

ORIGINAL ARTICLE**Assessing the Physical Resilience of Residential Zones in Jajarm City Against Earthquakes**Mohammad Taghi Imani Tanha¹, Mohammad Motamedi², Ramezan Ali Naderi Mayvan³

1. Ph.D. Student of Department of Geography and Urban Planning, Shir.C., Islamic Azad University, Shirvan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shir.C., Islamic Azad University, Shirvan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Kosar University of Bojnord., Bojnord, Iran

Correspondence
Mohammad Motamedi
Email: 6359129078@iau.ir

Received: 15/Apr/2025
Accepted: 21/Jul/2025

How to cite

Imani Tanha, M.T.; Motamedi, M.; Naderi Mayvan, R.A. (2025). Assessing the Physical Resilience of Residential Zones in Jajarm City Against Earthquakes, *Physical Social Planning*, 10 (2), 38, 115-133. (DOI: [10.30473/psp.2025.74292.2769](https://doi.org/10.30473/psp.2025.74292.2769))

ABSTRACT

Disaster management and sustainable development theories aim to foster resilient communities in the face of natural hazards. Accordingly, many researchers consider resilience to be one of the most critical components for achieving sustainability. Physical resilience—particularly in the housing sector—is a key factor influencing the overall resilience of communities. It enables the assessment of communities based on physical and geographical characteristics that affect their vulnerability during disasters. This study aims to evaluate the physical resilience of residential zones in Jajarm city against earthquakes. Methodologically, the research is applied in purpose, quantitative in nature, and employs a descriptive-analytical approach. Data were collected through library (documentary) research, field surveys, and spatial datasets. The statistical population consists of 20 experts (including managers, academics, specialists, and crisis management professionals in Jajarm), selected through purposive sampling. Data analysis was conducted using ArcGIS software and the Analytic Network Process (ANP) method. According to the findings, out of Jajarm's total area of 438 hectares, 89 hectares (20.31%) are in a highly unfavorable condition, 122 hectares (27.85%) are unfavorable, 105 hectares (23.97%) are moderate, 67 hectares (15.29%) are favorable, and only 55 hectares (12.55%) are in a highly favorable condition.

Keywords: Urban Resilience, Residential Zones, Earthquake, Jajarm City.



سنجش تاب‌آوری کالبدی پهنه‌های مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله

محمد تقی ایمانی تنها^۱، محمد معتمدی^۲، رمضانعلی نادری مایوان^۳

چکیده

دیدگاه‌ها و نظریه‌های مدیریت سوانح و توسعه پایدار به دنبال ایجاد جوامع تاب‌آور در برابر مخاطرات طبیعی هستند. از این رو به نظر بسیاری از محققان، تاب‌آوری یکی از مهم‌ترین موضوعات برای رسیدن به پایداری است. تاب‌آوری کالبدی بخصوص در حوزه مسکن، یکی از ابعاد تأثیرگذار در میزان تاب‌آوری جوامع است که از طریق آن می‌توان وضعیت جوامع را از نظر ویژگی‌های فیزیکی و جغرافیایی تأثیرگذار در هنگام بروز سانحه در زمان مخاطرات، ارزیابی کرد. در این راستا هدف این پژوهش سنجش تاب‌آوری کالبدی پهنه‌های مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله است. تحقیق حاضر، به لحاظ هدف، کاربردی، بر حسب ماهیت، کمی و از نوع روش آن توصیفی - تحلیلی است. گردآوری داده‌ها، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای (اسنادی)، میدانی و داده‌های مکانی صورت گرفت. جامعه آماری شامل ۲۰ نفر از خبرگان (مدیران، استادان، متخصصین، کارشناسان سازمان‌های مرتبط با مدیریت بحران در سطح شهر جاجرم) است که به روش هدفمند انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، انجام گرفت. طبق نتایج از ۴۳۸ هکتار مساحت شهر جاجرم، ۸۹ هکتار (۲۰/۳۱ درصد) در وضعیت کاملاً نامناسب، ۱۲۲ هکتار (۲۷/۸۵ درصد) در وضعیت نامناسب، ۱۰۵ هکتار (۲۳/۹۷ درصد) در وضعیت متوسط، ۶۷ هکتار (۱۵/۲۹ درصد) در وضعیت مناسب و فقط ۵۵ هکتار (۱۲/۵۵ درصد) در وضعیت کاملاً مناسب قرار دارند.

واژه‌های کلیدی

تاب‌آوری شهری، پهنه‌های مسکونی، زلزله، شهر جاجرم.

۱. دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.

۲. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد شیروان، دانشگاه آزاد اسلامی، شیروان، ایران.

۳. استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه کوثر بجنورد، بجنورد، ایران.

نویسنده مسئول: محمد معتمدی
رایانامه: 6359129078@iau.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

استناد به این مقاله:

ایمانی تنها، محمد تقی، معتمدی، محمد؛ نادری مایوان، رمضانعلی (۱۴۰۴). سنجش تاب‌آوری کالبدی پهنه‌های مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله، فصلنامه علمی برنامه‌ریزی توسعه کالبدی، ۱۰ (۲)، ۳۸-۱۱۵.

(DOI: [10.30473/psp.2025.74292.2769](https://doi.org/10.30473/psp.2025.74292.2769))

مقدمه

جهان در حال تبدیل شدن به مکان‌های شهری است، پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۲۵ بیش از ۵۵ درصد مردم دنیا در شهرها زندگی کنند (ملکی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۹۱). شهرها به واسطه تغییر و پویایی دائمی خود همواره در معرض خطرات و آسیب‌های جدیدی هستند که نیازمند وجود روش‌ها و الگوهای مناسبی جهت مواجهه و مدیریت این سوانح هستند. یک دهه گذشته بدترین دهه از نظر خسارات اقتصادی ناشی از مخاطرات طبیعی برای جهان بوده است. خسارت ۳ تریلیون دلاری ناشی از مخاطرات طبیعی در یک دهه اخیر نشان‌دهنده روندی رو به رشد نسبت به دهه نخست قرن بیست و یک بوده است (کافوئه، ۲۰۲۰: ۹۴۰). همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد که منطقه آسیا - اقیانوسیه در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ بیشترین خسارات یعنی ۴۴ درصد کل خسارات ناشی از حوادثی چون، زلزله، سیل، سونامی، طوفان‌های گرمسیری را متحمل شده است (لیو و همکاران، ۲۰۱۹: ۱۵۱۳).

سوانح طبیعی (به ویژه زلزله) که اغلب خاموش و در عین حال مستعد ایجاد آسیب هستند، به طور متوسط سالانه بیش از ۱۵۰۰۰۰ نفر تلفات جانی و بیش از ۱۴۰ میلیارد دلار خسارت مالی در کشورها به ویژه کشورهای در حال توسعه به بار می‌آوردند. مناطق شهری خصوصاً در کشورهای در حال توسعه، به دلیل ضعف برنامه‌ریزی، بی‌دقتی در اجرای اصولی پروژه‌های عمرانی، عدم مراقبت کافی نسبت به تعمیر و نگهداری بناها و اسکان در اراضی در معرض خطر، مسکن کم دوام و تراکم بالای جمعیت، به مکان‌های آسیب‌پذیری در برابر بحران تبدیل شده‌اند، به گونه‌ای که با وقوع یک بحران نسبتاً شدید در یک شهر تحت شرایط فوق، به فاجعه تبدیل و تلفات سنگینی را به بار می‌آورد (فلوکه و همکاران، ۲۰۲۳: ۴۳۷). مخاطرات اتفاق افتاده در سالیان اخیر بیانگر این موضوع است که جوامع و افراد به صورت فزاینده‌ای آسیب‌پذیر شده و ریسک‌ها نیز افزایش یافته‌اند. با این حال، کاهش ریسک و آسیب‌پذیری اغلب تا بعد از وقوع حوادث نادیده انگاشته می‌شوند (مایونگا، ۲۰۰۶: ۱، عین الدین و روتاری، ۲۰۱۲۵: ۲۷).

در این میان دولت‌ها برای کاهش اثرات مخاطرات طبیعی راهبردهای متنوعی در پیش می‌گیرند، از مهم‌ترین این راهکارها، شناسایی و مقابله با خطرات توسط خود افراد جامعه و سنجش تاب‌آوری آن‌ها است (ماتیاس و پلینگ، ۲۰۱۵: ۳). بررسی تاب‌آوری شهری، یکی از موارد مهم برای آمادگی شهر در برابر مخاطرات طبیعی و انسان ساخت است. با افزایش تاب‌آوری شهرها، می‌توان خسارت‌های احتمالی ناشی از مخاطرات را به حداقل ممکن رساند (مک‌این‌تایر و همکاران، ۲۰۰۲: ۴۷). تاب‌آوری شهری به‌عنوان رویکردی دگرگون‌کننده، به پارادایم مرکزی برای تعریف سیاست‌های شهری برای تاب‌آوری شهرها تبدیل شده است (داتولا، ۲۰۲۳: ۱). در واقع شناخت تاب‌آوری می‌تواند به تعیین صفات و ویژگی‌هایی که ظرفیت مقابله جوامع با سوانح را افزایش می‌دهند، کمک نموده و ابزارهایی را برای کمک به فرآیند کاهش آسیب‌پذیری پیشنهاد نماید (ژواکیم، ۲۰۰۸: ۳۶). درک قابلیت تاب‌آوری شهری که فراتر از سنجش آسیب‌پذیری شهری در برابر مخاطرات طبیعی است، ابزار جامع سنجش قابلیت تاب‌آوری شهری در مورد توانایی پاسخگویی جوامع و نهادها، برای ایجاد شهرهای تاب‌آور در برابر مخاطرات شهری را ضروری می‌نماید (کبیر، ۲۰۱۸: ۱۱۰۸). تاب‌آوری دارای ابعاد و شاخص‌های مختلفی است که تشخیص یک جامعه تاب‌آور از یک جامعه غیرتاب‌آور را از طریق بررسی و سنجش و مقایسه ممکن می‌سازد که شامل، (کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی) است (عبدی و همکاران، ۱۴۰۱: ۷).

با توجه به اینکه آسیب‌پذیری بخش کالبدی شهر تأثیر مستقیمی در تلفات انسانی ناشی از بحران دارد. معمولاً آسیب‌پذیری در نتیجه ساخت و سازهای بی‌رویه در حریم گسل‌ها، عدم رعایت ضوابط و استانداردها، توزیع نامناسب جمعیت و امکانات در سطح شهر تشدید می‌شود. تحلیل چگونگی تاب‌آوری در برابر تهدیدات و کاهش اثرات آن، با توجه به نتایجی که در بر خواهد داشت و تبیین رابطه تاب‌آوری کالبدی با این مخاطره طبیعی ضروری به نظر می‌رسد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳۱). تاب‌آوری کالبدی بخصوص در بخش مسکن، یکی از ابعاد تأثیرگذار در میزان تاب‌آوری جوامع است

6. Matyas and Pelling
7. McEntire et al
8. Datola
9. Joakim
10. Kabir

1. Coaffee
2. Liu et al
3. Folke et al
4. Mayunga
5. Ainuddin and Routary

که از طریق آن می‌توان وضعیت جوامع را از نظر ویژگی‌های فیزیکی و جغرافیایی تأثیرگذار در هنگام بروز سانحه در زمان مخاطرات، ارزیابی کرد (یاراحمدی و همکاران و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۷). لذا با روند افزایش جمعیت شهری، آمادگی مدیریت شهری در برخورد با سوانح طبیعی و افزایش تاب‌آوری بالاخص در حوزه مسکن به عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه‌های تاب‌آوری در آینده از اهمیت بسیاری برخوردار است (شاهپوندی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۱).

