

GES	Geography and Environmental Studies, 15 (57), 2026 Publisher: Islamic Azad University – Najafabad Branch https://sanad.iau.ir/journal/ges E-ISSN: 2345-5985 Doi:	
-----	---	---

Research Paper

Received:

Revised:

Accepted:

Online Publication:

Earthquake Vulnerability Zonation in Ilam City

Syed Jahangir Musavi Nasab¹, Abbas MalekHoseini², Majid Shams³

1. Department of Geography & Urban Planning, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran.

2. Department of Geography & Urban Planning, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran.

(Corresponding Author)

E-Mail:

3. Department of Geography & Urban Planning, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran.

Abstract

Earthquake is one of the most important environmental hazards of many Iranian cities. In this regard, the spatial evaluation and zoning of the seismic vulnerability of cities is considered one of the basic requirements in planning to reduce the effects of earthquakes. Therefore, according to this issue, the current research with a descriptive-analytical approach is aimed at zoning the vulnerability of Ilam city against earthquakes. In this research, at first, the variables affecting the zoning of earthquake vulnerability were identified based on various studies, then using the AHP method and the opinions of 73 experts and weight experts related to each of the variables in the Export Choice environment, and finally, using the FAHP method and in the GIS environment, a map related to the zoning of Ilam city's vulnerability to earthquake risk was drawn. Based on this, at first 10 variables: slope of land, distance from fault, number of building floors, age of building, quality of building, area of parts, durability of construction materials, distance from roads, distance from medical centers and distance from green and open space were identified as influencing variables, based on the AHP method; 3 variables, the distance from the fault, the slope of the area and the distance from the roads were identified as the most important and effective variables in zoning the earthquake vulnerability of Ilam city with weights of 0.184, 0.147 and 0.121 respectively. Also, the results related to the zoning status of the vulnerability of Ilam city against earthquakes indicate that more than 600 hectares of the area of Ilam city are in a high and very high vulnerability state in the event of an earthquake. Also, 580 hectares of Ilam city are in a low and very low vulnerability state. Finally, 299 hectares of Ilam city is in a medium vulnerability state. In the following, suggestions have been made to reduce the vulnerability of Ilam city against earthquakes.

Keywords: Natural hazards, Vulnerability Zonation, Crisis Management, Ilam city.

Citation: Musavi Nasab, S.J.; MalekHoseini, A.; Shams, M. (2026), Earthquake Vulnerability Zonation in Ilam City, Geography and Environmental Studies, 15 (57), 6-21. Doi:.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



جغرافیا و مطالعات محیطی

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

شاپا الکترونیکی: 2345-5985

Sanad.iau.ir/journal/ges

Doi:



مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای، شهر ایلام

سید جهانگیر موسوی نسب^۱، عباس ملک حسینی^۲، مجید شمس^۳

گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

چکیده

زلزله یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی بسیاری از شهرهای ایران به شمار می‌آید. در این رابطه، ارزیابی مکانی و پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای شهرها از الزامات اساسی در برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله محسوب می‌شود؛ بنابراین با توجه به این موضوع پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی - تحلیلی در پی پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله می‌باشد. در این پژوهش در ابتدا متغیرهای اثرگذار بر پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله بر اساس مطالعات مختلف شناسایی، سپس با استفاده از روش AHP و نظرات مربوط به ۷۳ کارشناس و متخصص وزن مربوط به هر کدام از متغیرها در محیط Export Choice مشخص شده و در نهایت با استفاده از روش FAHP و در محیط GIS نقشه مربوط به پهنه‌بندی وضعیت آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر مخاطره زلزله ترسیم شده است. بر این اساس در ابتدا ۱۰ متغیر: شیب زمین، فاصله از گسل، تعداد طبقات ساختمانی، قدمت ساختمان، کیفیت ساختمان، مساحت قطعات، دوام مصالح ساختمانی، فاصله از معابر، فاصله از مراکز درمانی و فاصله از فضای سبز و باز به عنوان متغیرهای اثرگذار شناسایی شدند، بر اساس روش AHP؛ ۳ متغیر، فاصله از گسل، شیب منطقه و فاصله از معابر به ترتیب با اوزان ۰/۱۸۴، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۲۱ مهم‌ترین و اثرگذارترین متغیرهای موثر در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری زلزله شهر ایلام شناسایی شدند. همچنین نتایج مربوط به وضعیت پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله بیانگر آن است که بیش از ۶۰۰ هکتار از مساحت شهر ایلام در صورت وقوع زلزله در وضعیت آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا قرار دارد همچنین ۵۸۰ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری کم و بسیار کم قرار دارد. در نهایت ۲۹۹ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط قرار دارد. در ادامه جهت کاهش میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله پیشنهادهایی ارائه شده است.

کلمات کلیدی: مخاطرات محیطی، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری، مدیریت بحران، شهر ایلام.

تاریخ ارسال:

تاریخ بازنگری:

تاریخ پذیرش:

تاریخ انتشار برخط:

نویسنده مسئول: عباس ملک حسینی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران. aghil48madadi@yahoo.com

نحوه ارجاع به مقاله:

موسوی نسب، سید جهانگیر؛ ملک حسینی، عباس؛ شمس، مجید (۱۴۰۵)، پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای، شهر ایلام، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، ۱۵ (۵۷)،

Doi: ۶-۲۱

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author (s), with publication rights granded to Journal of Geography and Environmental Studies. This is an open – accses article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



