده است.

جدول ۵: نوع تأسیسات فاضلاب و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها

نوع لوله فاضلاب	عدد آسیب‌پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسیب‌پذیری وزن‌دار
پلی‌اتیلن PE200	۲	۰,۲۷	۰,۵۴
چدنی ۵۰۰C	۵	0.39	۱,۹۵
چدنی ۳۰۰C	۴	0.34	۱,۳۶
جمع		۱	۳,۸۵

شایان‌ذکر است که لوله‌های ترسیم شده در نقشه زیر فقط لوله‌های با اهمیت محلی و شهری می‌باشد. از طرفی مجموعاً ۷ عدد درجه فاضلاب در محلّه وجود دارد که از نظر اهمیت ۵ عدد از آن‌ها در سطح محلی و ۲ عدد در سطح شهری اهمیت دارند.



شکل ۱: آسپ پذیری تأسیسات فاضلاب در سطح محله: منبع: نگارندگان

نقشه جانمایی لوله‌های آب شهری در محله (دسته‌بندی شده بر اساس میزان آسپ پذیری): دسترسی به آب آشامیدنی بهداشتی یکی از نیازهای اولیه جامعه است که با وقوع زلزله در شهرها، تأمین این نیاز با مشکل مواجه می‌شود. وجود آسپ‌پذیری در این شاخص در مقاطع پس از وقوع بحران به ویژه مقطع اضطراری و ساماندهی اثرگذاری بالایی دارد.

جدول ۶: انواع لوله‌های آب شهری در محله و میزان آسپ‌پذیری آن‌ها

نوع لوله آب	عدد آسپ‌پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسپ‌پذیری وزن‌دار
پلی‌اتیلن PE75	۱,۵	۰,۳۵	۰,۵۲۵
پلی‌اتیلن PE160			
چدنی AC100	4	۰,۵۵	۲,۲
چدنی CL150			
چدنی CL200	5	۰,۱	۰,۵
جمع		۱	۳,۲۲۵

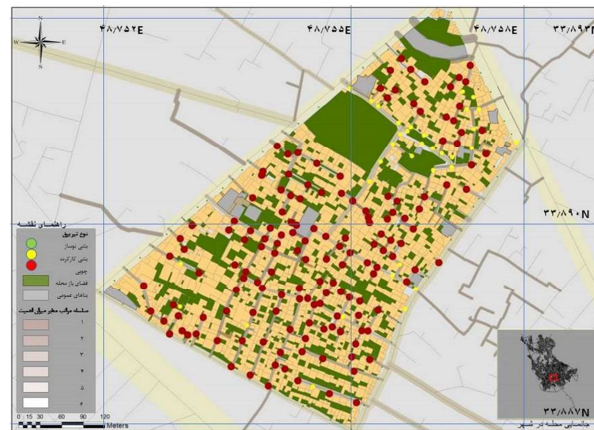


شکل ۲: آسپ‌پذیری لوله‌های آب شهری: منبع: نگارندگان.

نقشه جانمایی تیرهای برق در محله (دسته‌بندی شده بر اساس میزان آسیب‌پذیری): عدم تأمین انرژی الکتریسیته در نحوه زندگی امروزی، علاوه بر اختلال در کلیه سامانه‌های شهری، مسائل عدیده معیشتی نیز ایجاد می‌کند. بیشترین تأثیر این شاخص در مقطع اضطراری پس از وقوع بحران می‌باشد. در محله قدغون، با توجه به تعویض کلیه خطوط انتقال برق در این محله آسیب‌پذیری این خطوط به‌خودی‌خود کاهش چشمگیری یافته و در نتیجه آسیب‌پذیری تأسیسات برقی محله بستگی مستقیم به میزان آسیب‌پذیری تیرهای برق آن دارد. به همین دلیل در این نقشه این تیرها بررسی خواهد شد. داده‌های مربوط به تیرهای برق موجود در محله که از طریق برداشت میدانی گردآوری شده است حاکی از آن است که در مجموع ۲۴۷ تیر برق در محله وجود دارد.

جدول ۷: نوع تیرهای برق در محله و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها

نوع تیر چراغ برق	عدد آسیب‌پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسیب‌پذیری وزن دار
چوبی	۴	۰٫۶۲	۲٫۴۸
بتنی قدیمی	۳	۰٫۱۴	۰٫۴۲
بتنی جدید	۱٫۵	۰٫۲۴	۰٫۳۶
جمع		۱	۳٫۲۶

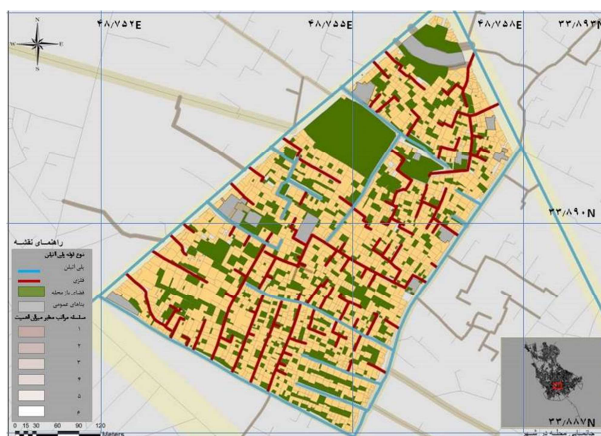


شکل ۳: آسیب‌پذیری تیرهای برق بافت؛ منبع: نگارندگان.