در رابطه با موضوع مورد بررسی در داخل و خارج کشور پژوهش‌های صورت گرفته که در ذیل به تعدادی از آن‌ها اشاره خواهد شد: کمالی و قاسمی (۱۴۰۲)، در پژوهشی به بررسی راهبردهای تاب‌آوری کالبدی مسکن خانوارهای روستایی در برابر سیل در شهرستان درگز پرداخته‌اند. براساس تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته در ماتریس QSPM در بین استراتژی‌های تدافعی «ارتقای دانش و آگاهی ساکنان از اصول استاندارد ساخت و ساز در نواحی در معرض سیل»، بالاترین امتیاز یعنی ۲/۶۳۷ را کسب نموده و به عنوان اولین راهبرد انتخاب شده است. لطیفی و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی به تحلیل و سطح‌بندی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری کالبدی شهر تهران در برابر زلزله، پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پیشران "کلاس دانه‌بندی" با بیشترین قدرت نفوذ، زیربنا و محرک اصلی تاب‌آوری کالبدی شهری بوده و هرگونه اقدام برای افزایش تاب‌آوری کالبدی نمونه مورد مطالعه در برابر زلزله، مستلزم اصلاحات در این پیشران است. پیشران‌های "توزیع خدمات" و "استحکام بناهای با کاربری عمومی" نیز به ترتیب با میزان قدرت نفوذ ۱ و ۳ کمترین تأثیر را در تاب‌آوری کالبدی نمونه مورد مطالعه دارند. همچنین نتایج پژوهش حاکی از این است که عناصر در سطوح بالاتر، قدرت تحریک‌کنندگی کمتر و میزان وابستگی بیشتر دارند. حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی به سنجش تاب‌آوری کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر مخاطرات محیطی (زلزله)، در پاکدشت (شهرک انقلاب)، پرداخته‌اند. یافته‌های حاصل از پیمایش میدانی و اسنادی نشان داد که وضعیت شهرک انقلاب از لحاظ دسترسی به معابر شهری در هنگام مواجهه با بحران ضعیف، دسترسی به کاربری‌های عمده شهری ضعیف، از لحاظ دانه‌بندی قطعات ریزدانه، از لحاظ مساحت زیربنا ۵۲ درصد زیر ۵۰ متر و بیش از سه‌چهارم زیر ۷۰ متر زیربنا

دارند از لحاظ قدمت مسکن ۵۷ درصد بالای ۲۰ سال و ۳۵ درصد بالای ۴۰ سال، از لحاظ مصالح ۹۲ درصد آجر و آهن، از لحاظ کیفیت بنا، ۹ درصد تخریبی، ۷۶ درصد قابل نگهداری و ۱۵ درصد نوساز هستند. توجی ثانی و همکاران (۱۴۰۱)، در پژوهشی به ارزیابی اهمیت معیارهای تاب‌آوری کالبدی بافت‌های فرسوده شهری، پرداخته‌اند. نتایج نشان داد ایجاد تغییر در وضعیت تاب‌آوری کالبدی، مستلزم برنامه‌ریزی درازمدت، اعمال ضوابط فنی شهرسازی و معماری، سرمایه‌گذاری قابل توجه و پایش مداوم نتایج اجرایی است که در بسیاری موارد خارج از توان مدیریت‌های شهری است. لطیفی و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی به تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی شهر ایلام در برابر زلزله با رویکرد آینده‌پژوهی، پرداخته‌اند. نتایج تحلیل فضایی نشان می‌دهد که تاب‌آوری شهر ایلام در وضعیت نسبتاً نامناسبی قرار دارد، در واقع ۶۸ درصد بافت مسکونی شهر ایلام در دوره نسبتاً غیرتاب‌آور تا کاملاً غیرتاب‌آور قرار دارد. همچنین ساختار فضایی محرک‌های مستقیم نقشه راه تاب‌آوری کالبدی با نرخ ۱۰۰ درصدگویی این بود که از بین ۸ متغیر اولیه تأثیرگذار، ۳ عامل در تاب‌آوری کالبدی ایلام در مقابله با زلزله اثر کلیدی دارند. این متغیرها عبارت‌اند از: زمین بستر، فضای باز و نفوذپذیری. همچنین نتایج پژوهش نشان می‌دهد که روابط عوامل کلیدی، از تأثیرگذاری و تاثیرپذیری زیادی برخوردارند. سوارز و همکاران (۲۰۲۴)، در پژوهشی با عنوان "انعطاف‌پذیری شهری از طریق زیرساخت سبز: چارچوبی برای تحلیل سیاست اعمال شده در مادرید، اسپانیا" ابتدا چارچوب مفهومی برای تحلیل چگونگی تقویت تاب‌آوری از طریق شش عامل تاب‌آوری طراحی کردند: تنوع، خودکفایی و استقلال، حکومت چندمرکزی، انسجام اجتماعی، یادگیری و نوآوری و عدالت اجتماعی - اکولوژیکی. نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های برنامه‌ریزی که بر محله‌های آسیب‌پذیر تمرکز می‌کنند و مکانیسم‌هایی را برای مشارکت شهروندان دربرمی‌گیرند، سیاست‌هایی هستند که به‌طور مؤثر تاب‌آوری شهری را تقویت می‌کنند. سان و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی به با عنوان "ارزیابی تاب‌آوری شهری و هماهنگی پیوند زیرسیستم در تراکم شهری پکن-تیانجین-هبی" نشان دادند که: (۱) از نظر فضایی، شکاف قابل توجهی بین شاخص

سوانح طبیعی و یا به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسان ساخت قرار گرفته‌اند. از این رو یکی از مهم‌ترین الزامات پرداختن به مسئله مسکن و مقاوم‌سازی آن و تبیین مفهوم تاب‌آوری بافت‌های مسکونی در مواجهه با حوادث و مخاطرات احتمالی است. دستیابی به مسکن پایدار در جهت افزایش تاب‌آوری و ارتقای کیفیت زندگی کنونی و نسل آینده امر خطیری به شمار می‌رود. بر این اساس، مبحث تاب‌آوری و مقاوم‌سازی مسکن یکی از مبحث‌های بسیار مهم و رایج در سطح بین‌جوامع و بین‌المللی است (کرمی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱؛ شاهپوندی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۳۲).

یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی که کشور را در معرض خطر قرار داده، پدیده طبیعی زمین‌لرزه یا زلزله است. بر اساس آمارهای منتشر شده ۱۷۰ زلزله با قدرت بالا در یک صد سال گذشته در جهان رخ داده است که سهم ایران ۱۸ درصد بوده است. از جمله شهرهایی که پتانسیل بالای لرزه‌خیزی دارد و منطقه مورد مطالعه این پژوهش را دربرمی‌گیرد شهر جاجرم است. جاجرم در یک دهه اخیر شاهد بیش از ۱۶ زلزله بالای ۴ ریشتر بوده است. مجاورت با گسل جاجرم، گسل خزر و گسل شمال البرز از سمت غرب منطقه و گسل کپه داغ در شمال شهرستان جاجرم؛ سبب شده که این منطقه همواره در معرض هجوم زلزله‌ها باشد. با وجود گسل‌های فعال در ارتفاعات کپه داغ می‌توان پیش‌بینی کرد که احتمال وقوع زلزله مخرب در منطقه بالا باشد. از طرف دیگر به لحاظ انسانی نیز عواملی همچون گودبرداری‌های غیر اصولی، عدم توجه به ایمنی ساختمان‌ها، وجود بافت فرسوده در اکثر نقاط شهر، عدم کیفیت و مصالح بنا، طراحی و اجرای ساختمان‌ها و تأسیسات حیاتی نامناسب با شدت لرزه‌خیزی احتمالی، نبود برنامه و توانمندی‌های عملیاتی لازم برای مدیریت سوانح در مرحله پاسخ و مقابله با تبعات وقوع سانحه و بافت‌های آسیب‌پذیر و فرسوده متعدد، سبب شده تاب‌آوری، بخصوص از بعد کالبدی به عنوان مسئله-ای مهم مورد توجه قرار گیرد. لذا هدف پژوهش حاضر سنجش تاب‌آوری کالبدی پهنه‌های مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله است. در این راستا این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این سوالات اصلی است: بافت مسکونی شهر جاجرم، تا چه حد در مقابل خطرات ناشی از زلزله تاب‌آوری دارد؟.

برای انجام این پژوهش در شهر جاجرم با ترکیب نوآورانه تحلیل شبکه‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی، روشی جامع را

تاب‌آوری شهرهای استان هبی و پکن-تیانجین، وجود دارد. (۲) به طور کلی، زیرسیستم انعطاف‌پذیری شهری به آرامی در حال افزایش است. کولته و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی به بررسی چالش‌های پیاده‌سازی عملی مفهوم تاب‌آوری شهری، پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که تاب‌آوری شهری را نمی‌توان به‌اندازه کافی در عمل بدون تعریف مناسب تطبیق داد. بنابراین، این ابهامات، چالش‌هایی را در خصوص اجرای عملی تاب‌آوری شهری در شهرها ایجاد کرده است. چن و ژانگ (۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی تاب‌آوری مناطق در برابر زلزله با استفاده از همجوشی اطلاعات چند منبعی نتیجه گرفتند که نوع فونداسیون ساختمان، نوع دیوار داخلی و تراکم جمعیت، حساس‌ترین عواملی هستند که در درجهٔ ارتجاعی و کاهش تاب‌آوری نقش دارند. رویکرد توسعه‌یافته می‌تواند به‌عنوان یک ابزار تصمیم‌گیری برای برآورد انعطاف‌پذیری منطقه‌ای و ارائهٔ بینش‌هایی دربارهٔ کنترل فعال و کاهش آسیب استفاده شود. ماهورا و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی به بررسی مقاومت (تاب‌آوری) در برابر در مخاطرات طبیعی در زیمبابوه، پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که اکثر مناطق با مقاومت متوسط کمتر عمدتاً روستایی و حاشیه‌نشین هستند، در حالی که مقاوم‌ترین مناطق در مناطق شهری که خدمات و زیرساخت‌های خدمات بهتر توسعه یافته‌اند، پدید آمده‌اند.