مقدمه

شهرها به عنوان پیچیده‌ترین سیستم اکولوژیکی اجتماعی و مهم‌ترین مکان فعالیت‌های انسانی، اغلب در مقابل انواع مخاطرات طبیعی شکنندگی زیادی از خود نشان می‌دهند (Xiaodong et al, 2020: 16)؛ که منجر به تلفات و خسارات اقتصادی فراوانی می‌شود. که این موضوع در کشورهای در حال توسعه به یک مشکل اساسی تبدیل شده است (Zhou et al, 2020: 1). بنابراین در دهه‌های اخیر توسعه شتاب‌گونه شهرها همراه با رشد روزافزون جمعیت در مراکز و نقاط شهری برنامه‌ریزی، کنترل و مدیریت مناطق شهری را با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو کرده است. این مشکلات به‌ویژه در زمان وقوع بلایای طبیعی و خصوصاً زمانی که با ناهنجاری‌های اجتماعی همراه می‌شود بسیار پیچیده‌تر می‌شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۷). پیچیدگی که در زمان وقوع این بلای می‌تواند به تلفات چشمگیر جبران‌ناپذیر و خسارت‌های مالی سنگین منجر شود (Jinghai et al, 2016: 51). با توجه به افزایش وقوع سوانح طبیعی به ویژه زلزله در سده‌های اخیر در نقاط مختلف جهان و به تبع آن افزایش تلفات، خسارات و آسیب‌های ناشی از وقوع این پدیده‌ها، موضوع کاهش آسیب‌های ناشی از سوانح، افزایش مقاومت و آمادگی در برابر این بلایا از اهمیت خاصی برخوردار شده است. کشور ایران از نظر جغرافیایی در منطقه‌ای از کره زمین واقع شده است که از نظر زمین‌شناسی و تکنیکی جزو مناطق لرزه‌خیز ناآرام و پر تکاپو محسوب می‌شود (کمر بند آلپ - هیمالیا) به همین خاطر، ایران دارای پوسته شدیداً خرد شده و تکتونیزه می‌باشد و در طی دوره‌های مختلف زمین‌شناسی شاهد فعالیت‌های کوه‌زایی عمده در این سرزمین بوده‌ایم و عوارض ناشی از ادامه این فعالیت‌های تکتونیک در دوره کواترنر تعداد زیادی گسل‌های جوان و فعال ایجاد کرده است حرکت طبقات زمین در امتداد این گسل‌ها با وقوع زمین‌لرزه‌های خفیف متوسط و شدیدی که گاهی بسیار مرگبار و خسارات آور می‌باشند، توأم است و نتیجه آن تلفات جانی و خسارات مالی بسیار است. لذا میلیاردها ریال خسارات مالی و صدها هزار کشته و زخمی حاصل زلزله‌هایی هستند که هر چند یک بار در نقاط مختلف کشور روی می‌دهند با توجه به این که هنوز موضوع پیش‌بینی زلزله به درجه‌ای نرسیده است که به کمک آن بتوان از وقوع حوادث غیرمترقبه آگاهی حاصل نمود و از بروز خسارت جانی و مالی جلوگیری به عمل آورد لذا ساده‌ترین و اساسی‌ترین راه‌حل این مشکل مقاوم‌سازی سازه‌ها در برابر زلزله و ساخت آن‌ها برابر با آیین‌نامه زلزله می‌باشد (زارعمند، ۱۳۹۸: ۱۸). از این‌رو، یکی از جنبه‌های مهم و اساسی در برنامه‌ریزی توسعه، تأکید و توجه به آسیب‌پذیری کشور و از همه مهم‌تر آسیب‌پذیری شهرها در برابر تهدیدات ناشی از زلزله می‌باشد؛ زیرا شهرها با توجه به حجم بسیار بالای سرمایه‌گذاری و مکان‌گزینی بسیاری از تأسیسات و ابزارهای اقتصادی و اجتماعی توجه بیشتری را ایجاب می‌کنند، در این زمینه برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله به منظور کمینه ساختن خسارت و تلفات زلزله اقدامات و تمهیداتی را اتخاذ می‌نماید که به واسطه‌ی آن شدت خسارات و تلفات زمین‌لرزه را کاهش می‌دهد به عنوان مثال می‌توان کنترل کاربری اراضی که توسعه واحدهای مسکونی در پهنه‌های پرخطر را محدود کند، گسترش فنون و تکنیک‌های مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و بناها در مقابل زلزله، تدوین آیین‌نامه‌های ساختمانی جهت تشویق به استفاده از فنون جدید ساختمان‌سازی، تنوع بخشیدن به فعالیت‌های اقتصادی و بیمه را ذکر کرد، بنابراین هدف برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله کاهش عوارض نامطلوب زلزله می‌باشد که اقدامات مرتبط با آن در بسیاری از موارد دارای هزینه بسیار کم و یا فاقد هزینه می‌باشد (ایری، ۱۳۷۷: ۲۹).

در این پژوهش شهر ایلام از منظر پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری در برابر مخاطره زلزله مورد بررسی قرار می‌گیرد. به دلیل ویژگی‌های خاصی شهر ایلام همانند: قرارگیری در پهنه خطر نسبی زلزله با ریسک متوسط، مکان‌گزینی و مقر شهر ایلام در ناودیس ارتفاعات زاگرس با شیب تند ارتفاعات متصل به شهر، عدم رعایت دقیق قوانین ساخت‌وساز شهری، وجود بافت‌های بسیار قدیمی در بعضی نقاط شهر، وجود فضاها بی‌دفاع، محلات ناپایدار حاشیه‌نشین با شیب تند و رعایت نکردن الگوهای هم‌جواری کاربری‌ها در سطح شهر و... به عنوان یکی از شهرهای پر مخاطره منطقه زاگرس مطرح می‌باشد. به همین دلیل، مخاطره

زلزله یکی از مهم ترین و اصلی ترین تهدیدات محیطی شهر ایلام به شمار می آید، بنابراین پهنه بندی میزان آسیب پذیری این شهر در برابر مخاطره زلزله از جمله اقدامات اساسی در زمینه برنامه ریزی کاهش اثرات زلزله محسوب می شود.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

زلزله به عنوان یکی از مهم ترین مخاطرات طبیعی در کشور شناخته می گردد که تاکنون تلفات جانی و مالی بسیاری زیادی را برای شهروندان و ساختارهای شهری با توجه به عدم طراحی مناسب ساختارها و بافت های شهری جهت مقابله با زلزله، به همراه داشته است (احمدی و اسکندری نژاد، ۱۴۰۰: ۱۳-۱۲). در زمینه پهنه بندی و ارزیابی آسیب پذیری زلزله در داخل و خارج از کشور مطالعات و پژوهش های ارزشمندی انجام گرفته است. مودت و همکاران (۱۳۹۵) با پهنه بندی زلزله خیزی پیش از بحران در استان خوزستان نشان دادند که؛ از کل مساحت خوزستان، حدود ۷ درصد در محدوده ی (خطرپذیری خیلی کم)، ۱۳ درصد (کم)، ۲۰ درصد (متوسط)، ۲۷ درصد (زیاد) و ۳۳ درصد (خیلی زیاد) است و اندیمشک و آبادان به ترتیب بیشترین و کمترین خطر پذیری زلزله را داشته اند. محمود زاده و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی میزان آسیب پذیری بافت فرسوده شهر ایلام در برابر زلزله، بیش از ۶۷ درصد از محدوده بافت فرسوده شهر ایلام را آسیب پذیر ارزیابی کردند. حیدری مظفر و تاج بخشان (۱۴۰۱) نیز با بررسی آسیب پذیری سکونتگاه های شهرستان نهاوند در برابر زلزله، ۲۸ روستا را در محدوده با پتانسیل آسیب پذیری بالا، ۳ شهر و ۲۶ روستا در پهنه با پتانسیل آسیب پذیری نسبتاً بالا ارزیابی کردند. همچنین نتایج پژوهش زند مقدم (۱۴۰۲) بیانگر آسیب پذیر بودن حدود ۹۰ درصد از بافت مسکونی شهر نسیم شهر در برابر زلزله است. گوداو همکاران (۲۰۱۶) در مقاله ای با عنوان «ارزیابی خطر لرزه ای سکونتگاه های شهری و روستایی اطراف دریاچه مالاوی» نشان دادند که، در صورت وقوع یک زلزله بزرگ با توجه به حساسیت زیاد ناشی از وجود نسبت بالای سازه های قدیمی و غیر مقاوم آسیب پذیری بالایی را در پی خواهد داشت. ال دو گوم و همکاران (۲۰۱۸) با بررسی میزان آسیب پذیری لرزه ای شهرهای امارت متحده عربی، نشان دادند که، شهر فوجیره در منطقه آسیب پذیری بسیار بالا، شهرهای شارجه و دبی در مناطق با آسیب پذیری بالا تا متوسط و شهر ابوظبی در منطقه کم خطر لرزه ای قرار دارند. جنا و همکاران (۲۰۲۰) نیز در پژوهش خود به ارزیابی آسیب پذیری زلزله استان سوماترا شمالی پرداخته اند، نتایج این پژوهش گویایی آن است که بخش مرکزی استان سوماترا شمالی در منطقه آسیب پذیری بسیار زیاد قرار دارد. از دیگر مطالعات انجام گرفته می توان به پژوهش های عید یوندی و همکاران (۱۳۹۸)، معرب و همکاران (۱۳۹۹)، صالحی پور میلانی و همکاران (۱۴۰۰) و لوی و همکاران (۲۰۱۸) اشاره نمود.