نقشه جانمایی لوله‌های گاز در سطح محله (دسته‌بندی شده بر اساس میزان آسیب‌پذیری): سوخت‌رسانی به شهرها به‌ویژه در مناطق سردسیر و کوهستانی اثرات ثانویه وقوع زلزله را کاهش خواهد داد؛ این شاخص به دو روش بر آسیب‌پذیری شهری اثرگذار است، نخست آسیب‌پذیری سامانه گازرسانی که خدمات‌رسانی را در بازه اضطراری و ساماندهی مختل می‌کند و دوم که اهمیت بیشتری نیز دارد، آسیب‌زایی سیستم و احتمال وقوع انفجار و آتش‌سوزی بلافاصله پس از وقوع زلزله لوله‌های گاز موجود در محله به دو گروه پلی‌اتیلن و فلزی تقسیم‌شده است.

جدول ۸: انواع لوله‌های گاز محله و میزان آسیب پذیری آن‌ها

نوع لوله گاز	عدد آسیب پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسیب پذیری وزن دار
پلی اتیلن	۲	۰/۴۹	۰/۹۸
فلزی	۵	۰/۵۱	۲/۵۵
جمع		۱	۳/۵۳



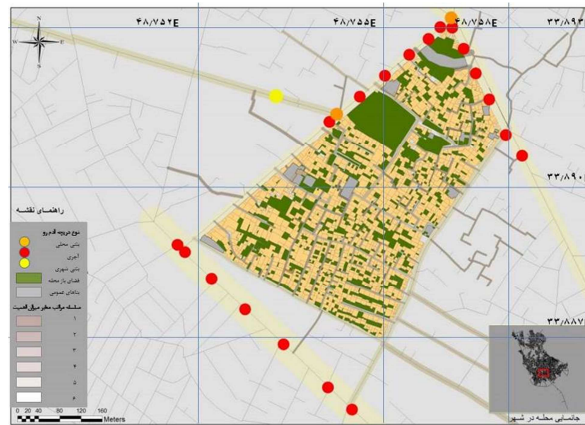
شکل ۴: آسیب پذیری لوله‌های گاز موجود در محله؛ منبع: نگارندگان.

نقشه آسیب پذیری دریچه‌های مخابرات: امروزه نیاز به تداوم ارتباط با سایر افراد و نقاط در مواقع وقوع بحران به منظور ایجاد ارزیابی دقیق از تلفات و خسارات سانحه و مشخص شدن میزان نیاز به امداد و نجات از اهمیت فراوان برخوردار است؛ از طرفی یکی از خسارات عمده وقوع زلزله در مناطق آسیب پذیر قطع خطوط ارتباطی می‌باشد؛ بنابراین این شاخص علاوه بر مقطع هنگام وقوع و اضطراری بر سرعت بازتوانی نیز اثرگذار است. مطابق با اطلاعات موجود در نقشه سه نوع دریچه در این منطقه وجود دارد، دریچه‌های از جنس آجر با ابعاد ۲*۲ که در سطح محلی سرویس دهی کرده و نیز آسیب پذیری بالایی دارند. دریچه‌های نوع دوم که در سطح بخشی از شهر خدمات رسانی می‌کنند از جنس بتن و دارای ابعاد ۳*۳ بوده و آسیب پذیری متوسطی دارند و در نهایت دریچه‌های بتنی شهری که ابعاد متغیر ولی بیش از ۴*۴ داشته و به دلیل نظارت مهندسی بر ساختشان آسیب پذیری بسیار پائینی دارند.

جدول ۹: جنس دریچه‌های مخابرات محله و میزان آسیب پذیری آن‌ها

نوع دریچه مخابرات	عدد آسیب پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسیب پذیری وزن دار
آجری	۴	۰/۸۶	۳/۴۴
بتنی	۳	۰/۰۹	۰/۲۷
بتنی مهندسی	۲	۰/۰۵	۰/۱
جمع		۱	۳/۸۱

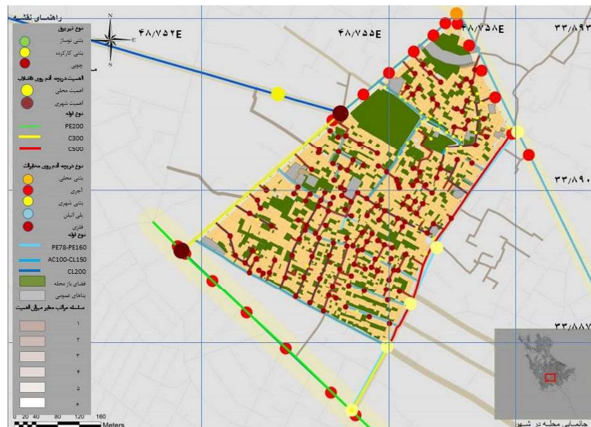
از طرفی لازم به بیان است که سیم‌کشی‌های مخابراتی انعطاف‌پذیری بالایی داشته و در مقابل زلزله آسیب‌پذیری بسیار پائینی را از خود نشان داده‌اند بنابراین آسیب‌پذیری تأسیسات مخابراتی با آسیب‌پذیری دریچه‌ها (همان تقاطع سیم‌های انعطاف‌پذیری) گره‌خورده است.



شکل ۵: آسیب‌پذیری دریچه‌های مخابراتی؛ منبع: نگارندگان.

نقشه آسیب‌پذیری عینی تأسیسات محله:

این نقشه از روی هم قرارگیری وضعیت محله در شاخص‌های عینی وضعیت آسیب‌پذیری محله را از منظر شاخص‌های عینی تعیین‌کننده، نشان می‌دهد؛ که در آن رنگ‌های گرم به‌ویژه رنگ قرمز نشان‌دهنده آسیب‌پذیری بسیار بالا و بالا در تأسیسات بوده و رنگ‌های سرد (رنگ سبز و آبی) بیانگر آسیب‌پذیری کم تأسیساتی است.