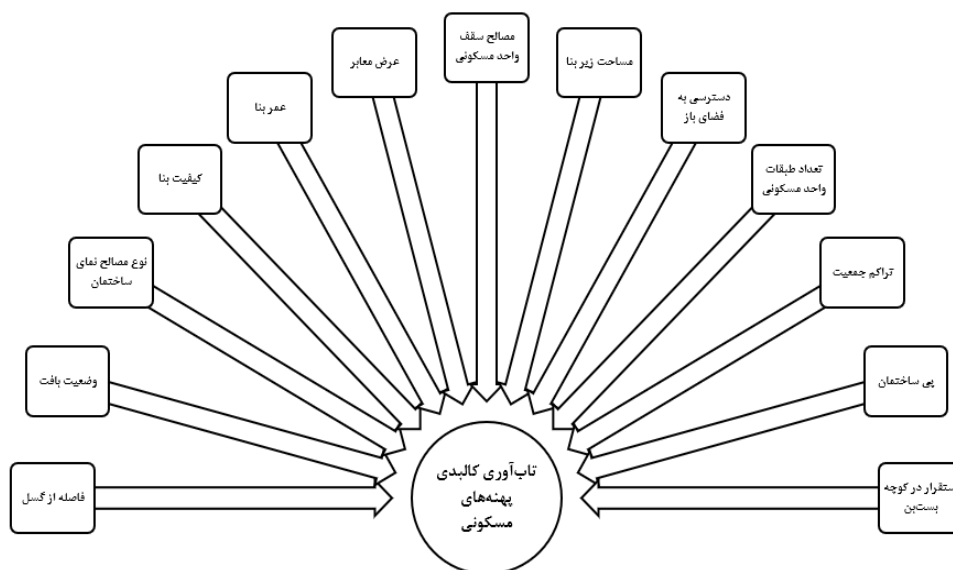
چارلزون و همکاران (۲۰۱۸)، در پژوهشی سنجش تاب‌آوری مسکن در برابر زلزله در کشورهای در حال توسعه با تأکید بر کشور اندونزی، پس از بازبینی وضعیت فعلی ساختمان‌ها و آسیب‌پذیر بودن آن‌ها در برابر زلزله به این نتیجه رسیدند که اکنون زمان آغاز تغییرات مثبت در ساختار دولت‌های محلی فرا رسیده است.

از سوی دیگر موارد ذکر شده در همایش هیوگو که اولین بار به بحث تاب‌آوری در سال ۲۰۰۵ پرداخته، موضوع تاب‌آوری مسکن در جوامع شهری است؛ چراکه سطح قابل توجهی از شهرها به کاربری مسکونی اختصاص دارد (پیمان، ۱۳۹۲: ۷۲). امروزه جوامع و سکونتگاه‌های آن در مکان‌هایی ایجاد و بنا شده‌اند که به لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع

1. Kolte et al
2. Chen & Zhang
3. Mavhura et al
4. Charleson et al

کاربردی بودن نتایج شده است. خروجی این پژوهش، نقشه‌های پهنه‌بندی تاب‌آوری با تفکیک دقیق سطوح آسیب‌پذیری (از کاملاً نامناسب تا کاملاً مناسب) است که به‌عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران و تقویت زیرساخت‌های شهری قابل استفاده است. این چارچوب روش‌شناختی، الگویی جدید برای ارزیابی تاب‌آوری در شهرهای کوچک با بافت پراکنده ارائه می‌دهد که قابلیت تطبیق با سایر مناطق مشابه را دارد.

برای سنجش تاب‌آوری کالبدی پهنه‌های مسکونی شهری در برابر زلزله ارائه می‌کند. نوآوری اصلی تحقیق در تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با تحلیل‌های فضایی است که امکان وزن‌دهی دقیق به معیارهای کالبدی مؤثر بر تاب‌آوری (مانند کیفیت سازه‌ها، دسترسی‌ها و تراکم ساختمانی و...) و نمایش فضایی آسیب‌پذیری محلات را فراهم ساخته است. همچنین، استفاده از نظرات خبرگان محلی در فرآیند ارزیابی، به جای تکیه صرف بر شاخص‌های کلی، موجب افزایش دقت و



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش، منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۳

مدیریت بحران در سطح شهر جاجرم) می‌باشند که به روش هدفمند انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS و روش تحلیل شبکه‌ای (ANP)، انجام گرفت. شاخص مسکونی در این تحقیق از طریق ۱۳ لایه بر اساس داده‌های مکانی در این پژوهش سنجیده شده است (جدول ۱).

داده‌ها و روش کار

تحقیق حاضر، به لحاظ هدف، کاربردی، بر حسب ماهیت، کمی و از نوع روش آن توصیفی - تحلیلی است. گردآوری داده‌ها، از طریق مطالعات کتابخانه‌ای (اسنادی)، میدانی و داده‌های مکانی صورت گرفت. جامعه آماری شامل ۲۰ نفر از خبرگان (مدیران، استادان، متخصصین، کارشناسان سازمان‌های مرتبط با

جدول ۱. شاخص و لایه‌های مکانی پژوهش

شاخص	لایه
مسکونی	بست‌استقرار در کوچه بن
	پی ساختمان
	تراکم جمعیت
	تعداد طبقات واحد مسکونی
	دسترسی به فضای باز
	مساحت زیر بنا

مصالح سقف واحد مسکونی
عرض معابر
عمر بنا
کیفیت بنا
نوع مصالح نمای ساختمان
وضعیت بافت
فاصله از گسل

منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۳

تا کاملاً مناسب دسته‌بندی شده است. این فواصل و ارزش-گذاری با در نظر گرفتن نظرات و ضوابط کارشناسان بوده است.

ابتدا معیارها و شاخص‌ها در محدوده‌ی مورد مطالعه ارزش‌گذاری (استاندارد کردن) شدند. روش ارزش‌گذاری آن‌ها در بازه ۱ تا ۹ برای هم‌هی فضا در عنوان پنج پهنه کاملاً نامناسب

جدول ۲. نحوه‌ی ارزش‌گذاری شاخص برای آسیب‌پذیری معابر شهر جاجرم

شاخص			نحوه ارزش‌گذاری		
			بازه‌ها	امتیازات	مفهوم
استقرار در کوچه بن‌بست	کوچه بن‌بست	۱	کاملاً نامناسب		
	کوچه باز	۵	متوسط		
	فرعی	۷	مناسب		
	اصلی	۹	کاملاً مناسب		
پی ساختمان	خشتی	۱	کاملاً نامناسب		
	سنگی	۵	متوسط		
	بتونی	۷	مناسب		
	سایر	۹	کاملاً مناسب		
تراکم جمعیت	تراکم جمعیت خیلی کم	۹	کاملاً مناسب		
	تراکم جمعیت کم	۷	مناسب		
	تراکم جمعیت متوسط	۵	متوسط		
	تراکم جمعیت زیاد	۳	نامناسب		
	تراکم جمعیت خیلی زیاد	۱	کاملاً نامناسب		
تعداد طبقات واحد مسکونی	یک طبقه	۹	کاملاً مناسب		
	دو طبقه	۷	مناسب		
	سه طبقه	۵	متوسط		
	چهار طبقه	۳	نامناسب		
	پنج طبقه و بیشتر	۱	کاملاً نامناسب		
دسترسی به فضای باز	۰ تا ۲۰۰ متر	۹	کاملاً مناسب		
	۲۰۰ تا ۳۰۰ متر	۷	مناسب		
	۳۰۰ تا ۴۰۰ متر	۵	متوسط		
	۴۰۰ تا ۵۰۰ متر	۳	نامناسب		
	بیشتر از ۵۰۰ متر	۱	کاملاً نامناسب		
مساحت زیر بنا	۳۰ تا ۵۰	۱	کاملاً نامناسب		
	۵۰ تا ۸۰	۳	مناسب		
	۸۰ تا ۱۲۰	۵	متوسط		
	۱۲۰ تا ۱۸۰	۷	مناسب		

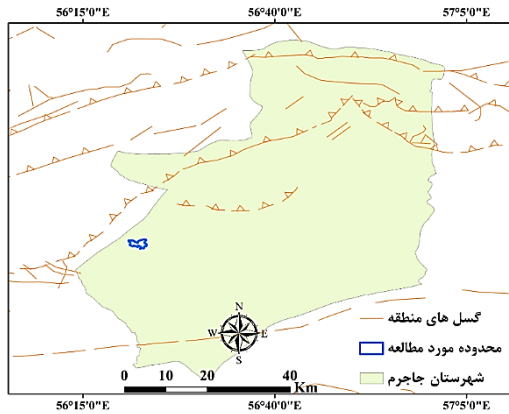
		بیشتر از ۱۸۰	
مصالح سقف واحد مسکونی	کاملاً نامناسب	۱	چوب و گل
	نامناسب	۳	سقف‌های سبک
	متوسط	۵	خشتی
	مناسب	۷	آجر و آهن
	کاملاً مناسب	۹	تیرچه بلوک
عرض معابر	کاملاً نامناسب	۱	۰ تا ۸
	نامناسب	۳	۸ تا ۱۸
	متوسط	۵	۱۸ تا ۲۴
	مناسب	۷	۲۴ تا ۳۰
	کاملاً مناسب	۹	بیشتر از ۳۰ متر
عمر بنا	کاملاً نامناسب	۱	۰ تا ۵ سال
	نامناسب	۳	۵ تا ۱۰ سال
	متوسط	۵	۱۰ تا ۲۰ سال
	مناسب	۷	۲۰ تا ۳۰ سال
	کاملاً مناسب	۹	بیشتر از ۳۰ سال
کیفیت بنا	کاملاً نامناسب	۱	تخریبی
	نامناسب	۳	مرمتی
	متوسط	۵	قابل نگهداری
	مناسب	۷	در دست ساخت
	کاملاً مناسب	۹	نوساز
نوع مصالح نمای ساختمان	کاملاً نامناسب	۱	شیشه‌ای
	نامناسب	۳	سنگ و آجر
	متوسط	۵	سنگی
	مناسب	۷	آجری
	کاملاً مناسب	۹	سیمانی
وضعیت بافت	کاملاً مناسب	۹	پیوسته و منظم
	متوسط	۵	ناپیوسته و منظم
	نامناسب	۳	پیوسته و نامنظم
فاصله از گسل	کاملاً نامناسب	۱	۰ تا ۳ کیلومتر
	نامناسب	۳	۳ تا ۵ کیلومتر
	متوسط	۵	۵ تا ۸ کیلومتر
	مناسب	۷	۸ تا ۱۵ کیلومتر
	کاملاً مناسب	۹	بیشتر از ۱۵ کیلومتر

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

می‌آید. در نهایت تعیین میزان اهمیت یا ارجحیت هر یک از عوامل، بر اساس وزن نهایی معیارها و وزن نرمال زیرمعیارها، انجام می‌گیرد. در این روش بیشترین وزن به شاخص پی‌ساختمان با ۰/۱۵ و کمترین آن نیز به استقرار در کوچه بن بست ۰/۰۲ تعلق گرفته است (جدول ۳).