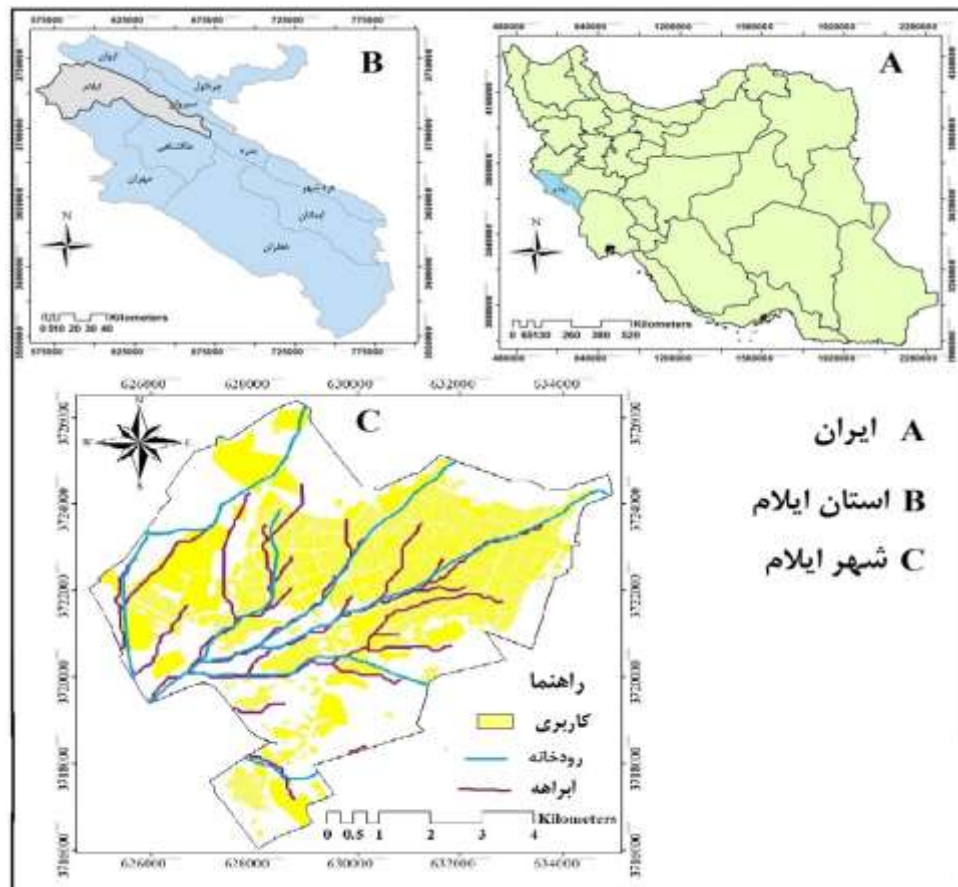
فرآیندهای طبیعی (خطرات) که محرک بلایای طبیعی هستند به طور گسترده در شش دسته طبقه بندی می شوند. تعاریف و توصیف هر خطر به شرح زیر است:

- ژئوفیزیک: به این خطر زمین شناسی نیز گفته می شود و از پوسته جامد زمین سرچشمه می گیرد. رویدادهای مرتبط با این خطر شامل زمین لرزه، فعالیت آتشفشانی و حرکت توده خشک می باشد.
- هیدرولوژیکی: این خطر با وقوع حرکت و پراکندگی آب شیرین و شور بر روی یا زیر سطح زمین مرتبط است. وقایع ایجاد شده توسط این خطر شامل سیل، رانش زمین و امواج است (Below et al, 2021).
- هواشناسی: این خطر رویدادهای کوتاه مدتی را تشکیل می دهد که از چند دقیقه تا چند روز طول می کشد و ناشی از شرایط جوی میکرو (کمتر از ۱ کیلومتر) تا مقیاس متوسط (۲ تا ۲۰۰۰ کیلومتر) است که می تواند توسط تغییرات آب و هوای جهانی تشدید می شود. طوفان های همرفتی (یا گردبادها)، طوفان های خارج از حاره (یعنی ۳۰ درجه تا ۶۰ درجه عرض جغرافیایی)، طوفان های استوایی (تا ۳۰ درجه عرض جغرافیایی رخ می دهد)، مه و تغییرات شدید و ناگهانی دمایی در این دسته از خطر گنجانده شده اند.

- اقلیم‌شناسی: خطری که با تغییرپذیری آب و هوا در یک بازه زمانی گسترده از درون فصلی تا چند دهه‌ی در مقیاس بینایی تا کلان (بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر) مرتبط است. خشکسالی، آتش‌سوزی جنگلی، حرکت یخچال‌ها و طغیان دریاچه‌های یخبندان از جمله رویدادهای مرتبط با این خطر هستند (IRDR, 2014).
 - بیولوژیکی: خطری که از یک ماده بیولوژیکی، مانند سم، کپک، یا ناقلی حامل ارگانسیم‌های بیماری‌زا سرچشمه می‌گیرد و قرار گرفتن در معرض آن تهدیدی برای سایر موجودات زنده یا انسان است. ازدحام ملخ‌ها، شکوفه‌های جلبکی، هجوم به حیات‌وحش سمی و بیماری‌های منتقله از طریق ناقل مانند طاعون، مالاریا و کووید-۱۹ نمونه‌هایی از این خطر هستند.
 - فرازمینی: خطری که خارج از جو زمین منشأ می‌گیرد و ممکن است در اثر بقایای سیارک‌ها، شهاب‌سنگ‌ها یا زباله‌های فضایی انسانی، زمانی که این‌ها وارد جو زمین می‌شوند، یا برخورد ناشی از این اجرام بر سطح زمین ایجاد شود. این خطر همچنین ممکن است ناشی از شرایط بین سیاره‌ای مانند شراره‌های خورشیدی باشد که می‌تواند باعث اختلال در مگنتوسفر، ترموسفر یا یونوسفر زمین شود (Chaudhary & Piracha, 2021: 1102).
- در این میان مخاطرات ژئوفیزیک و خصوصاً زلزله از مهم‌ترین مخاطرات در ایران و جهان می‌باشد. زلزله از دیرباز جزء پرخطرترین مخاطرات طبیعی بوده و می‌باشد و همواره از ریسک بالایی برخوردار بوده است. ریسک زلزله، خسارت قابل‌انتظاری است که در اثر آن به عناصری از جامعه و محیط آسیب‌های وارد می‌گردد (بازدار و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۹۹). آسیب‌پذیری میزانی از خسارت به یک عنصر معین در معرض خطر یا مجموعه‌ای از چنین عناصر می‌باشد که در اثر وقوع یک عامل خطرآفرین و غالباً بر روی مقیاس از صفر (بدون خسارات) تا یک (مجموع ضرر) بیان می‌شود. آسیب‌پذیری پدیده‌ای ایستا نیست بلکه به عنوان یک فرآیند پویا در نظر گرفته می‌شود که احتمال ضرر و زیان عوامل فوق را تغییر می‌دهد و بر آن‌ها اثر می‌گذارد (Okay, 2005: 23).
- اقدامات برنامه‌ریزی کاهش آسیب‌پذیری و اثرات زلزله به دو دسته:
- اقدامات ایستا (پهنه‌بندی و ریز پهنه‌بندی؛ برنامه‌ریزی کاربری اراضی)
 - اقدامات پویا (آموزش همگانی، تهیه برنامه بهبود کیفیت مسکن، جابجایی مردم از نقاط آسیب‌پذیری به مکان‌های امن و ...)
- تقسیم می‌شود (ایری، ۱۳۷۷: ۲۹).
- پهنه‌بندی خطر رویکرد مهمی از فرایند مدیریت پیش از بحران است که به برنامه‌ریزان و مدیران شهری در آماده‌سازی و کاهش آسیب‌پذیری کمک فراوانی می‌کند.

معرفی محدوده مورد مطالعه

شهر ایلام مرکز استان ایلام؛ از نظر موقعیت جغرافیایی در غرب و جنوب غربی کشور استقرار یافته است. این شهر در موقعیتی بین ۳۳ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۸ ثانیه عرض شمالی از خط استوا و ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه و ۰۷ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۹ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۳ متر می‌باشد. ایلام از شمال شرق و جنوب شرقی به شهرستان‌های، ایوان، شیروان چرداول و دره شهر از جنوب و جنوب غربی به شهرستان مهران و از غرب به استان دیاله عراق ختم می‌شود (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ایلام، ۱۳۹۹: ۴۵)، شهر ایلام دارای ۴ منطقه شهری است که منطقه یک (۱) شهری آن قدیمی‌ترین بخش شهر و هسته اولیه و متمرکزترین بخش شهر ایلام است منطقه دو (۲) شهری در بخش جنوب و جنوب شرق شهر و منطقه سه (۳) شامل بخش‌های مرکزی شهر است که در روند توسعه شهر در دهه‌های شصت و هفتاد توسعه زیادی نموده است. در پایان منطقه چهار (۴) که دارای بافت جدیدی است در غربی‌ترین بخش شهر ایلام قرار داشته و به اراضی زراعی ایلام ختم می‌شود (نور محمدی، ۱۳۹۷: ۶۶)، (شکل شماره ۱).