شکل ۶: آسیب‌پذیری بافت از ناحیه تأسیسات موجود در آن؛ منبع: نگارندگان.

جدول ۱۰ بر اساس روش AHP اوزان شاخص‌های عینی را نسبت به یکدیگر مشخص و عدد آسیب‌پذیری تأسیسات را در بازه ۰-۵ محاسبه می‌کند.

جدول ۱۰: وزن دهی و محاسبه عدد آسیب پذیری شاخص های عینی آسیب پذیری تأسیسات درون محله به روش AHP

نوع تأسیسات	لوله های فاضلاب	لوله های آب شهری	الکتریسیته	لوله های گاز	دریچه های مخبرات	میانگین هندسی ویژه	عدد آسیب پذیری	عدد وزنی آسیب پذیری
لوله های فاضلاب	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۲۵	۱/۵	۰/۱۰۴۵	۳/۸۵	۰/۴۰۲۳
لوله های آب شهری	۲	۱	۰/۸	۰/۵	۳	۱/۱۹۱۴	۳/۲۲۵	۰/۶۵۴
تأسیسات الکتریکی	۲	۱/۲۵	۱	۰/۵	۳	۱/۳۰۲۶	۳/۲۶	۰/۷۱۲۶
لوله های گاز	۴	۲	۲	۱	۵	۲/۴۰۲۲	۳/۵۳	۱/۴۲۲۹
دریچه های مخبرات	۰/۷۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲	۱	۰/۴۳۹۲	۳/۸۱	۰/۲۸۰۷
جمع						۵/۹۵۸۳	۱	۳/۴۷۲۵

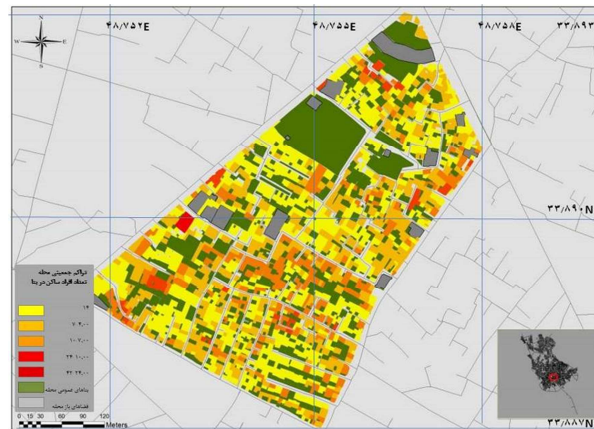
شاخص های مدیریتی میزان آسیب پذیری تأسیسات شهری در محله

تراکم جمعیتی محله (تعداد کاربر): بالا بودن تراکم جمعیتی محله موجب بالا بردن بار وارده بر تأسیسات شده که این امر حتی در شرایط به جز بحران نیز آسیب پذیری تأسیسات محله را افزایش خواهد داد. این مسئله همچنین در مقطع پس از سانحه در زمان اضطراری به دلیل بالا بودن حجم مصدومان و تلفات در محله، آسیب پذیری محله را افزایش داده و بازسازی را با تأخیر و مشکل مواجه خواهد کرد.

جدول ۱۱: آسیب پذیری بر اساس تراکم به صورت نسبی و بر اساس سرانه متوسط خانوار در محله تدوین شده است.

جمعیت ساکن در بنا (نفر)	عدد آسیب پذیری	وزن (عدد فراوانی)	عدد آسیب پذیری وزن دار
۴	۲	۰/۴۵	۰/۹
۷	۳	۰/۳۷	۱/۱۱
۱۰	۳/۵	۰/۱۵	۰/۵۲۵
۱۴	۴	۰/۰۲	۰/۰۸
۲۴ به بالا	۵	۰/۰۱	۰/۰۵
جمع		۱	۲/۶۶۵

نتیجتاً پهنه های با پراکندگی جمعیتی بالا، در حاشیه جنوب غربی، شمال و شمال شرقی محله ارزیابی شده.



شکل ۷: جانمایی تراکم جمعیتی محله؛ منبع: نگارندگان.

لازم به توضیح است که نقشه‌ها یا جداولی که بیانگر وجود استاندارد، وجود مدیریت و برنامه‌ریزی مقابله با بحران و رعایت حریم تأسیسات، در محله باشد (دو شاخص نخست در کلیه مقاطع چرخه و شاخص سوم بر آسیب‌پذیری در مقطع اضطراری اثرگذار است)، در محله قدغون موضوعیت نداشته و تنها در جدول ۱۰ و با توجه به پرسشنامه‌های مأخوذه از مطلعین و مسئولین، عدد آسیب‌پذیری هر کدام استخراج شده است.

وجود کاربری‌های ویژه و زیرساخت‌های ناسازگار: این شاخص در مقطع اضطراری و ساماندهی بر میزان آسیب‌پذیری شهری اثرگذار است. در مورد تأسیسات محله، در حالت کلی ناسازگاری خاصی در محله وجود نداشته و تنها می‌توان به وجود لوله‌های گاز، تأسیسات برق رسانی، تأسیسات آبرسانی و مخابرات که برخی از آن‌ها آسیب‌رسانی بیشتری دارند؛ مانند لوله‌های گاز و یا تأسیسات برق اشاره کرد.

عمر تأسیسات شهری: این شاخص بر میزان آسیب‌پذیری و خسارات در هنگام وقوع سانحه و همچنین در شرایط عادی اثرگذار می‌باشد.