بعد از مقایسه زوجی و محاسبه وزن‌های نسبی گزینه‌ها و معیارها، لازم است تا وزن نهایی هر گزینه محاسبه گردد. وزن نهایی معیارها توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شده است. وزن نرمال زیر معیارها، از ضرب کردن وزن نهایی محاسبه شده معیارها، در مقدار وزن اولیه زیر معیارها به دست

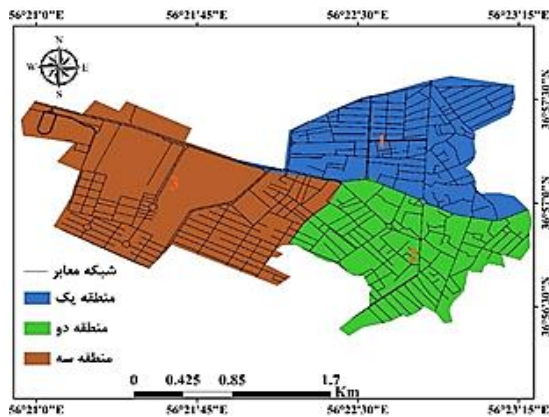
معکوس)، گسل شیرین‌دره (راستا-لغز)، گسل پیش‌کلمرد و گسل نای‌بند قرار دارد که این منطقه را به‌عنوان بخشی از کمربند لرزه‌خیز آلپ-همیالیا مستعد زمین‌لرزه‌های قابل توجه می‌کنند. برخی از این گسل‌ها، مانند گسل جاجرم، توانایی ایجاد زلزله‌هایی با بزرگی بیش از ۶ ریشتر را دارند، بنابراین مطالعات دقیق‌تر زمین‌شناسی برای ارزیابی خطرات لرزه‌ای در این محدوده ضروری است.



شکل ۳. نقشه گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

شرح و تفسیر نتایج

به منظور سنجش و میزان ارتقای تاب‌آوری شهری در برابر زلزله شناخت و تحلیل وضعیت مسکونی شهر بسیار ضروری است. برای این منظور در شکل‌های (۴ و ۵)، مناطق و محلات مورد مطالعه شهر جاجرم را نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه‌ها شهر جاجرم به ۳ منطقه و ۱۳ محله تقسیم شده است. با این تقسیم‌بندی میزان آسیب‌پذیری و نامناسب بودن مناطق مسکونی از لحاظ زلزله بهتر شناسایی می‌شوند.



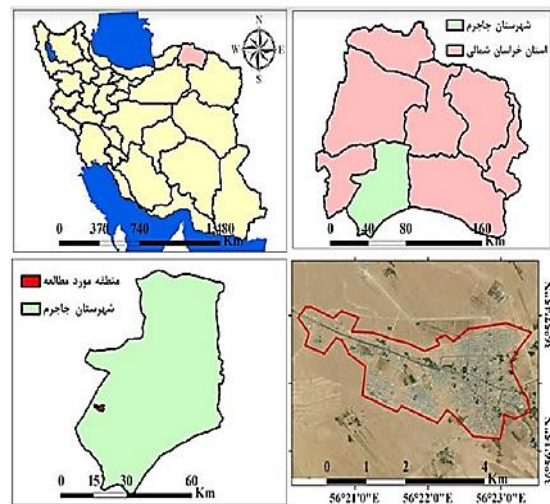
شکل ۴. مناطق و محلات شهر جاجرم

جدول ۳. لایه‌های شهر جاجرم برای ارزیابی مناطق مسکونی در برابر زلزله

وزن لایه‌ها	لایه زیرساخت
۰/۰۲	استقرار در کوچه بن‌بست
۰/۱۵	پی ساختمان
۰/۱۲	تراکم جمعیت
۰/۰۳	تعداد طبقات واحد مسکونی
۰/۰۸	دسترسی به فضای باز
۰/۰۶	مساحت زیر بنا
۰/۰۳	مصالح سقف واحد مسکونی
۰/۰۶	عرض معابر
۰/۱۱	عمر بنا
۰/۰۹	کیفیت بنا
۰/۰۴	نوع مصالح نمای ساختمان
۰/۰۷	وضعیت بافت
۰/۰۵	فاصله از گسل

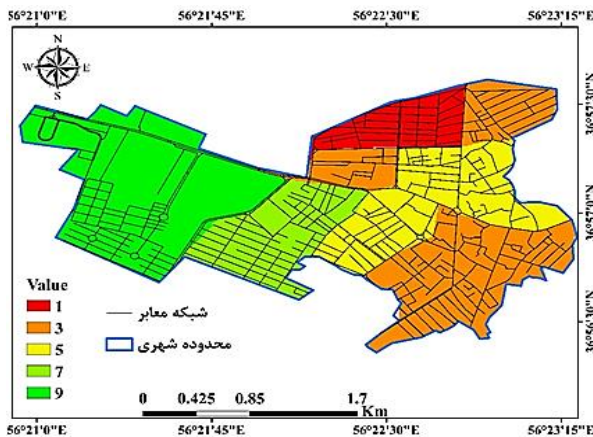
منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

جاجرم یکی از قدیمی‌ترین شهرهای استان خراسان شمالی است که با طول جغرافیایی ۳۸" و ۵۶° و عرض جغرافیایی ۳۶° و ۹۶" با ارتفاع ۹۳۶ متر از سطح دریا در ۱۵۹ کیلومتری جنوب غربی بجنورد مرکز استان خراسان شمالی قرار دارد. شهر جاجرم تنها و مهم‌ترین شهر این خطه از ۴۰۰ سال پیش تا گذشته‌های دور بوده است (شکل ۲).



شکل ۲. موقعیت شهر جاجرم در منطقه

شهرستان جاجرم در استان خراسان شمالی تحت تأثیر گسل‌های فعالی همچون گسل جاجرم (راستا-لغز با مؤلفه



شکل ۶. شاخص استاندارد شده میزان کوچه بن‌بست در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

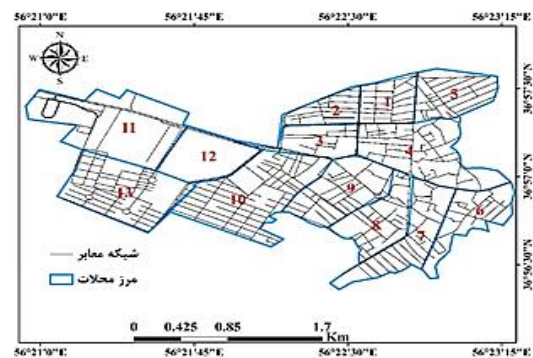
شاخص پی ساختمان

پی ساختمان بخشی از زیر سازه است که با تماس مستقیم با زمین، بارها را به آن منتقل می‌سازد. زیر سازه بخشی از ساختمان یا سازه است که در زیر سطح طبیعی یا مصنوعی زمین قرار دارد و تکیه گاه روسازه را فراهم می‌کند. فونداسیون‌ها را نسبت به نوع مصالح و سیستم ساخت آن می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: گروه اول شامل انواع فونداسیون از نظر نوع مصالح آن مانند فونداسیون‌های سنگی، آجری، شفته‌ای و بتنی؛ گروه دوم، شامل انواع فونداسیون از نظر سیستم ساخت آن مثل، فونداسیون‌های تکی، نواری صفحه‌ای فونداسیون مشترک و فونداسیون‌های کلاف شده است. در تحلیل صورت گرفته بیشترین درصد فراوانی مربوط به فونداسیون سنگی با ۴۳/۷۲ درصد و ساختمان‌های مسکونی منطقه یک و دو نیز به دلیل داشتن بیشترین درصد ساختمان‌های مسکونی با فونداسیون سنگی و خشتی آسیب‌پذیرترین منطقه شهر جاجرم از لحاظ این شاخص است (شکل ۷).

جدول ۳. شاخص پی ساختمان

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی				مناطق
	سایر	بتنی	سنگی	خشتی	
۱۰۰	۷	۱۲	۴۷	۳۴	۱
۳۶/۴۷	۲/۵۵	۴/۳۷	۱۷/۱۵	۱۲/۴۰	درصد
۱۱۴	۵	۱۵	۵۲	۴۲	۲
۴۱/۵۹	۱/۸۲	۵/۴۷	۱۸/۹۷	۱۵/۳۲	درصد
۶۰	۵	۲۹	۲۰	۶	۳
۲۱/۸۷	۱/۸۲	۱۰/۵۸	۷/۲۹	۲/۱۸	درصد
۲۷۴	۱۷	۵۶	۱۱۹	۸۲	مجموع
۱۰۰/۰۰	۶/۸۸	۲۳/۰۷	۴۳/۷۲	۲۶/۳۱	درصد

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۵. محلات شهر جاجرم

استقرار واحدهای مسکونی در کوچه بن‌بست

درجه محصوریت معابر پارامتر بسیار مهمی است که با بالا رفتن درجه محصوریت و ریختن آوار در خیابان در اثر زلزله و یا مشکلات سایر مخاطرات طبیعی تعداد انسداد بیشتر خواهد شد و در نتیجه در سرعت و نحوه گریز و پناه و امدادرسانی به‌هنگام بحران تأثیرگذار خواهد بود.

در شهرهایی چون جاجرم که بعضی مناطق دارای بافت قدیمی می‌باشد، از نظر دسترسی به بافت قدیم که عموماً مناطق مرکزی شهر را نیز شامل ساخت و ساز می‌شود وجود کوچه‌های بن‌بست و شبکه ارتباطی تنگ و کم عرض در این گونه بافت های شهری مشکل ساز است. حتی در سازه‌های جدید به دلیل رعایت نکردن تناسب بین تراکم ارتفاعی و عرض معبر شبکه ارتباطی در بافت جدید نیز با مشکل مواجه است. تحلیل‌های صورت گرفته نشان می‌دهد در کل شهر ۱۰/۵۲ درصد ساختمان های مسکونی در کوچه بن‌بست قرار گرفته‌اند که در تحلیل‌های منطقه‌ای منطقه یک با ۵/۱۰ درصد بیشترین ساختمان‌های مسکونی با موقعیت بن‌بست را دارد (شکل ۶).

جدول ۲. وضعیت قرارگیری مناطق در کوچه بن‌بست

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی				مناطق
	بن‌بست	کوچه باز	فرعی	اصلی	
۱۰۰	۱۴	۵۵	۲۷	۴	۱
۳۶/۴۷	۵/۱۰	۲۰/۰۷	۹/۸۹	۱/۴۵	درصد
۱۱۴	۹	۶۵	۳۵	۵	۲
۴۱/۵۹	۳/۲۸	۲۳/۷۲	۱۲/۷۷	۱/۸۲	درصد
۶۰	۳	۳۱	۲۰	۶	۳
۲۱/۸۷	۱/۰۹	۱۱/۳۱	۷/۲۹	۲/۱۸	درصد
۲۷۴	۲۶	۱۵۱	۸۲	۱۵	مجموع
۱۰۰/۰۰	۱۰/۵۲	۶۱/۱۳	۳۳/۱۹	۶/۰۷	درصد

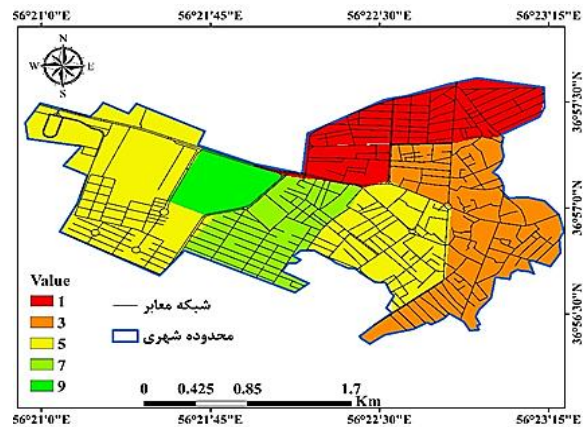
منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

اند که منطقه یک با ۲۱/۱۶ درصد بیشترین درصد فراوانی را از این نظر دارد (جدول ۴ و شکل ۹).