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی شهر ایلام؛ مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

مواد و روش تحقیق

پژوهش حاضر بر اساس هدف کاربردی بوده و بر اساس روش از نوع تحلیلی - تطبیقی می‌باشد. با توجه به هدف اصلی این پژوهش «پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله» از ۳ مرحله بدین شرح تشکیل شده است:

الف- شناسایی معیارها و متغیرهای مهم و اثرگذار در پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله با توجه به مطالعات انجام گرفته و اطلاعات در دسترس؛ در مورد این که چه متغیرهای جهت پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله مناسب هستند، اتفاق نظر کاملی وجود ندارد از این رو در این قسمت از مقاله تلاش شده که با جمع‌بندی کلی این موارد و با انتخاب کردن متغیرهای مشترک بین مطالعات انجام گرفته (جدول شماره ۱) و اطلاعات در دسترس، بهترین متغیرها جهت بررسی میزان آسیب‌پذیری از زلزله انتخاب شود.

ب- استفاده از روش AHP^۱ برای وزن دهی به متغیرهای مربوط به پهنه‌بندی زلزله، زیرا هر کدام از متغیرهای پژوهش دارای ارزش یکسانی در پهنه‌بندی زلزله و در نتیجه مشخص شدن میزان آسیب‌پذیری، نیستند طوری که برخی از متغیرها اثرگذاری بیشتر و برخی دیگر اثرگذاری کمتری دارند؛ که در این زمینه با توجه به نظر متخصصان و از طریق روش مقایسه دو به دو درجه اهمیت هر کدام از متغیرها مشخص می‌شود.

پ- مرحله آخر مشخص کردن وضعیت پهنه‌بندی خطر زلزله در سطح شهر ایلام با استفاده از تلفیق متغیرها (نقشه‌ها) در محیط GIS. در این مرحله تمام نقشه‌ها (متغیرهای) مربوط به پهنه‌بندی در محیط GIS با استفاده از روش FAHP^۲ ترکیب شده و نقشه مربوط به میزان آسیب‌پذیری هر مکان در سطح کل شهر مشخص شده است.

1. Analytic Hierarchy Process
2. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

جدول (۱): متغیرهای استفاده شده جهت پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهری از مخاطره زمین‌لرزه در مطالعات گذشته

محقق	سال نشر	متغیرهای مورد استفاده جهت پهنه‌بندی میزان خطر زلزله
منزوی	۱۳۸۹	تراکم جمعیت، فضاهای باز عمومی، کاربری اراضی، مساحت و اندازه قطعات، نوع مصالح
فراهانی	۱۳۹۰	تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، دسترسی به معابر، مساحت و اندازه قطعات، نوع مصالح
قنبری و همکاران	۱۳۹۲	تراکم جمعیت، کیفیت ابنیه و جنس مصالح، دسترسی به فضاهای باز عمومی، دسترسی به معابر، کاربری اراضی، مساحت و اندازه قطعات، تراکم ساختمان
حاتمی نژاد و همکاران	۱۳۹۳	تراکم جمعیت، دسترسی به فضاهای باز عمومی، دسترسی به معابر، فاصله از مراکز درمانی، فاصله از گسل، مساحت و اندازه قطعات، نوع مصالح، تراکم ساختمان، جنس زمین
سرور و کاشانی اصل	۱۳۹۵	فاصله ایستگاه‌های آتش‌نشانی، فاصله از تأسیسات خطرزا، فاصله از مراکز درمانی، دسترسی به فضاهای باز، قدمت ساختمان، لیتولوژی، فاصله از گسل، کیفیت ساختمان‌ها، کاربری اراضی، شبکه معابر، مساحت قطعات، نوع مصالح، تعداد طبقات، شیب، تراکم جمعیت
ساسان پور و همکاران	۱۳۹۶	تعداد طبقات، کیفیت ابنیه، جنس مصالح، عرض معابر، دسترسی به فضای باز، فاصله از گسل، کاربری اراضی، مساحت قطعات، قدمت ابنیه
پاشاپور و همکاران	۱۳۹۸	فاصله از گسل، واحد زمین‌شناسی، شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از نقاط زمین‌لغزش، تراکم جمعیتی، کاربری اراضی، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی، فاصله از نقاط شهری و روستایی
خدادادی و همکاران	۱۳۹۹	عرض معابر، فاصله از فضاهای باز، فاصله از مراکز درمانی، تراکم جمعیت، فاصله از گسل، کیفیت بنا، جنس نمای بنا، تعداد طبقات، تأسیسات شهری، تراکم بنا، مساحت قطعات، جنس زمین‌شناسی
فرجی سبکبار و همکاران	۱۴۰۰	جمعیت، نوع مصالح، سن مساکن

مأخذ: برگرفته از منابع مختلف، ۱۴۰۱

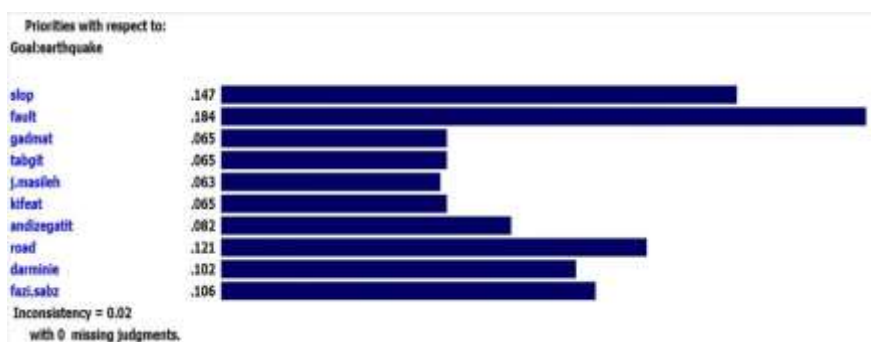
یافته‌های پژوهش

شناسایی متغیرهای مؤثر بر پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله

چنانچه قبلاً ذکر شد بر اساس مطالعات انجام گرفته در زمینه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله و اطلاعات و نقشه‌های در دسترس مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله در قالب ۳ معیار طبیعی، برنامه‌ریزی و سازه‌ای و ۱۰ متغیر: شیب زمین، فاصله از گسل (معیارهای طبیعی)، تعداد طبقات ساختمانی، قدمت ساختمان، کیفیت ساختمان، مساحت قطعات، دوام مصالح ساختمانی (معیارهای سازه‌ای)، فاصله از معابر، فاصله از مراکز درمانی و فاصله از فضای سبز و باز (معیارهای برنامه‌ریزی) شناسایی شد.

وزن دهی به متغیرهای پژوهش

در این مرحله از پژوهش با توجه به اینکه هر کدام از متغیرهای شناسایی شده پژوهش (۱۰ متغیر) برای پهنه‌بندی زلزله دارای اهمیت یکسانی در زمینه بررسی آسیب‌پذیر منطقه در برابر زلزله نیستند از نظر ۷۳ کارشناس و متخصص در زمینه مشخص کردن درجه اهمیت هر کدام از متغیرهای پژوهش (مقایسه دو به دو) استفاده شده است. بدین منظور در ابتدا پرسشنامه‌ای در این زمینه که مشخص کننده درجه اهمیت هر متغیر نسبت به تمام متغیرها بوده طراحی شده، سپس در اختیار کارشناسان قرار داده شده و در نهایت از نظر کارشناسان میانگین‌گیری شده و از طریق روش AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice درجه اهمیت هر متغیر مشخص شده است (گودرزی و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۸۶)؛ (شکل شماره ۲).