جدول ۱۲: عمر تأسیسات محله و میزان آسیب‌پذیری آن‌ها

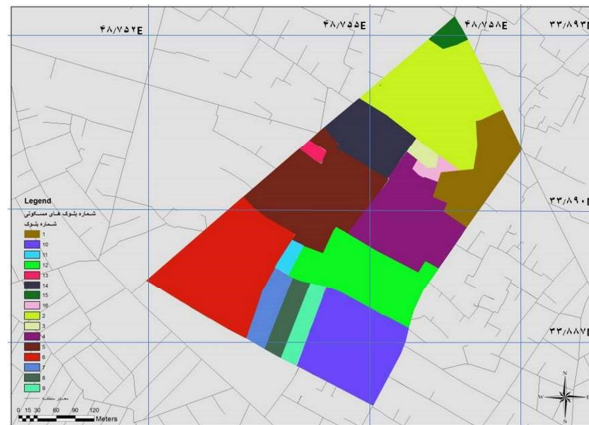
عنوان تأسیسات	درصد فرسوده	تأسیسات	عدد آسیب‌پذیری	عدد آسیب‌پذیری وزن‌دار	بردار ویژه	عدد آسیب‌پذیری نرمال شده
فاضلاب	٪۷۳	۴/۵	۳/۲۸۵	۰/۱۰۴۵	۰/۳۴۳۲	
آب	٪۶۵	۴/۵	۲/۹۲۵	۰/۲	۰/۵۸۵	
تیر برق	٪۶۲	۴	۲/۴۸	۰/۲۱۸۶	۰/۵۴۲۱	
گاز	٪۵۱	۵	۲/۵۵	۰/۴۰۳۱	۱/۰۲۸	
دریچه مخابرات	٪۹۵	۳/۵	۳/۳۲۵	۰/۰۷۳۷	۰/۲۴۵۰	
میانگین	٪۶۹/۲ (غیر وزنی)	۴/۳ (غیر وزنی)	۲/۹۱۳ (غیر وزنی)	جمع: ۱	جمع وزن‌دار: ۲/۷۴۳۳	

جدول ۱۳ شاخص‌های مدیریتی آسیب‌پذیری تأسیسات محله را با روش AHP وزن‌دهی کرده و عدد آسیب‌پذیری محله را در این دسته شاخص، محاسبه می‌کند.

جدول ۱۳: وزن دهی و محاسبه عدد آسیب‌پذیری شاخص‌های مدیریتی تأسیسات درون محله به روش AHP

نوع تأسیسات	تعداد کار بر	تعداد کار	وجود و برنامه‌ریزی	رعایت حریم تأسیسات	وجود کاربری‌های ویژه زیرساخت‌های ناسازگار	عمر تأسیسات	میانگین هندسی	بردار ویژه	عدد آسیب‌پذیری	عدد وزنی آسیب‌پذیری
تعداد کاربر	۱	۳	۱/۲۵	۳	۲	۰/۸	۱/۷۳۲۱	۰/۲۴۲۵	۲/۶۶۵	۰/۶۴۶۲
وجود استاندارد	۰/۳۳	۱	۰/۳۳	۱/۲۵	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۵۴۲۶	۰/۰۷۶	۴	۰/۳۰۴
وجود مدیریت و برنامه‌ریزی	۰/۸	۳	۱	۳	۲	۰/۷۵	۱/۴۸۶۷	۰/۲۰۸۳	۵	۱/۰۴۱۵
رعایت حریم تأسیسات	۰/۳۳	۰/۸	۰/۳۳	۱	۰/۷۵	۰/۲۵	۰/۵۰۳۷	۰/۰۷۰۵	۰	۰
کاربری‌های ویژه و زیرساخت‌های ناسازگار	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۱/۵	۱	۰/۳۳	۰/۷۵۵۳	۰/۱۰۵۸	۰	۰
عمر تأسیسات	۱/۲۵	۴	۱/۵	۴	۳	۱	۲/۱۱۶۹	۰/۲۹۶۵	۲/۷۴۳۳	۰/۸۱۳۳
جمع										
							۷/۱۳۷۳	۱	-	۲/۸۰۵

از آنجاکه تأسیسات شهری به‌صورت یک سیستم واحد عمل می‌کنند و با نقص در یک عضو عملکرد سیستم از هم می‌پاشد، گرچه آسیب‌پذیری در شاخص‌ها در قالب عدد آسیب‌پذیری بیان می‌شود ولی این عدد درک کاملاً درستی از وضعیت آن سیستم خاص ارائه نخواهد داد. به‌عنوان مثال هرچقدر که سیستم آبرسانی در درون محله پیشرفته و انعطاف‌پذیر باشد، زمانی که لوله ورودی آب به محله آسیب‌پذیری بالایی دارد و در اثر تکان‌های لرزه‌ای با شکست مواجه می‌شود، عملاً آب محله قطع خواهد شد این در حالی است که ممکن است عدد آسیب‌پذیری درونی محله در این شاخص آسیب‌پذیری پائینی را نشان دهد. به همین دلیل در تمامی سامانه‌های تأسیسات، به ترتیب سلسله‌مراتب، بایستی آستانه تحمل ریسک به‌صورت حداقلی در نظر گرفته شود تا در مواقع بحران، با قطع خدمات‌رسانی در این سیستم‌ها مواجه نشویم. در ادامه به‌منظور ارائه مکانی مطالعات انجام گرفته، در بلوک‌های موجود محله قدغون و آسیب‌پذیری آن‌ها در شاخص‌های عینی و ذهنی نقشه جانمایی بلوک‌های محله ارائه شده است.