جدول ۴. تعداد طبقات واحدهای مسکونی

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی					مناطق
	یک طبقه	دو طبقه	سه طبقه	چهار طبقه	پنج طبقه و بیشتر	
تعداد	۵۸	۲۵	۱۵	۲	۰	۱
درصد	۲۱/۱۶	۹/۱۲	۵/۴۷	۰/۷۲	۰	۳۶/۴۷
تعداد	۵۰	۴۲	۱۸	۳	۱	۲
درصد	۱۸/۲۴	۱۵/۳۲	۶/۵۶	۱/۰۹	۰/۳۶	۴۱/۵۹
تعداد	۱۰	۱۵	۲۴	۶	۵	۳
درصد	۳/۶۴	۵/۴۷	۸/۷۵	۲/۱۸	۱/۸۲	۲۱/۸۷
تعداد	۱۱۸	۸۲	۵۷	۱۱	۶	مجموع
درصد	۴۳/۰۶	۲۹/۹۲	۲۰/۰۸	۴/۰۱	۲/۱۸	۱۰۰/۰۰

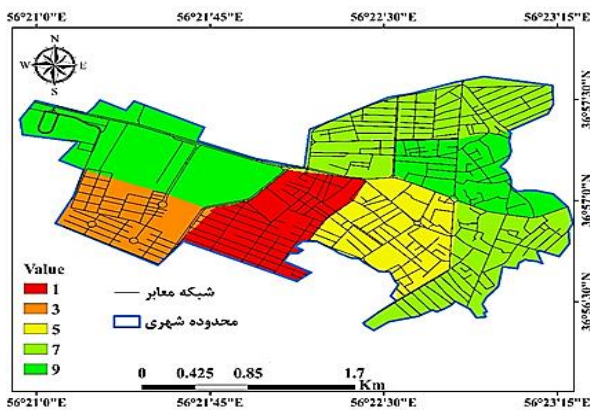
منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



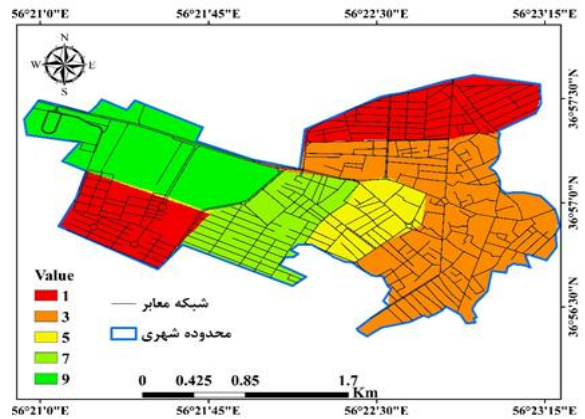
شکل ۷. شاخص استاندارد شده پی ساختمان در شهر جازم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص تراکم جمعیت

تراکم جمعیت که در شکل (۸)، نشان داده شده یکی از اثرگذارترین عوامل در زمان حوادث طبیعی همچون زلزله است. طبق نتایج شهر جازم بیشترین تراکم جمعیت در منطقه ۱ و ۳ وجود دارد.



شکل ۹. شاخص استاندارد تعداد طبقات واحدهای مسکونی در شهر جازم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



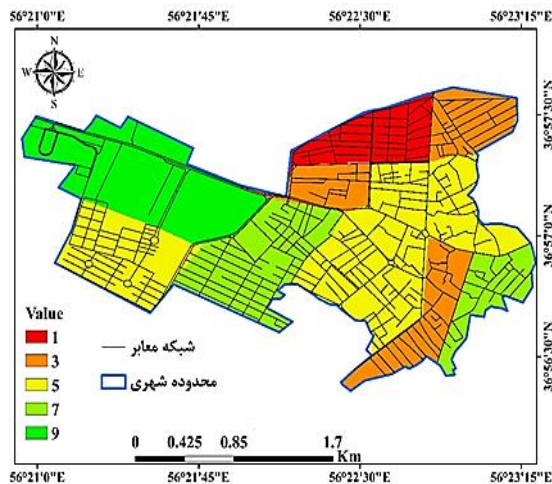
شکل ۸. شاخص استاندارد شده تراکم جمعیت در شهر جازم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص تعداد طبقات واحدهای مسکونی

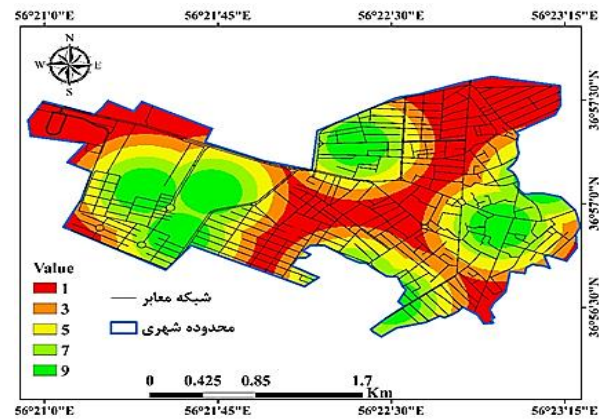
تعداد طبقات اگر منطبق با اصول ایمنی نباشد، قطعاً آسیب را بالا خواهد برد حتی اگر افزایش ارتفاع با رعایت ضوابط و محاسبات مناسب انجام گیرد به‌هنگام تخلیه جستجو و نجات با سختی همراه است، لذا افزایش تعداد طبقات یک عامل منفی محسوب می‌شود و آسیب‌پذیری را بالا می‌برد. از نظر تعداد طبقات اکثر واحدهای مسکونی شهر جازم یک طبقه و دو طبقه هستند و ساختمان‌های مسکونی با تعداد طبقات بالاتر بیشتر در محلاتی از شهر که در حلقه دوم و سوم شهر قرار دارد، واقع شده‌اند. از کلیه ساختمان‌های مسکونی شهر ۴۳/۰۶ درصد آن‌ها یک طبقه

شاخص دسترسی به فضای باز

آگاهی از وضعیت دسترسی به فضاهای باز شهری برای اسکان موقت پس از زلزله، از مواردی است که می‌تواند در مدیریت بحران بسیار حیاتی باشد. شناسایی این نقاط پیش از وقوع زلزله سبب می‌شود، مدیران در مقطع زمانی ناپایدار و غیرقطعی پس از زلزله تصمیم‌گیری منطقی داشته باشند. این مسئله تأثیر محدودیت‌های خاص مکانی و زمانی آن مقطع را کم‌رنگ‌تر می‌کند. در (شکل ۱۰)، دسترسی به فضای باز را نشان می‌دهد که بیشترین فضای باز در منطقه ۳ و ۲ قرار دارد.



شکل ۱۱. شاخص استاندارد شاخص زیربنای واحد مسکونی در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۱۰. شاخص استاندارد شده شاخص دسترسی به فضای باز، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص زیربنای واحد مسکونی

در تحلیل آسیب‌پذیری مسکن، شناخت میزان زیربنای مسکن در محاسبه نیروی حاصل از زلزله مهم است. در تحلیل‌های صورت گرفته بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با زیربنای ۷۰ تا ۱۰۰ متر است که ۳۶/۶۱ درصد از ساختمان‌های مسکونی را در بر می‌گیرد. این امر نشان‌دهنده گرایش به ساخت مسکن با زیربنای کم است که در واقع افزایش تراکم مسکونی را به دنبال دارد. به‌طور کلی تفکیک اراضی در ابعاد کوچک باعث خرد شدن فضاهای باز شده و عملاً از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناه‌گیری کاسته می‌شود. بنابراین هر چه مساحت قطعات کوچک‌تر باشد، آسیب‌پذیری ناشی از زلزله بیشتر می‌شود. پس از آن ساختمان‌های مسکونی بین ۱۵۰ تا ۱۹۰ متر با ۸/۰۲ درصد قرار دارد. (شکل ۱۱).

شاخص سقف ساختمان‌های مسکونی

بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته اکثر ساختمان‌های مسکونی شهر دارای سقفی از نوع آجر و آهن‌اند که منطقه دو با ۲۰/۸۰ درصد بیشترین فراوانی را در این زمینه دارد. سقف‌های خشتی شیروانی و چوبی نیز به‌ترتیب با ۱۸/۲۴، ۸/۰۲ و ۸/۷۵ درصد از سقف‌های ساختمان‌های مسکونی شهر را تشکیل می‌دهند؛ و از آنجا که سقف‌های مذکور به‌علت سنگینی و عدم اتصال درست آسیب‌پذیرترند. بنابراین مناطق یک و دو به علت داشتن فراوانی بیشتر از آسیب‌پذیری نسبی بیشتر برخوردارند (جدول ۶ و شکل ۱۲).