شکل (۲): نمودار مربوط به وزن متغیرها؛ مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱

چنانچه شاخص سازگاری معادل ۰/۱ یا کمتر از آن باشد یعنی $CR < 0/1$ وزن دهی صحیح است، در غیر این صورت وزن نسبی داده شده به متغیرها بایستی تغییر یابد و وزن دهی مجدداً انجام پذیرد، همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار نرخ ناسازگاری (۰/۰۲) از میزان مجاز آن کمتر بوده و این صحت سازگاری را نشان می‌دهد. بر این اساس در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله ۳ شاخص فاصله از گسل، شیب منطقه و فاصله از معابر به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۸۴، ۰/۱۴۷ و ۰/۱۲۱ بااهمیت‌ترین شاخص‌ها هستند و نقش کلیدی در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله ایفا می‌کنند. در ادامه هر یک از متغیرها طبقه‌بندی شده و وزن دهی‌ها براساس روش AHP صورت گرفته است. جدول ۱۲ این نتایج را برای متغیرها (شاخص‌ها) نشان می‌دهد.

جدول (۲): رده‌بندی و درجه اهمیت متغیرهای مؤثر در پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله

ردیف	نام لایه	زیر متغیرها		
		طبقه	درجه آسیب‌پذیری	اهمیت
۱	شیب (درجه)	۳-۰	بسیار کم	بسیار بالا
		۶-۳	کم	بالا
		۱۰-۶	متوسط	متوسط
		بیشتر از ۱۰	بسیار بالا	بسیار کم
۲	فاصله از گسل (کیلومتر)	۱-۰	بسیار بالا	بسیار کم
		۲-۱	بالا	کم
		۳-۲	متوسط	متوسط
		۴-۳	کم	بالا
۳	اندازه قطعات ساختمانی (متر)	بالاتر از ۵	بسیار کم	بسیار بالا
		کمتر از ۱۰۰	بسیار بالا	بسیار کم
		۲۰۰-۱۰۰	بالا	کم
		۳۰۰-۲۰۰	متوسط	متوسط
۴	تعداد طبقات ساختمانی	۳۰۰ به بالا	بسیار کم	بسیار بالا
		طبقه ۱	بسیار کم	بسیار بالا
		طبقه ۲	کم	بالا
		طبقه ۳	متوسط	متوسط
		طبقه ۴	بالا	کم
۵	جنس مصالح ساختمانی	طبقه ۵ و بیشتر	بسیار بالا	بسیار کم
		بی دوام	بسیار بالا	بسیار کم
		کم دوام	بالا	کم
		بادوام	بسیار کم	بسیار بالا

۶	قدمت ساختمان‌ها	کمتر از ۱۰ سال	بسیار کم	بسیار بالا
		۱۰ تا ۲۰ سال	متوسط	متوسط
		۲۰ تا ۳۰ سال	بالا	کم
		۳۰ سال به بالا	بسیار بالا	بسیار کم
۷	کیفیت ساختمان‌ها	نوساز	بسیار کم	بسیار بالا
		قابل نگهداری	کم	بالا
		فرسوده	بسیار بالا	کم
		مخروبه	بسیار بالا	بسیار کم
۸	فاصله از راه (متر)	۵۰-۰	بسیار کم	بسیار بالا
		۱۰۰-۵۰	کم	بالا
		۱۵۰-۱۰۰	متوسط	متوسط
		۱۵۰-۲۰۰	بالا	کم
		۲۰۰ یا بالا	بسیار بالا	بسیار کم
۹	فاصله از درمانگاه (متر)	۳۰۰-۰	بسیار کم	بسیار بالا
		۶۰۰-۳۰۰	کم	بالا
		۱۰۰۰-۶۰۰	متوسط	متوسط
		۱۴۰۰-۱۰۰۰	بالا	کم
		۱۴۰۰ به بالا	بسیار بالا	بسیار کم
۱۰	فاصله از فضای سبز و باز (متر)	۴۰-۰	بسیار کم	بسیار بالا
		۸۰-۴۰	کم	بالا
		۱۲۰-۸۰	متوسط	متوسط
		۱۶۰-۱۲۰	بالا	کم
		بیشتر از ۱۶۰	بسیار بالا	بسیار کم

مأخذ: (برگرفته از منابع مختلف، ۱۴۰۱)

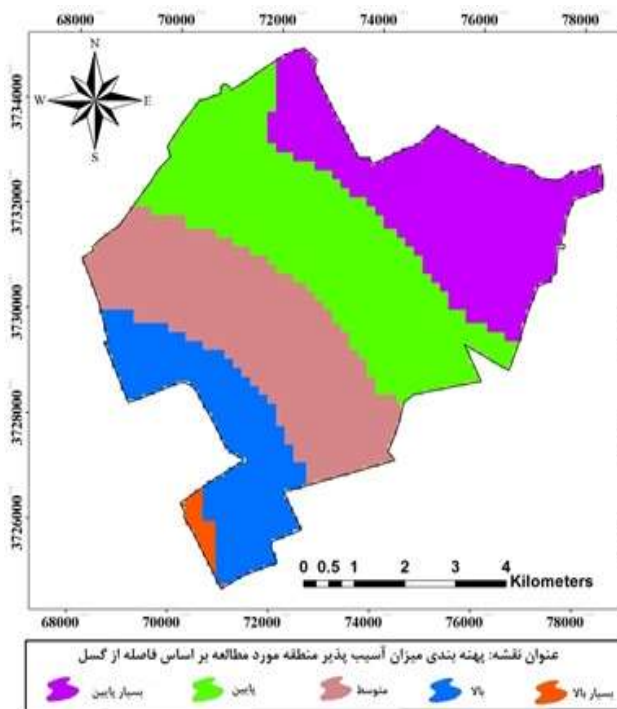
پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله

در این مرحله بعد از تهیه وزن متغیرها و شاخص‌ها و اطمینان از صحت وزن دهی با استفاده از شاخص ناسازگاری اقدام به اعمال وزن‌ها در لایه‌های مربوطه شد. بداین منظور ابتدا متغیرهای مورد استفاده در محیط GIS به فرمت رستری تبدیل و سپس با استفاده از توابع Distnace و همچنین Reclassify طبقه‌بندی مجدد برای هر کدام از ۱۰ شاخص مورد بررسی انجام شد. در ادامه با استفاده از تابع FUZZY Membership تمام متغیرها (نقشه‌ها) فازی سازی شده و به دامنه بین یک و صفر آورده شدند. سپس با استفاده از دستور Raster Calculator وزن مربوط به هر شاخص در شاخص مربوطه اعمال شده و در نهایت با استفاده از تابع FUZZY Overlay تمام شاخص‌ها با هم دیگر ترکیب و نقشه نهایی مربوط به وضعیت آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله به دست آمده است. در ادامه به معرفی و بررسی هر کدام از متغیرهای پژوهش پرداخته شده، سپس هر کدام از این متغیرها (نقشه‌ها) بر اساس جدول شماره ۳ طبقه‌بندی مجدد شده و وضعیت آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله نسبت به هر کدام از این ۱۰ متغیر مشخص شده (شکل ۳-۱۲) و در نهایت وضعیت آسیب‌پذیری کلی شهر ایلام در برابر زلزله بر اساس ترکیب ۱۰ متغیر مورد بررسی، مشخص شده است (جدول ۳)