شکل ۸: جانمایی بلوک‌های بافت؛ منبع: نگارنگان.

جدول ۱۴: عدد آسیب‌پذیری بلوک‌های محله با توجه به نوع تأسیسات

نوع تأسیسات	شماره بلوک‌های با آسیب‌پذیری بسیار بالا	شماره بلوک‌های کمتر آسیب‌پذیر	عدد آسیب‌پذیری
لوله‌های فاضلاب	۱،۴،۱۰،۱۲	سایر بلوک‌ها	۳/۸۵
لوله‌های آب شهری	سایر بلوک‌ها	۶، ۵، ۱۰، ۱۲	۳/۲۲۵
تأسیسات الکتریکی	سایر بلوک‌ها	۱۵، ۱۰، ۲، ۳، ۱۴	۳/۲۶
لوله‌های گاز	سایر بلوک‌ها	۵، ۱۰، ۲، ۴	۳/۵۳
دریچه‌های مخابرات	۱، ۲، ۱۴، ۱۵، ۵	سایر بلوک‌ها	۳/۸۱
تعداد کاربر	۱۲، ۱، ۴، ۵، ۶	سایر بلوک‌ها به‌ویژه ۱۳، ۱۴	۲/۶۶۵
وجود استاندارد	تمامی بلوک‌ها	-	۴
وجود مدیریت و برنامه‌ریزی	تمامی بلوک‌ها	-	۵
رعایت حریم تأسیسات	-	تمامی بلوک‌ها	۰
وجود کاربری‌های ویژه و زیرساخت‌های ناسازگار	-	تمامی بلوک‌ها	۰
عمر تأسیسات	گاز	۲، ۴، ۵، ۱۰	۲/۷۴۳۳
	برق	۱، ۲، ۳، ۱۴، ۱۵	

در مورد آسیب‌پذیری بلوک‌های محله قدغون، مجموعاً در شاخص‌های عینی و مدیریتی می‌توان این‌گونه بیان کرد که بلوک شماره ۱ با بیشترین فراوانی آسیب‌پذیری (۸ شاخص در میان شاخص‌های ۱۲ گانه فوق) بیشترین آسیب‌پذیری تأسیساتی را داشته و در اولویت نخست کاهش آسیب‌پذیری قرار دارد. پس‌از آن بلوک‌های ۱۳، ۱۲، ۹، ۸، ۷، ۶ و ۱۶ با فراوانی ۷ شاخص از ۱۲، مشترکاً در رتبه دوم آسیب‌پذیری در میان بلوک‌ها قرار گرفته و اولویت دوم کاهش آسیب‌پذیری را به خود اختصاص داده‌اند و بلوک شماره ۲ با عدد ۴ از ۱۲ و بلوک‌های شماره ۳ و ۱۰ با عدد ۵ از ۱۲ کمترین میزان آسیب‌پذیری تأسیساتی را در میان بلوک‌های محله قدغون دارا هستند.

جدول شماره ۱۵ این اوزان و نتیجتاً عدد آسیب‌پذیری تأسیسات محله را ارائه می‌کند. از آنجاکه شاخص‌های آسیب‌پذیری تأسیسات محله در دو دسته عمده عینی و مدیریتی دسته‌بندی شده‌اند، لازم است با هدف محاسبه عدد آسیب‌پذیری محله، وزن این دو دسته نسبت به یکدیگر سنجیده شوند، در جدول شماره ۱۵ این امر صورت گرفته است.

جدول ۱۵: وزن دهی و محاسبه میزان آسیب‌پذیری تأسیسات محله در دو شاخص عینی و مدیریتی

دسته شاخص	عینی	مدیریتی	میانگین هندسی	بردار ویژه	عدد آسیب‌پذیری	عدد آسیب‌پذیری وزنی
عینی	۱	۲	۱/۴۱۴۲	۰/۶۶۶۶	۳/۴۷۲۵	۲/۳۱۴۷
مدیریتی	۰/۵	۱	۰/۷۰۷۱	۰/۳۳۳۳	۲/۸۰۵	۰/۹۳۴۹
جمع		۱	۲/۱۲۱۳	۱		۳/۲۴۹۶

نتیجه‌گیری

در این بخش به پرسش‌های تحقیق به شرح زیر پاسخ داده می‌شود: میزان آسیب‌پذیری تأسیسات محله در مقابل زلزله آتی چقدر است؟ این عدد نسبت به دوران پیش از وقوع زلزله ۸۵ کاهش/افزایش داشته است؟ میزان کاهش آسیب‌پذیری (افزایش ایمنی) تأسیسات محله قدغون پس از طی ۱۲ سال از فرایند بازسازی، چقدر است؟ و آیا این میزان، با توجه به چرخه فنی مدیریت بحران که بایستی با طی هر دوره از چرخه آسیب‌پذیری‌ها کاهش چشمگیری داشته باشد، قابل قبول است یا خیر؟

میزان آسیب‌پذیری تأسیسات محله قدغون

با توجه به اقدامات صورت گرفته، مانند تعویض ۲۷٪ از لوله‌های فاضلاب و تبدیل آن‌ها از چدنی به پلی‌اتیلن، تعویض ۳۵٪ لوله‌های آب شهری و تبدیل آن‌ها به لوله‌های پلی‌اتیلن، تعویض ۸۰٪ سیم‌های برق فرسوده محله و تبدیل آن‌ها به کابل باقابلیت انعطاف‌پذیری بالا، تعویض ۲۴٪ از کل تیرهای چوبی برق و تبدیل آن‌ها به تیرهای بتنی، تعویض ۵۱٪ از کل لوله‌های گاز موجود در محله و تبدیل آن‌ها به لوله‌های پلی‌اتیلن، آسیب‌پذیری تأسیسات تا حدی کاسته شده است، از طرفی عدم توجه به فرسودگی بیش از حد لوله‌های آب و ترکیدگی مداوم آن‌ها در سطح محله، عدم تدوین استانداردهای لرزه‌ای برای تأسیسات و عدم توجه به لزوم وجود برنامه مدیریت بحران در تأسیسات از جمله عواملی است که در ارزیابی میزان کاهش آسیب‌پذیری اثری منفی دارد. در مجموع میزان آسیب‌پذیری کالبدی محله با توجه به تأسیسات شهری، در مقابل زلزله آتی کاهش جزئی یافته است.