جدول ۶. شاخص سقف ساختمان‌های مسکونی

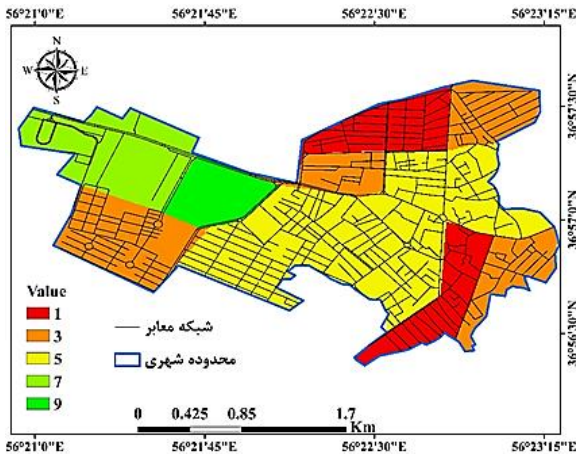
مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی					مناطق
	چوب و گل	سقف سبک	آجر	آجر و آهن	تیرچه بلوک	
۱۰۰	۱۲	۷	۲۵	۳۶	۲۰	تعداد
۳۶/۴۷	۴/۳۷	۲/۵۵	۹/۱۲	۱۳/۱۳	۷/۲۹	درصد
۱۱۴	۱۰	۵	۲۰	۵۷	۲۲	تعداد
۴۱/۵۹	۳/۶۴	۱/۸۲	۷/۲۹	۲۰/۸۰	۸/۲۹	درصد
۶۰	۲	۱۰	۵	۱۵	۲۸	تعداد
۲۱/۸۷	۰/۷۲	۳/۶۴	۱/۸۲	۵/۴۷	۱۰/۲۱	درصد
۲۷۴	۲۴	۲۲	۵۰	۱۰۸	۷۰	تعداد
۱۰۰/۰۰	۸/۷۵	۸/۰۲	۱۸/۲۴	۳۹/۴۱	۲۵/۵۴	درصد

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

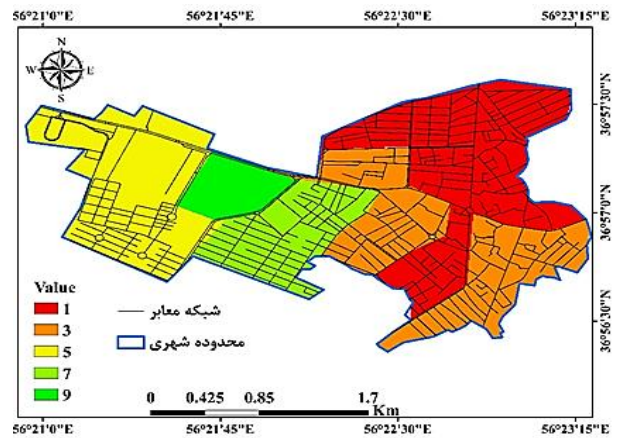
جدول ۵. شاخص زیربنای واحد مسکونی

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی				مناطق	
	بیشتر از ۱۹۰ متر	۱۵۰ تا ۱۹۰ متر	۷۰ تا ۱۰۰ متر	۰ تا ۷۰ متر		
۱۰۰	۱	۵	۱۸	۴۷	۲۹	تعداد
۳۶/۴۷	۰/۳۶	۱/۸۲	۶/۵۶	۱۷/۱۵	۱۰/۵۸	درصد
۱۱۴	۵	۷	۲۲	۴۲	۳۸	تعداد
۴۱/۵۹	۱/۸۲	۲/۵۵	۸/۰۲	۱۵/۳۲	۱۳/۸۶	درصد
۶۰	۶	۱۰	۱۷	۱۰	۱۷	تعداد
۲۱/۸۷	۲/۱۸	۳/۶۴	۶/۲۰	۳/۶۴	۶/۲۰	درصد
۲۷۴	۱۲	۲۲	۵۷	۹۹	۸۴	تعداد
۱۰۰/۰۰	۴/۳۷	۸/۰۲	۲۰/۸۰	۳۶/۶۱	۳۰/۶۵	درصد

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۱۳. شاخص استاندارد عرض معابر در مناطق مسکونی، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۱۲. شاخص استاندارد سقف ساختمان‌های مسکونی در شهر جازم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص عمر بنا

عمر مفید ساختمان در آیین‌نامه‌های طراحی ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود. بنا در ارتباط با مصالح به کار گرفته شده در ساخت آن گویای میزان استهلاک و فرسودگی واحد مسکونی است و یا دوام و استحکام واحد مسکونی را بیان می‌دارد در تحلیل‌های صورت گرفته ۳۵/۳۹ درصد ساختمان‌های مسکونی عمر کمتر از ۱۰ سال را دارند و بیشترین فراوانی مربوط به ساختمان‌های مسکونی با عمر بین ۱۰ تا ۲۰ سال می‌باشد (جدول ۸ و شکل ۱۴).

جدول ۸. عمر بنا

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی					مناطق	
	بیشتر از ۳۰ سال	۲۰ تا ۳۰ سال	۱۰ تا ۲۰ سال	۵ تا ۱۰ سال	۰ تا ۵ سال	تعداد	درصد
۱۰۰	۱۲	۲۵	۳۶	۱۷	۱۰	۱	تعداد
۳۶/۴۷	۴/۳۷	۹/۱۲	۱۳/۱۳	۶/۲۰	۳/۶۴	۱	درصد
۱۱۴	۱۵	۲۶	۴۰	۱۸	۱۵	۲	تعداد
۴۱/۵۹	۵/۴۷	۹/۴۸	۱۴/۵۴	۶/۵۶	۵/۴۷	۲	درصد
۶۰	۲	۷	۱۴	۱۷	۲۰	۳	تعداد
۲۱/۸۷	۰/۷۲	۲/۵۵	۵/۱۰	۶/۲۰	۷/۲۹	۳	درصد
۲۷۴	۲۹	۵۸	۹۰	۵۲	۴۵	مجموع	تعداد
۱۰۰/۰۰	۱۰/۵۸	۲۱/۱۴	۳۲/۸۴	۱۸/۹۷	۱۶/۴۲	مجموع	درصد

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص عرض معابر در مناطق مسکونی

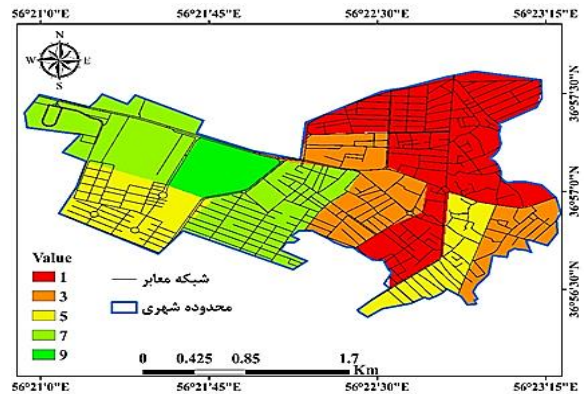
عرض معابر به هنگام، گریز، پناه تخلیه و امداد رسانی نقش مهمی دارد چرا که حجم بیشتری از بازماندگان یا گروه‌های امدادگری می‌توانند منتقل شوند هر چه عرض معابر بیشتر باشد امکان ایجاد ترافیک عبوری کمتر است همان‌طور که محاسبات عرض معابر در مناطق نشان می‌دهد، درصد ساختمان‌های مسکونی پیرامون عرض زیر ۸ متر در مناطق بالاست و در مناطق یک و دو به بالاترین حد می‌رسد. در کل معابر بخش مرکزی شهر و محلات نزدیک آن به علت دارای بودن وسعت بیشتری از بافت قدیمی شهر و متراکم بودن بافت آن‌ها معابر با عرض کم بیشتری را دارا می‌باشند (جدول ۷ و شکل ۱۳).

جدول ۷. عرض معابر در مناطق مسکونی

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی					محلات	
	بیشتر از ۲۴ متر	۱۸ تا ۲۴ متر	۱۲ تا ۱۸ متر	۸ تا ۱۲ متر	۰ تا ۸ متر	تعداد	درصد
۱۰۰	۰	۲	۵	۲۸	۶۵	۱	تعداد
۳۶/۴۷	۰	۰/۷۲	۱/۸۲	۱۰/۲۱	۲۳/۷۲	۱	درصد
۱۱۴	۳	۸	۱۷	۳۶	۵۰	۲	تعداد
۴۱/۵۹	۱/۰۹	۲/۹۱	۶/۲۰	۱۳/۱۳	۱۸/۲۴	۲	درصد
۶۰	۵	۹	۱۵	۱۵	۱۶	۳	تعداد
۲۱/۸۷	۱/۸۲	۳/۲۸	۵/۴۷	۵/۴۷	۵/۸۳	۳	درصد
۲۷۴	۸	۱۹	۳۷	۷۹	۱۳۱	مجموع	تعداد
۱۰۰/۰۰	۲/۹۱	۶/۹۳	۱۳/۵۰	۲۸/۸۳	۴۷/۸۱	مجموع	درصد

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

آن وجود دارد در مقایسه ساختمان‌های مشابه ساختمانی که از کیفیت ساخت پایین‌تری برخوردار است از احتمال تخریب بیشتری در مقایسه با دیگر ساختمان‌ها برخوردار است. جنس مصالح ساختمانی باید به نسبت شرایط آب و هوایی و کیفیت شیمیایی خاک و آب مورد توجه قرار گیرد تا از فرسودگی سریع بناها که زیان‌های مالی نیز به همراه داشته و نیز در ارتفاعات طبیعی میزان مخاطرات را بالا می‌برد، جلوگیری به عمل آید. در یک تقسیم‌بندی می‌توان برای ساختمان‌ها را بر اساس نوع کیفیت آن‌ها به پنج گروه نوساز، قابل نگهداری، مرمتی، در دست ساخت و تخریبی تقسیم بندی نمود. ساختمان‌هایی که در دو گروه آخر مرمتی و تخریبی قرار می‌گیرند، نامقاومترین ساختمان‌ها می‌باشند که در صورت عدم رسیدگی در زمان وقوع زلزله آسیب‌پذیر و آسیب‌رسان هستند. این ساختمان‌ها علاوه بر اینکه ممکن است، خودشان آسیب ببینند به ساختمان‌های مجاور خود نیز آسیب می‌رسانند (جدول ۹ و شکل ۱۵).



شکل ۱۴. شاخص استاندارد شده عمر بنا در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص کیفیت بنا

تأثیرگذارترین شاخص در میزان آسیب‌پذیری یک ساختمان و در نهایت بافت شهری از زلزله کیفیت آن ساختمان است. معمولاً رابطه نزدیکی بین مصالح به کار رفته در یک ساختمان و کیفیت

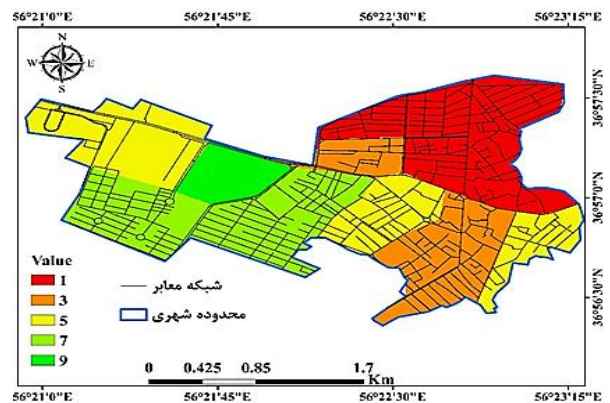
جدول ۹. کیفیت بنا

مجموع	موقعیت قرارگیری مناطق مسکونی					مناطق	
	قابل نگهداری	مرمتی	در دست ساخت	تخریبی	نوساز		
۱۰۰	۱۱	۲۲	۱۲	۴۰	۱۵	تعداد	۱
۳۶/۴۷	۴/۱۴	۸/۰۲	۴/۳۷	۱۴/۵۹	۵/۴۷	درصد	
۱۱۴	۱۳	۲۰	۱۵	۴۶	۲۰	تعداد	۲
۴۱/۵۹	۴/۲۴	۷/۲۹	۵/۴۷	۱۶/۷۸	۷/۲۹	درصد	
۶۰	۸	۱۰	۱۸	۵	۱۹	تعداد	۳
۲۱/۸۷	۲/۹۱	۳/۶۴	۶/۵۶	۱/۸۲	۶/۹۳	درصد	
۲۷۴	۳۲	۵۲	۴۵	۹۱	۵۴	تعداد	مجموع
۱۰۰/۰۰	۱۱/۶۷	۱۸/۹۷	۱۶/۴۲	۳۳/۲۱	۱۹/۰۷	درصد	