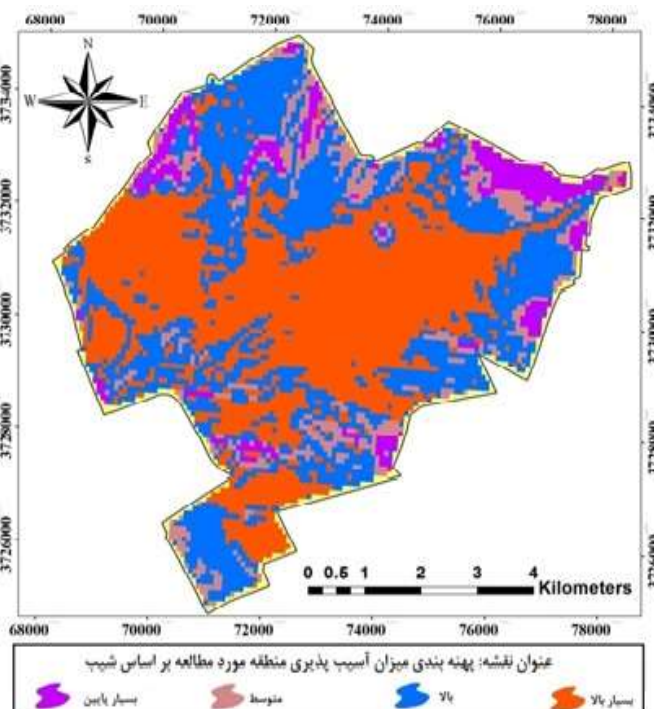
جدول (۳): متغیرهای مورد استفاده

متغیر	توضیحات
شیب	شیب به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در میزان آسیب پذیری مسکن و تأسیسات شهری در برابر عوامل طبیعی از جمله زلزله است. هر چه شیب افزایش یابد آسیب پذیری در برابر زلزله بیش تر می شود و برعکس هر چه شیب کم تر باشد آسیب پذیری کم تر می شود (رحیم پور، ۱۳۹۸: ۷۴). شیب شهر ایلام از صفر درجه شروع و تا ۳۸ درجه ادامه پیدا می کند.
فاصله از گسل	گسل ها می توانند نقش عمده ای در افزایش شدت و حتی در به وجود آوردن زلزله ها داشته باشند. بدیهی است تأسیس پدیده های انسان ساخت در حوالی گسل ها می تواند مقدار آسیب پذیری آن ها در برابر زلزله را افزایش دهد. لذا با نزدیک شدن به محدوده گسل انتظار بالا رفتن مقدار آسیب پذیری بیشتر می شود (پورعبدل، ۱۳۹۲: ۱۰۰). به طور کلی با توجه به اینکه در داخل شهر ایلام گسلی وجود نداشته است در ابتدا نقشه گسل مربوط به شهرستان تهیه و درجه آسیب پذیری شهر ایلام با توجه به فاصله از گسل در سطح شهر خود ایلام بررسی شده است.
تعداد طبقات ساختمانی	تعداد طبقات ساختمانی در ارتباط با نسبت عرض معابر و ارتفاع دیوارهای ساختمان ها، شاخص بسیار مهمی است؛ چراکه با بالا رفتن تعداد طبقات ساختمانی، احتمال بسته شدن معابر به دلیل ریختن آوار ساختمان های بلندمرتبه بالا می رود و موجب اختلال در امر امداد رسانی می شود. همچنین به دلیل جمعیت زیاد ساکن در ساختمان های چندطبقه، در زمان بروز حادثه تخلیه ساکنان در این واحدها کندتر انجام می گیرد و به علت حجم آواربرداری بسیار زیاد نجات جان ساکنان ساختمان های بلند بسیار مشکل و دشوارتر است. بدیهی است در حالت کلی با افزایش تعداد طبقات درجه آسیب پذیری ساختمان در برابر زلزله افزایش خواهد یافت. بررسی وضعیت تعداد طبقات ساختمانی در شهر ایلام بیانگر آن است که بیشتر ساختمان های شهر ایلام در محدوده طبقاتی ۱ تا ۲ طبقه قرار می گیرند.
قدمت ساختمان ها	بررسی زلزله های گذشته در ایران و جهان نشان می دهد که هر چه عمر ساختمان بیشتر باشد، با توجه به افزایش فرسودگی مصالح و نیز استفاده از مواد و مصالح کم دوام در گذشته مقاومت ساختمان در برابر زلزله کاهش یافته و آسیب پذیری افزایش می یابد. بر اساس تحقیقات انجام شده به طور نسبی عمر مفید ساختمان در ایران ۳۰ سال برآورد شده است (حاتمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۸: ۵). قابل ذکر است کیفیت ساخت و اجرا و استفاده از مصالح ساختمانی نیز بالطبع تأثیرگذار خواهد بود در حالت کلی هر چه عمر ساختمان بیشتر باشد، مقاومت ساختمان ها در برابر زلزله کمتر شده و میزان آسیب پذیری نیز بیشتر خواهد. بررسی وضعیت قدمت ساختمان های شهر ایلام بیانگر آن است که بیشترین ساختمان های شهر ایلام دارای قدمت بین ۱۰ تا ۲۰ سال هستند.
کیفیت ساختمان ها	از دیگر عوامل درونی تأثیرگذار بر آسیب پذیری فضاهای شهری کیفیت بنا است که تأثیر مهمی بر میزان آسیب پذیری ساختمان دارد در مقایسه ساختمان های مشابه ساختمانی که از کیفیت ساخت پایین تری برخوردار است از احتمال تخریب بیشتری در مقایسه با دیگر ساختمان ها برخوردار است احتمال مقاومت ساختمان های با کیفیت بالا نوساز در مقابل زلزله نسبت به ساختمان های مخروبه و مرمتی بیشتر است. شایان ذکر است که قدمت یک سازه الزاماً رابطه مستقیمی با کیفیت ندارد اما در بیشتر موارد ساختمان هایی با سن بیش از ۳۰ سال نیاز به تعمیر اساسی دارند در عین حال رعایت نکردن اصول آیین نامه زلزله در ساخت و ساز ساختمان نیز باعث کاهش کیفیت بنا می شود. ساختمان های شهر ایلام به لحاظ کیفیت بیشتر در گروه قابل نگهداری قرار می گیرند که می تواند مرتبط با قدمت ساختمان ها که در رنج بین ۱۰ تا ۲۰ سال قرار دارند، باشد.
مساحت قطعات	یکی از مهم ترین متغیرها در تعیین آسیب پذیری ناشی از زلزله و افزایش تلفات، آن مساحت قطعات تفکیک شده و به خصوص قطعات مسکونی است. این متغیر از چند بعد حائز اهمیت است؛ چراکه کوچک بودن مساحت قطعات مسکونی با افزایش جمعیت و تراکم انسانی رابطه معکوس دارد و دیگر اینکه در اکثر قطعات مسکونی با مساحت کم شرایط کیفی ابنیه چندان مطلوب نیست و چنین بافت هایی از احتمال آسیب بیشتری برخوردار خواهند بود (زیاری، ۱۳۸۹: ۱۲). در واقع تفکیک اراضی در ابعاد کوچک باعث خرد شدن فضاهای باز شده و عملاً از مفید بودن فضای باز برای گریز و پناه گیری و عملیات امدادی و اسکان موقت کاسته می شود؛ بنابراین هر چه مساحت قطعات تفکیکی با توجه به نوع کاربری آن کوچک تر باشد آسیب پذیری ناشی از زلزله بیشتر می شود. مساحت بیشتر ساختمان های مسکونی شهر ایلام بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ متر و در رنج متوسط خطرپذیری قرار دارد.
مصالح ساختمانی	نوع مصالح ساختمانی به کار رفته در ساخت واحد مسکونی یکی از شاخص های تعیین کننده پایداری و کیفیت مسکن بوده و از متغیرهای مهم و مؤثر در تعیین ضریب آسیب پذیری شهرها در برابر زلزله محسوب می شود. البته در این مورد ضوابط دقیق و بین المللی وجود ندارد؛ زیرا ایمنی مرغوبیت و قابلیت مصالح مختلف ساختمانی بستگی به شرایط اقلیمی و نوع آب و هوای هر منطقه دارد. بدیهی است سازه هایی که با مصالح مقاوم و استاندارد بالا ساخته شده اند ایمنی مناسبی در برابر زلزله داشته و امنیت بالایی برای ساکنان فراهم می کنند (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۱). بررسی وضعیت کیفیت مصالح ساختمانی به کار رفته در ساخت و ساز در شهر ایلام بیانگر کم دوام بودن ساختمان های این شهر است که نقطه ضعف جدی در برابر زلزله محسوب می شود.
فاصله از شبکه معابر	شبکه ارتباطی مجموعه ای است برای انواع عبور و مرور زمینی در شهر. شبکه ارتباطی علاوه بر امکان گریز از موقعیت های خطرناک و تسهیل امداد و کمک رسانی بستر لازم برای عملیات مختلف نجات و بازسازی فراهم می کند. رعایت اصولی چون سلسله مراتب شبکه ارتباطی عریض و مستقیم بودن مسیرها، محصوریت کم و انعطاف پذیری و وجود گزینه های مختلف دسترسی و طراحی باز در کاهش آسیب پذیری از زلزله مؤثر خواهد بود. هر چه تماس شبکه معابر شهر با گسل منطقه کمتر باشد احتمال آسیب و مسدود شدن آن کاهش می یابد.