منابع

- احدنژاد، محسن و جلیل پور، شهناز (۱۳۹۰). ارزیابی عوامل بیرونی تاثیرگذار در آسیب پذیری ساختمانی بافت قدیم شهرها در برابر زلزله (مطالعه موردی: ناحیه ۱ شهر خوی)، سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری: صص ۱-۱۲.
- ابوطالبی، صابر (۱۳۸۷). مروری بر اصول کلی شهرسازی، فنی، بهداشتی و زیر ساختی برای برنامه‌ریزی شهری و اجرا در ساخت بنا، ماهنامه اطلاع رسانی - آموزشی و پژوهشی شوراها، شورای عالی استان ها، شماره ۲۴، صص ۳۶-۵۰.

- احمدی، حسن. (۱۳۷۶). نقش شهرسازی در کاهش آسیب‌پذیری شهر. مسکن و انقلاب، فصلنامه تخصصی بنیاد مسکن انقلاب اسلامی، شماره ۸۰، صص ۶۱-۷۰.
- امینی، الهام؛ حبیب، فرح و مجتهد زاده، غلامحسین (۱۳۸۹). برنامه‌ریزی کاربری زمین و چگونگی تأثیر آن در کاهش آسیب‌پذیری شهر در برابر زلزله، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۲، شماره ۳، صص ۱۶۱-۱۷۴.
- آیسان، یاسمین و دیویس، یان (۱۳۸۵). معماری و برنامه‌ریزی بازسازی. علیرضا فلاحی، تهران: دانشگاه شهید بهشتی، ۲، ص ۷۰.
- بنرجی، تردیب (۱۳۷۳). طراحی شهری و زلزله، ترجمه‌ی. فرح حبیب، مجله علمی و پژوهشی مسکن و انقلاب، شماره ۵۷، صص ۴۲-۶۰.
- حبیبی، کیومرث؛ پوراحمد، احمد؛ مشکینی، ابوالفضل؛ عسگری، علی و نظری عدلی، سعید (۱۳۸۷). تعیین عوامل ساختمانی مؤثر در آسیب‌پذیری بافت کهن شهری زنجان با استفاده از GIS و FUZZY LOGIC. هنرهای زیبا، ۱۳۸۷، شماره ۳۳، صص ۲۷-۳۶.
- حبیب، فرح (۱۳۷۱). نقش فرم شهر در کاهش خطرات ناشی از زلزله. بنیاد مسکن انقلاب اسلامی. مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله تهران، ۱۳۷۱، شماره ۴۵، صص ۱۳-۱۶.
- حسینی، علی (۱۳۹۶). «مروری بر تجارب ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهری در مقابل زلزله»، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری. تهران، دانشگاه شهید بهشتی، صص ۱-۱۴.
- حسینی، علی و امیدواری، فرشیده (۱۳۹۷)، واکاوی نقش طراحی شهری در مدیریت بحران، معماری اندیشی، شماره ۲، صص ۴۶-۵۳
- حمیدی، ملیحه (۱۳۷۳). نقش فرم، الگو اندازه سکونتگاه‌ها در کاهش خطرات ناشی از وقوع زلزله (شناخت و تحلیل فرم شهر رودبار در آسیب‌پذیری و کارایی هنگام وقوع زلزله). تهران: مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی ایران، ص ۷۰.
- شیعه، اسماعیل، حبیبی، کیومرث و ترابی، کمال. (۱۳۸۹). «بررسی آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تحلیل سلسله مطالعه موردی منطقه ۶ شهرداری تهران». چهارمین کنفرانس بین‌المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام: صص ۱۲.
- فتحی رشید، علی و قلی زاده، الهام (۱۳۸۷). دفاع غیرعامل در بافت‌های فرسوده. دومین همایش جامعه ایمن شهر تهران، ۳۳-۴۹.
- قادری مطلق، قرنی و شورجه، محمود (۱۳۸۷). جایگاه شوراها در مدیریت تعدیل بحران شهری، ص ۷.
- قشقایی، پریسا (۱۳۹۰) بررسی میزان آسیب‌پذیری بافت شهری و ارائه راهکارهای پیشنهادی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی قزوین.
- کاشانی جو، خشایار (۱۳۷۸). بررسی نقش طراحی شهری در رویدادهای غیرمترقبه. شورای عالی استان‌ها، شماره ۲۴، ص ۱۶.
- محمد زاده، رحمت (۱۳۸۹) بررسی نقش فضاهای باز در شبکه ارتباطی در کاهش آسیب زمین‌لرزه (مورد مطالعه محله باغمیشه تبریز). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- منزوی، مهشید؛ سلیمانی، محمد؛ تولایی، سیمین و چاوشی، اسماعیل (۱۳۸۹). آسیب‌پذیری بافت‌های فرسوده بخش مرکزی شهر تهران در برابر زلزله (مورد منطقه ۱۲)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی (پژوهش‌های جغرافیایی)، شماره ۷۳، صص ۱-۱۸.
- Antonioni, G. Gigliola, S. and Cozzani, V. (2007) A Methodology for the Quantitative Risk Triggered by Seismic Events, Journal of Hazardous Materials, Vol. 147, No. 1-2, PP. 48-59.
- Bahrainy, Hossein. (1998). Urban Planning and Design in a Seismic- Prone Region (the Case of Rasht in Northern Iran). Journal Og Urban Planning and Development, p 148.
- Brown, Courtney. (2010). The 21st Century Urban Disasters. CHF International: pp 1-6.
- Cheng, F.Y. and M.S. Sheu. (1995). Urban Disaster Mitigation: The Role of Engineering and Technology. Elsevier (July)p 86.
- Cozzani V, Gubinelli G, Antonioni G, Spadoni G, Zanelli S. (2005). The assessment of risk caused by domino effect in quantitative area risk analysis, J Hazard Mater. 127(1-3):pp14-30 .
- Grazia De Paoli, Rosa. (2012). Urban Heritage and Methodologies of Renewal. Hellenic Association of Regional Scientists:p 15.