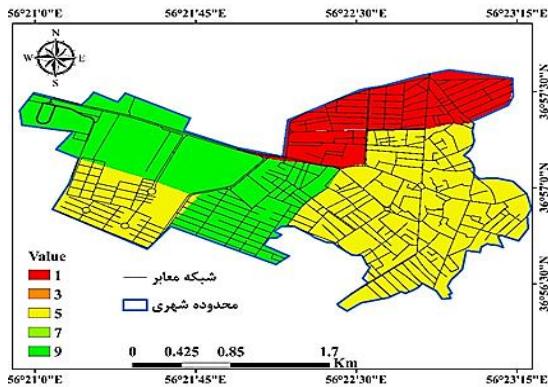
منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص نوع مصالح نمای ساختمان

مصالح نما باید در اتصال کامل با ساختمان باشند. سقوط این عناصر می‌تواند خطرات زیادی برای افرادی که در کنار ساختمان در حال عبور و مرور هستند ایجاد کند و همچنین خسارات اقتصادی زیادی برای مالکان ساختمان‌ها به همراه دارد در سالیان اخیر استفاده از نمای شیشه بسیار چشمگیر است ولی در اکثر موارد نکات ایمنی جهت اتصال آن و همچنین نکات مربوط به کنترل ارتعاشات آن لحاظ نمی‌شود. بیش از آنچه که در قسمت های دیگر بنا باید به پایین آوردن وزن توجه شود این کار برای اجرای نماسازی‌ها ضرورت دارد، زیرا هنگام زلزله نمای سنگین بنا به خصوص اگر درست اجرا نشده باشد، برای افراد داخل بنا و



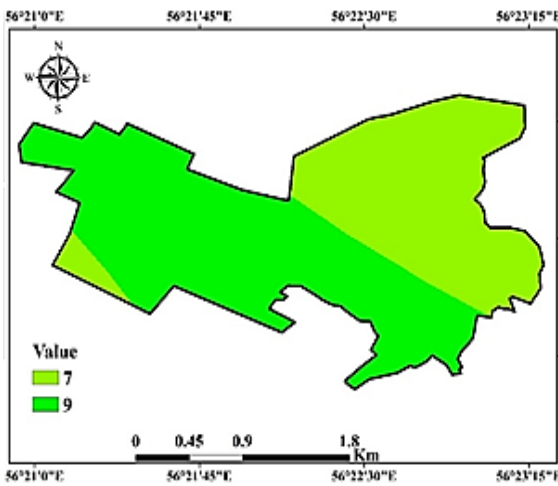
شکل ۱۵. شاخص استاندارد شده کیفیت بنا در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۱۷. شاخص استاندارد شده وضعیت بافت در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

فاصله از گسل

در منطقه مورد مطالعه استقرار شهر جاجرم همانطور که در شکل نیز مشخص است، منطقه مورد مطالعه در فاصله ۸ تا ۱۵ کیلومتری گسل هستند، این فاصله تا حدی مناسب است، اما باید فاصله بیشتر از ۳۰ کیلومتر باشد تا کاملاً مناسب را به خود بگیرد (شکل ۱۸).

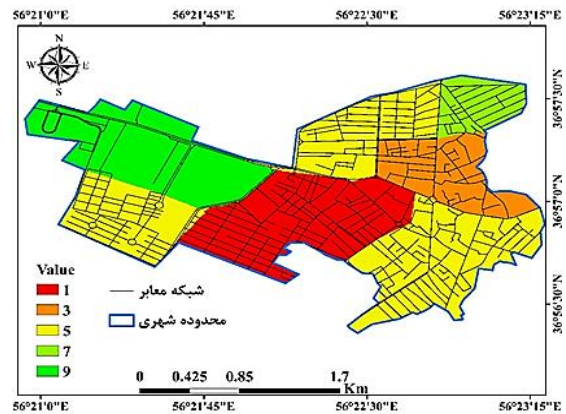


شکل ۱۸. استاندارد شاخص (گسل) برای تاب‌آوری مسکونی در برابر زلزله، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

نتیجه نهایی آسیب‌پذیری مسکونی در برابر زلزله

در جدول (۱۰) و شکل (۱۹)، خروجی نهایی آسیب‌پذیری مناطق مسکونی شهر جاجرم را نشان داده است. بر اساس نتایج ۸۹ هکتار (۲۰/۳۱ درصد) در وضعیت کاملاً نامناسب، ۱۲۲ هکتار (۲۷/۸۵ درصد) در وضعیت نامناسب، ۱۰۵ هکتار (۲۳/۹۷ درصد) در وضعیت متوسط، ۶۷ هکتار (۱۵/۲۹ درصد) در وضعیت مناسب و فقط ۵۵ هکتار (۱۲/۵۵ درصد) در وضعیت کاملاً مناسب قرار دارند.

خارج از آن خطرات جدی را ایجاد می‌نماید. در مورد نمای ساختمان‌های مسکونی باید گفت نماهای با خطر زیاد که اغلب شامل نمای آینه و شیشه است، بیشتر مربوط به ساخت و سازهای سال‌های اخیر است. این روند در ساخت و سازهای اخیر باعث آسیب‌پذیری بیشتر فضاهای شهری معابر شده است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد در سطح شهر جاجرم ۵ درصد ساختمان‌های مسکونی دارای نمای شیشه‌ای هستند، که منطقه دو بیشترین درصد فراوانی را دارا می‌باشند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. شاخص استاندارد نوع مصالح نمای ساختمان در شهر جاجرم، منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

شاخص وضعیت بافت

شکل اندازه و چگونگی ترکیب کوچک‌ترین اجزا تشکیل‌دهنده شهر را بافت شهری مشخص می‌سازد. هر نوع بافت شهری به هنگام وقوع زلزله مقاومت خاصی را در برابر آن دارد. به عنوان مثال بافت منظم مقاومت بیشتری در برابر زلزله نسبت به بافت نامنظم دارد. در ارزیابی و قطعه‌بندی اراضی، شکل هندسی قطعه منظم یا نامنظم، مساحت قطعه، ابعاد و اندازه، تناسب طول و عرض قطعه در رابطه با کاربری زمین و نوع مالکیت اختصاصی یا مشاع ملاک بایستی مورد سنجش قرار گیرد. به طور کلی، بافت پیوسته و منظم در اراضی هموار که راه‌های آن نیز از درجه محصوریت متوسط یا کم برخوردارند و به‌ویژه نسبت سطح ساخته شده به فضای باز آن‌ها متوسط و یا کم است و دارای بلوک‌هایی با یک یا دو ردیف منظم ساختمان هستند دارای آسیب‌پذیری کمتر و کارایی بیشتر بعد از وقوع سانحه بوده‌اند. بافت ناپیوسته منظم و پلکانی در اراضی کوهپایه‌ای بافتی است که در مجموع می‌توان آن را بافت متوسط به لحاظ آسیب‌پذیری و کارایی به حساب آورد. بافت پیوسته و نامنظم که بیشتر در نواحی هموار قابل مشاهده است از نظر آسیب‌پذیری بافت دارای کارایی کم و آسیب‌پذیری زیاد است. (شکل ۱۷).

برابر زلزله و برنامه‌ریزی اصولی در راستای تاب‌آور نمودن آن است. تاب‌آوری کالبدی بخصوص در بعد مسکن، یکی از مهم‌ترین ابعاد تأثیرگذار در سنجش و میزان تاب‌آوری جوامع بشمار می‌رود. زیرا از طریق آن چگونگی وضعیت جوامع در برابر وقوع سوانح طبیعی قابل ارزیابی است.

در این پژوهش ۱۳ معیار اساسی تاب‌آوری کالبدی در بعد مسکن مورد ارزیابی قرار گرفته است. این شاخص‌ها با توجه به وضعیت کنونی شهر جاجرم از اسناد و مدارک عملی، داده‌های مکانی موجود جمع‌آوری شد. نتایج ارزیابی تاب‌آوری شهر جاجرم در برابر زلزله، بر اساس ۱۳ شاخص کلیدی، نشان می‌دهد که بیش از ۴۸ درصد از محدوده مسکونی شهر (معادل ۲۱۱ هکتار) در وضعیت نامناسب تا کاملاً نامناسب قرار دارد. این امر بیانگر آسیب‌پذیری بالای بخش قابل توجهی از شهر در برابر زلزله است. تنها ۱۲/۵۵ درصد (۵۵ هکتار) از مساحت شهر در وضعیت کاملاً مناسب ارزیابی شده که نشان‌دهنده ضعف جدی در برنامه‌ریزی‌های کالبدی و مقاوم‌سازی ساختمان‌هاست. این نابرابری در توزیع مکانی تاب‌آوری، پیامدهای جدی را در زمان وقوع زلزله از جمله تخریب گسترده و تلفات انسانی در مناطق پرخطر به همراه خواهد داشت.

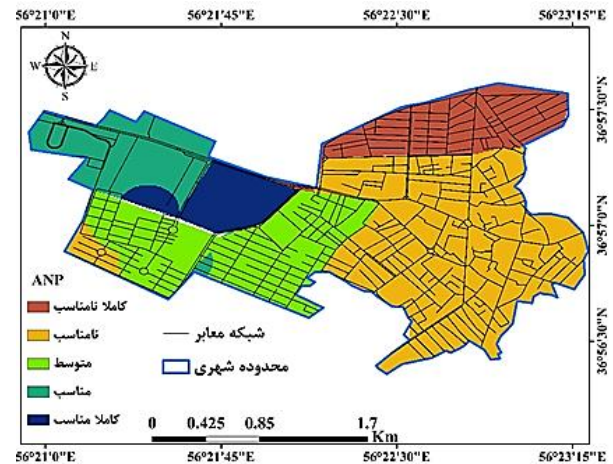
از میان شاخص‌های مورد بررسی، عواملی مانند استقرار در کوچه‌های بن‌بست، عرض کم معابر، کیفیت پایین مصالح ساختمانی (به‌ویژه سقف و نما)، و نزدیکی به گسل احتمالاً سهم عمده‌ای در طبقه‌بندی نامناسب مناطق داشته‌اند. برای مثال، کوچه‌های بن‌بست و معبار تنگ دسترسی امدادسانی را مختل می‌کنند، در حالی که مصالح فرسوده یا ناپایدار ریسک تخریب را افزایش می‌دهند. همچنین، تراکم جمعیت بالا در مناطق نامناسب (مانند بافت‌های فرسوده) احتمال تلفات را تشدید می‌کند. تمرکز بر بهسازی این شاخص‌ها در مناطق پرخطر (حدود ۲۰۰ هکتار از مناطق کاملاً نامناسب و نامناسب) باید در اولویت مدیریت شهری قرار گیرد.