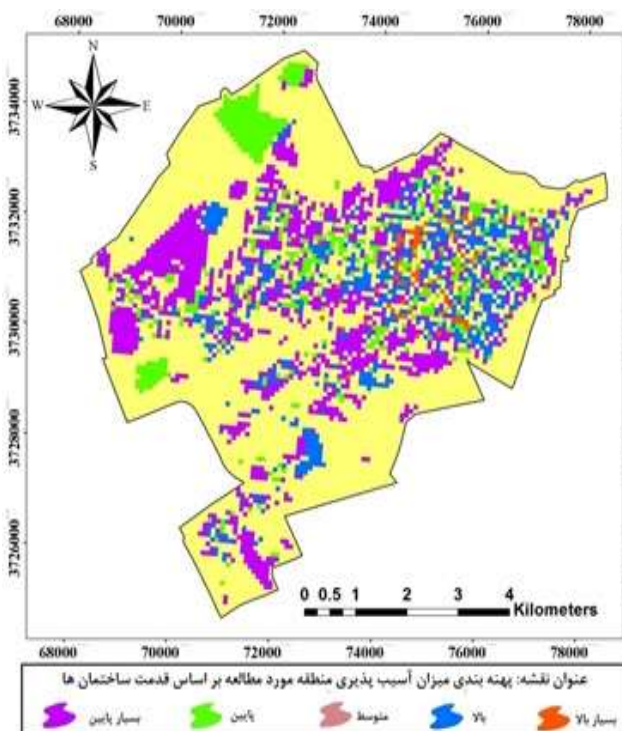
دسترسی به مراکز درمانی	یکی از کاربری‌های مهم شهری فضای اختصاص یافته به خدمات درمانی است این شاخص بیشتر با زمان بعد از وقوع حادثه در ارتباط است. از مهم‌ترین عوامل مؤثر در بحث کارایی سنجی مراکز امداد و نجات که تعیین‌کننده سطح عملکرد این مراکز در مواقع بحرانی است، می‌توان به شاخص تراکم جمعیت، مساحت و شعاع پوشش، شبکه ترافیک و سطح سرویس‌دهی معابر اشاره کرد. از این‌رو دسترسی سریع و آسان به مراکز امداد و نجات، موجب تسریع عملیات امداد و نجات و خدمات‌رسانی می‌شود به‌این ترتیب با دور شدن از این مراکز، احتمال آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد.
فاصله از فضاهای باز و سبز	فضاهای باز و سبز، نقش مهمی در کاهش وسعت عمل و نتایج اکثر حوادث طبیعی و مصنوعی دارند. از مهم‌ترین عملکردهای آن‌ها در هنگام بروز زلزله، جداسازی یک منطقه خطرناک از دیگری و بدین ترتیب متمرکز کردن فعالیت نیروهای مخرب و جلوگیری از توسعه زنجیره‌ای وقایع است. کاربری‌های شهری هر چه بیشتر به فضاهای باز و سبز نزدیک‌تر باشند از آسیب‌پذیری کمتری برخوردارند.



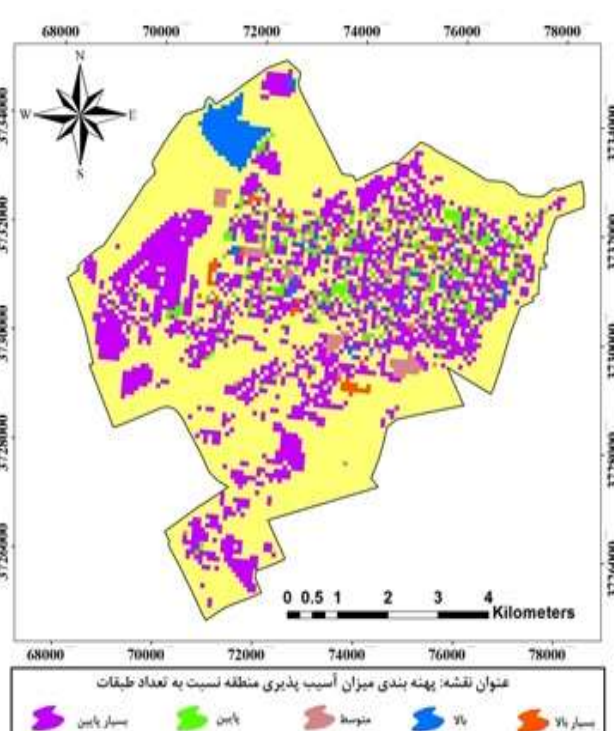
شکل (۴): پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری ایلام بر اساس فاصله از گسل



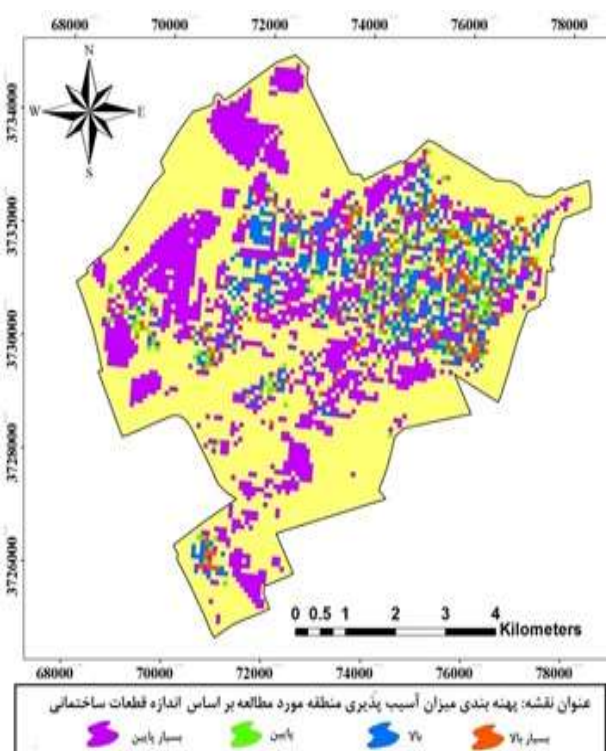
شکل (۳): پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام بر اساس شیب