- k.jha, abhas, and Jennifer duyne Bernstein. (2010). Safer Homes, Stronger Communities (a Handbook for Reconstructing After Natural Disasters). Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank, p:408.
- Luthra, Ashwani. (2009). DISASTER RISK REDUCTION to Be the Worst Hazards Causing Widespread.pdf. Guru Ramdas School of Planning Guru Nanak Dev University, Amritsar (November):p 10.
- Mittal, Ved. (2007). Amendments in Town & Country Planning Legislations for Safety in Natural Hazard: p36.
- Rashed T, Weeks John. (2003). Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards Through Spatial Multi-Criteria Analysis of Urban Areas. Geographical Information Science 17 (6): pp547-576.
- R.Wolfe, Myer, and Susan G. Heikkala. (1981). Urban Scale Vulnerability: Proceedings of the U.S.Italy Colloquium on Urban Design and Earthquake Hazard Mitigation. University of Rome: p 161.
- Sengupta, b.k, and Haimanti Benerji. (2009). DISASTER MITIGATION STRATEGIES THROUGH LAND USE PLANNING AND ZONING IN AN URBAN CONTEXT (November): p20.
- UN-HABITAT. (2007). Enhancing Urban Safety And Security Global Report on Human Settlement. Earthscan in the UK and US: p 448.

Research Article

Urban Facilities Earthquake Vulnerability assessment, Case Study: Ghodghun neighborhood of Borujerd

Ali Hosseini^{*1}, Farshideh Omidvari², Alireza Fallahi³, Zahra Ahari⁴, Sharif Motawaf⁵

Received: 27-07-2018

Revised: 19-11-2018

Accepted: 09-04-2019

Abstract

Infrastructures such as water, sewage, electricity, gas and etc. are some of the crucial living conditions of neighborhoods in cities. The deficiency of the performance in any part of the facility disrupts the life of the neighborhood. Therefore, measuring the vulnerability of urban facilities and their current status are the first steps in reducing the urban vulnerability. The purpose of this study is applying the fundamental knowledge of vulnerability assessment in practical and quantitative approach to assessing the vulnerability of the facility against earthquake in two categories of objective and managerial indicators (each of which has sub-indicators weighed in the Delphi-AHP method and their maps are generated in the GIS software) in the scale of the Ghodghun neighborhood of Borujerd. The results of field studies and interviews with relevant authorities indicate that after 12 years since the beginning of the reconstruction process, 27% of sewage pipes, 35% of urban water pipes, 80% of electrical wires, 24% of wooden beams, 51% Of gas pipes replaced, while due to the lack of systematic seismic standards and the facility disaster management plans, has led to a slight decrease in the facility vulnerability. The vulnerability assessment results of the facility in the objective indicators show that all five indicators of sewage pipes, urban water, electricity, gas and telecommunication have a number higher than 3 out of 5; and in management indicators of 6 The index, the existence of standard and planning indicators above 4, the indicators of congestion and utilities in the range of 2-3 out of 5 have been evaluated. In total, the vulnerability number of the facility in the two categories of objective and managerial indicators is 3.47 and 2.805, out of 0-5 range, which, in the weighted combination facility vulnerability, are estimated 3.2496 which evaluated a Medium upward.

Keywords: Urban facilities, vulnerability assessment, Borujerd Ghodghun Neighborhood, Earthquake.

^{1*}- Lecturer at Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

²- Lecturer at Karoon Higher Education Institute, Ahvaz, Iran

³- Professor at Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran

⁴- Associate Professor at Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran

⁵- Assistant professor at Shahid Beheshti University of Tehran, Tehran, Iran

References

References (in Persian)