برای کاهش ریسک زلزله، اقدامات فوری مانند نوسازی بافت‌های فرسوده، تعریض معابر حیاتی، مقاوم‌سازی ساختمان‌های پرخطر (به‌ویژه با مصالح نامناسب)، و ایجاد فضای باز امن ضروری است. همچنین، آموزش شهروندان مناطق پرتراکم درباره پناه‌گیری و تخلیه ایمن می‌تواند تاب‌آوری اجتماعی را افزایش دهد. از آنجا که تنها ۱۵/۲۹ درصد از شهر (۶۷ هکتار)

جدول ۱۰. وضعیت آسیب‌پذیری مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله

وضعیت آسیب‌پذیری	مساحت (هکتار)	درصد
کاملاً نامناسب	۸۹	۲۰/۳۱
نامناسب	۱۲۲	۲۷/۸۵
متوسط	۱۰۵	۲۳/۹۷
مناسب	۶۷	۱۵/۲۹
کاملاً مناسب	۵۵	۱۲/۵۵
جمع کل	۴۳۸	۱۰۰/۰۰

منبع: نتایج تحقیق، ۱۴۰۳



شکل ۱۹. خروجی نهایی آسیب‌پذیری مسکونی شهر جاجرم در برابر زلزله، منبع:

نتایج تحقیق، ۱۴۰۳

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با تکیه بر چهارچوب نظری با هدف بررسی وضعیت مسکونی شهر جاجرم جهت ارتقای میزان تاب‌آوری آن در برابر زلزله صورت گرفته است. امروزه عمدتاً شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی ایجاد یا بنا شده‌اند که به لحاظ مخاطرات طبیعی در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی قرار گرفته‌اند. از این رو، یکی از وظایف برنامه‌ریزان شهری تلاش برای تبدیل شهر به محیطی آرام، ایمن و سالم است که سلامت شهروندان ساکن در آن را حفظ کند. در این میان، مفهوم تاب‌آوری، مفهوم جدیدی است که بیشتر در مواجهه با ناشناخته‌ها و عدم قطعیت‌ها به کار برده می‌شود. زلزله به عنوان یکی از فاجعه‌بارترین و مخرب‌ترین انواع مخاطرات طبیعی دارای اشکال بزرگ و پیش‌بینی‌ناپذیر است. لذا، نمی‌توان از پیامدهای آن جلوگیری کرد. در مقابل این وضعیت، راهبردهای سازمان‌های بین‌المللی برای کاهش مخاطرات، ایجاد جوامع تاب‌آور در برابر زلزله است که این امر نیازمند ارزیابی میزان تاب‌آوری شهر در

جاجرم و ارزیابی مداوم وضعیت آسیب‌پذیری و تاب‌آوری کالبدی آن به منظور مدیریت بهینه بحران.

- تعیین کاربری‌های چند منظوره (به ویژه فضای سبز) برای بهره‌گیری به هنگام بحران (به عنوان اسکان اضطراری و موقت، در سطح شهر جاجرم.

- توسعه حمل‌ونقل عمومی بین بافت‌های ایجاد شده (به ویژه در حاشیه شهر جاجرم).

- پیشروی همزمان ساخت واحدهای مسکونی و ایجاد زیرساخت‌ها و خدمات شهری در شهرک‌ها و مناطق الحاقی جدید.

- ایجاد مکانیسمی مناسب جهت افزایش کیفیت ساخت از طریق تعمیق رویه‌های نظارتی بخصوص در شمال شرق شهر جاجرم.

- نظارت منسجم‌تر بر طراحی شهری و ساختمانی جهت شکل‌گیری بافت‌های مسکونی مطلوب شهری در جاجرم.

- محدودیت صدور پروانه‌های ساختمانی با کاربری مسکونی در حاشیه شهر جاجرم.

- ایجاد زمینه‌های افزایش مشارکت شهروندان با بسترسازی حضور شهروندان در فعالیتهای اجرایی.

- طرح تجمیع قطعات و افزایش مساحت ساختمان‌های ساخته‌شده برای کاهش تراکم به ویژه در مناطق یک و سه شهر جاجرم.

References

- Abdi, Z., Oshnavii Nooshabadi, A., Meskini, A. (2022). Assessing physical resilience using the TOPSIS-AHP model with emphasis on housing (Case study of the country's counties). *Safe City*, 5(1), 1-24. (In Persian)
- Ainuddin, S., Routray, Kumar, J. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Vol. 2, 25-36.
- Charleson, A, Kusliansjah, K, Widjaja, P. (2018). Improving the seismic resilience of housing in developing countries: time to transform local government building, departments MATEC Web of Conferences 229, 03017 (2018) ICDM 2018.

در وضعیت مناسب قرار دارد، توسعه پروژه‌های مشارکتی با ساکنان محلی برای جلب همکاری در نوسازی و رعایت استانداردهای ساخت‌وساز جدید نیز پیشنهاد می‌شود. این تحلیل نشان می‌دهد جاجرم نیازمند یک برنامه جامع کاهش خطرپذیری زلزله با تأکید بر مناطق بحرانی است.

نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهش‌های، حاتمی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱)، که نشان دادند شهرک انقلاب از نظر تاب‌آوری کالبدی در هنگام مواجهه با مخاطره زلزله در سطح پایینی قرار دارد و ملکی و همکاران (۱۴۰۰)، که نشان دادند که محدوده مرکزی ناحیه غربی شهر ایزه به دلایل: قدمت بالا ابنیه‌ها و کیفیت پایین ساخت‌وساز را به عنوان مناطقی با پایین ترین سطح تاب‌آوری در کل ناحیه مشخص نمود، و نتایج پژوهش یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۸)، که نشان دادند در محلات مورد بررسی محله چهار از ناحیه یک دارای بیشترین تاب‌آوری و همچنین محلات چهار از ناحیه دو و سه دارای کمترین تاب‌آوری را در مقابل زلزله می‌باشند و سان و همکاران (۲۰۲۳)، که نشان دادند از نظر فضایی، شکاف قابل‌توجهی بین شاخص تاب‌آوری شهرهای استان هبی و پکن-تیانجین، وجود دارد همخوانی دارد.

در نهایت در راستای نتایج به دست آمده، راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌شود:

- ایجاد بانک اطلاعاتی به روز از مناطق و محلات شهر

- Chen, W., & Zhang, L. (2021). Resilience assessment of regional areas against earthquakes using multi-source information fusion. *Journal of Reliability Engineering & System Safety*, 215(2), 215-233.
- Coaffee, J. (2020). Protecting vulnerable cities: The UK's resilience response to defending everyday urban infrastructure. *International Affairs*, 86(4), 939-954.
- Ebrahimzadeh, I., Kashefidoost, D. and Hosseini, A. (2019). Evaluating the Physical Resilience of city against earthquake (case study: Piranshahr city). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 8(20), 131-146. (In Persian)
- Folke, C. Carpenter, S. Elmqvist, T. Gunderson, L. Holling, C. S. Walker, B. (2002). Resilience and sustainable

- development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio*, 31(5), 437-440.
- Hataminezhad, H., Kahaki, F. and Sadeghi, F. (2022). Measuring the Physical Resilience of Informal Settlements against Environmental Hazards (Earthquake), Case Study: Pakdasht (Enghelab Town). *Economic Geography Research*, 3(9), 22-38. (In Persian)
- Joakim, E. (2008). Assessing 'The hazards of Place' model of vulnerability: A case study of the Waterloo region, (Unpublished masters' thesis). Wilfrid Laurier University, Waterloo, Canada.
- Kabir, H., Sato, M. Habbiba, U., Yousef, T.B. (2018): Assessment of Urban Disaster Resilience Dhaka North City Corporation (DNCC), Bangladesh, *Procedia Engineering*, 212, 1107-1114.
- Kamali, Z. and Ghasemi, M. (2023). Strategies for physical resilience of rural households against floods (Case study: Dargaz city). *Rural Development Strategies*, 10(1), 1-19. (In Persian)
- Karami, F., Tilkoy Begejan, F., (2021). A conceptual study of resilience and sustainable housing, 13th National Conference on Geography and Environment, Shirvan. (In Persian)
- Kolte, R, Goswami, Sh, Kumar, A, Pipralia, S, (2023), Challenges in practical implementation of the concept of urban resilience in cities, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 99, December 2023, 104142.
- Latifi, A, Ziari, K. Naderi, S.M. (2022). The Analysis and Leveling of Key Drivers Affecting the Increase of Physical Resilience in Tehran against Earthquakes using Interpretive Structural Modeling (Case Study: District 10), *geoeh*, 11(3), 285-309. (In Persian)
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Taylor, W. W. (2019). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516.
- Lotfi, H, Noori Kermani, A, Ziari, K. (2022). Spatial Analysis of Physical Resilience Components of Ilam City against Earthquake with a Futuristic Approach. *GeoRes*. 37 (1):141-153. (In Persian)
- Maleki, S., Razavii, S. M., & Ramazanpour Asadieh, K. (2022). Measurement and Evaluation of Resilience to Earthquake Urban Areas (Case Study: Western District of Izeh City). *Journal of Research and Urban Planning*, 12(47), 187-202. (In Persian)
- Matyas, D. Pelling, M. (2015). Positioning resilience for 2015: the role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy. *Disasters*, 39(1), 1-19.
- Mavhura, E, Manyangadze, T, Raj Aryal, K, (2021). A composite inherent resilience index for Zimbabwe: An adaptation of the disaster resilience of place model, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 4 (6), 2-13.
- Mayunga, S.B. (2006). The concept of resilience revisited, *Disasters*, 30 (4) (2006), 433-450.
- McEntire, D. A., Fuller, C., Johnston, C. W., & Weber, R. (2002). A comparison of disaster paradigms: The search for a holistic policy guide. *Public Administration Review*, 62(3), 267-281.
- Peyman, S.H. (2007). Housing characteristics of urban households in income classes. *Housing Economics*, (41), 71-87. (In Persian)
- Shahivandi, A., Ghasemi, M., & Rastghalam, N. (2020). Future Studies of Housing Resilience in 8th Zone of Isfahan Using a Combination of Scenario Analysis and cross-effects analysis. *Urban Structure and Function Studies*, 7(22), 131-153. (In Persian)
- Suárez, M., Rieiro-Díaz, A.M., Alba, D., Langemeyer, J., Gómez-Baggethun, E., Ametzaga-Arregi, I. (2024), Urban resilience through green infrastructure: A framework for policy analysis applied to

- Madrid, Spain, *Landscape and Urban Planning*, Volume 241, Article number 104923.
- Sun, J, Zhai, N, Mu, H, Miao, J, Li, W, Li, M. (2023). Assessment of urban resilience and subsystem coupling coordination in the Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration, *Sustainable Cities and Society*, Volume 100, January 2024, 105058.
- Toobchi Sani A, Mohammadi M, Mirzayi M R, Toobchi Sani A H. (2023). Evaluating the importance of physical resilience criteria of run-down urban fabrics with using of Improved analytical hierarchy process (IAHP) method. *Disaster Prev. Manag. Know.* 12 (4), 409-422. (In Persian)
- Yarahmadi, M., Nikpour, A. and Lotfi, S. (2020). Evaluating the physical resilience of cities against earthquakes: A case study of Noorabad Mamassani. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 7(2), 147-171. (In Persian)