- Ahad Nezhad, M, Jalil pour, S (1390). Evaluation of External Impact Factors on Structural Vulnerability of Old Towns Against Earthquake (Case Study: District 1 of Khoy City), National Seminar on the Application of GIS in Economic, Social and Urban Planning, pp 1-12.[In Persian].
- Aboutalebi, S. (1387). An Overview on the General Principles of Urban Planning, Technical, Health, and Infrastructure for Urban Planning and Implementation in Construction, Journal of Information, Education and Research Councils, high province council, No. 24, pp 36-50. [In Persian].
- Ahmadi, H. (1376). The role of urbanization in reducing urban vulnerability. Housing and Revolution, Specialized Quarterly of the Islamic Revolutionary Housing Foundation .no:80, p: 61-70. [In Persian].
- Amini, E., Habib, F., and Mojtahed Zadeh, .Gh. (1389). Land Use Planning and its Impact on Reducing City Vulnerability to Earthquake, Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 12, No. 3, pp 161-174. [In Persian].
- Isan, Y., and Davis, I. Architecture and Planning Reconstruction. Alireza Fallahi. Tehran: Shahid Beheshti University, 2006, 2, 70. [In Persian].
- Bannerji, T. (1373). Earthquakes, urban scale vulnerability, and urban design. Translation Farah Habib, Journal of Housing and Revolution Scientific and Research, No. 57 pp 42-60. [In Persian].
- Habibi, K. Pour Ahmad, A, Meshkini, A, Asgari, A, and Nazari Adli, S(1387). Determining the Construction Factors Effective on the Impact of Zanjan's Old Town Texture Vulnerability Using GIS and FUZZY LOGIC, Fine Arts, No. 33, pp 27-36. [In Persian].
- Habib, F. (1371). The role of city form in reducing the risks of earthquakes. Islamic Revolution Housing Foundation. Proceedings of the 2nd International Conference on Seismology and Earthquake Engineering, Tehran. No:45, pp13-16. [In Persian].
- Hosseini, A. (1396) A Review on the Experiences of Urban Earthquake Vulnerability Assessment, 5th International Conference on Civil Engineering, Architecture, and Urban Development, Tehran, Shahid Beheshti University, pp1-14. [In Persian].
- Hosseini, A and Omidvari, F (1396). Analysis of the role of urban planning in disaster management, understanding architecture, vol 2, pp 46-53. [In Persian].
- Hamidi, M. (1373). Role of form, pattern, and size of rest in decreasing the risks of earthquake occurrence (recognition and analysis of the shape of the city of Roudbar inability and efficiency during the earthquake). Tehran: Iran Natural Disaster Studies Center p 70. [In Persian].
- Shi'e, I., Habibi, K., and Torabi, K. (1389). Investigating the vulnerability of cities against earthquakes using the method of analysis of the case study of the 6th district of Tehran, the International Conference of Geographers of the Islamic World:p 12. [In Persian].
- Fathi Rashid, A., and Gholizadeh, E. (1387). Passive defense in urban exhausted tissues. The second safe city conference in Tehran, 33-49. [In Persian].
- Ghadiri Motlagh, Q., and Shorjeh, M. (1387). The position of councils in managing the adjustment of the urban crisis, p7. [In Persian].
- Qashqai, P. "Investigating the Rate of Urban Textile Vulnerability and Proposed Recommendations", M.Sc Imam Khomeini International University, Qazvin, 2011. [In Persian].
- Kashani Joo, Kh. (1378). Investigating the role of urban design in unexpected events. Supreme Council of the Provinces, No. 24, p16. [In Persian].
- Mohammad Zadeh, R. Investigating the role of open spaces in the communication network in reducing earthquake damage (Case study of Baghmeshehah neighborhood of Tabriz). Masters, Shahid Beheshti University, 2010. [In Persian].
- Monzavi, M, Soleymani, M. Tavallaii, S and Chavoshi, E (1389). The vulnerability of endangered tissues in the central part of Tehran against earthquakes (Case 12), Human Geography Research No. (73), pp1-18[In Persian].

References (in English)

- Antonioni, G., Gigliola, S. and Cozzani, V.,(2007), A Methodology for the Quantitative Risk Triggered by Seismic Events, Journal of Hazardous Materials, Vol. 147, No. 1-2, PP. 48-59.
- Bahrainy, H. (1998). Urban Planning and Design in a Seismic- Prone Region (the Case of Rasht in Northern Iran). Journal of Urban Planning and Development (December).
- Brown, C. (2010). The 21st Century Urban Disasters. CHF International: 1-6.
- Cheng, F.Y., and M.-S. Sheu. (1995). Urban Disaster Mitigation: The Role of Engineering and Technology. Elsevier (July).
- Cozzani V, Gubinelli G, Antonioni G, Spadoni G, Zanelli S. (2005). The assessment of risk caused by the domino effect in quantitative area risk analysis, J Hazard Mater., 127(1-3):14-30.
- Grazia De Paoli, R. (2012). Urban Heritage and Methodologies of Renewal. Hellenic Association of Regional Scientists: 15.
- k.jha, A., and Bernstein J. (2010). Safer Homes, Stronger Communities (a Handbook for Reconstructing After Natural Disasters). Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development/ The World Bank. p408.

- Luthra, A. (2009). DISASTER RISK REDUCTION to Be the Worst Hazards Causing Widespread.pdf. Guru Ramdas School of Planning Guru Nanak Dev University, Amritsar (November): 10.
- Mittal, V. (2007). Amendments in Town & Country Planning Legislations for Safety in Natural Hazard: 36.
- Rashed T, Weeks J. (2003). Assessing Vulnerability to Earthquake Hazards Through Spatial Multi-Criteria Analysis of Urban Areas. Geographical Information Science 17 (6): 547-576.
- Wolfe R, Myer, and Susan G. Heikkala. (1981). Urban Scale Vulnerability: Proceedings of the U.S.-Italy Colloquium on Urban Design and Earthquake Hazard Mitigation. University of Rome: 161.
- Sengupta, b.k, and Haimanti Benerji. (2009). DISASTER MITIGATION STRATEGIES THROUGH LAND USE PLANNING AND ZONING IN AN URBAN CONTEXT (November): 20.
- UN-HABITAT. (2007). Enhancing Urban Safety And Security Global Report on Human Settlement. Earthscan in the UK and US: 448.