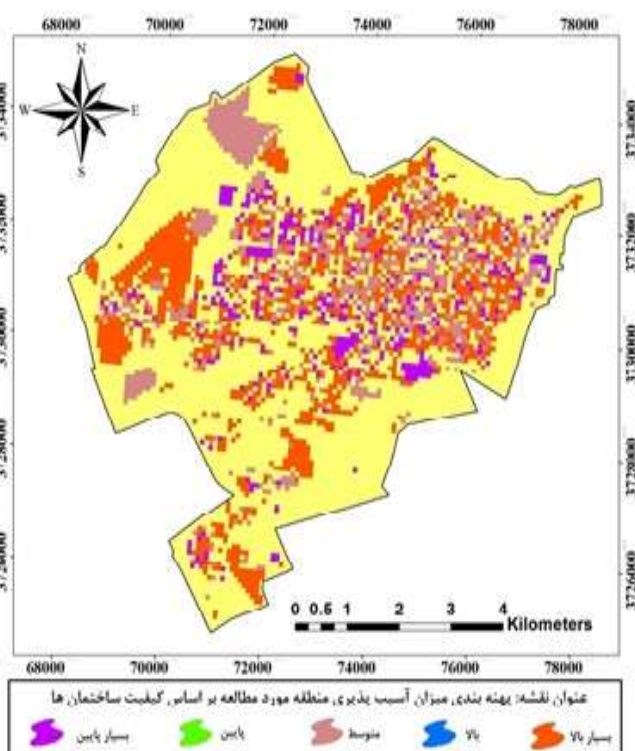
شکل (۶): پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری ایلام بر اساس قدمت ساختمان‌ها



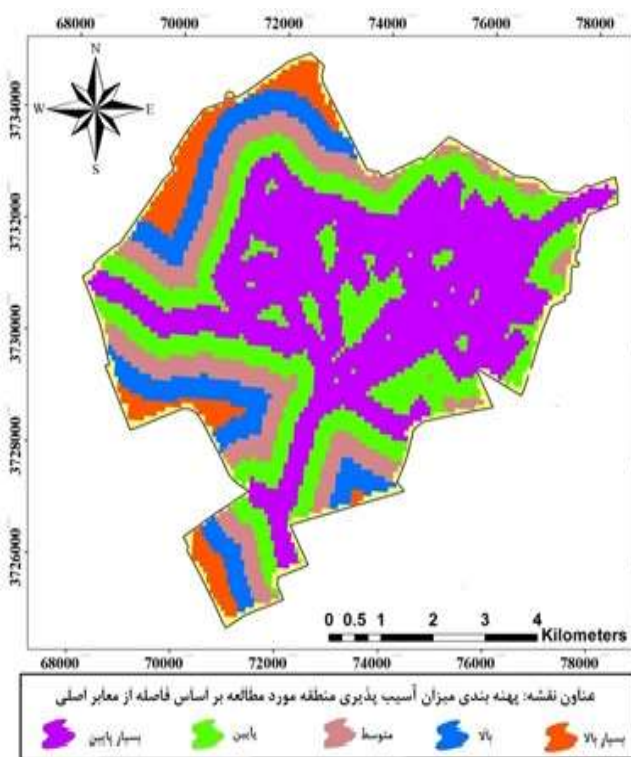
شکل (۵): پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری ایلام بر اساس تعداد طبقات



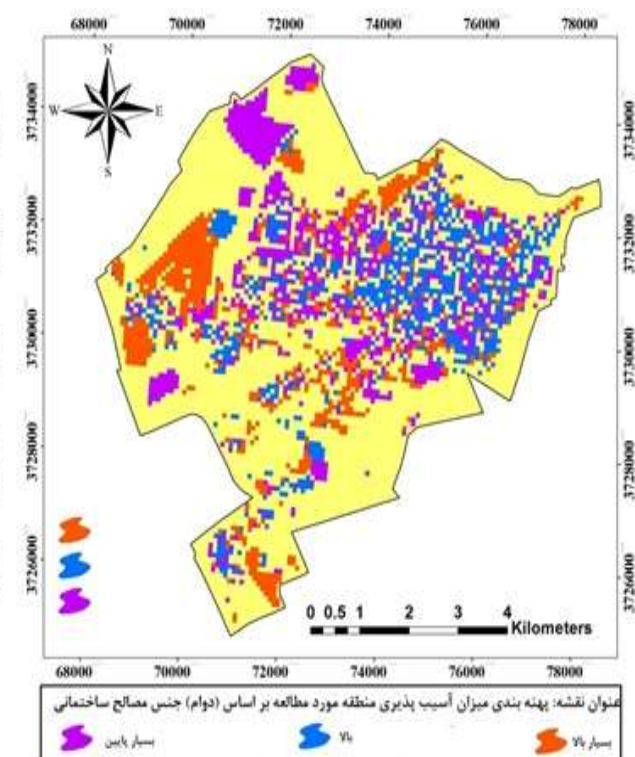
شکل (۸): پهنه بندی میزان آسیب پذیری ایلام بر اساس اندازه ساختمانها



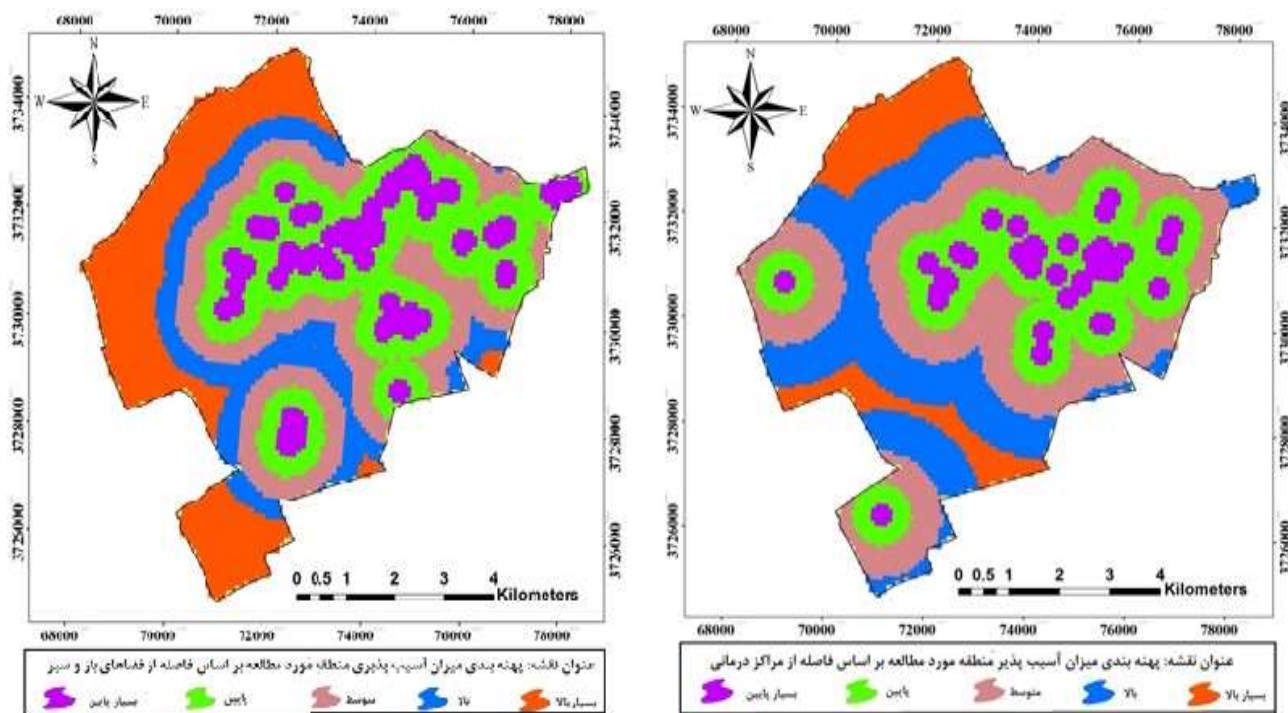
شکل (۷): پهنه بندی میزان آسیب پذیری ایلام بر اساس کیفیت ساختمانها



شکل (۱۰): پهنه بندی میزان آسیب پذیری ایلام بر اساس فاصله از معابر



شکل (۹): پهنه بندی میزان آسیب پذیری ایلام بر اساس جنس مصالح ساختمانی



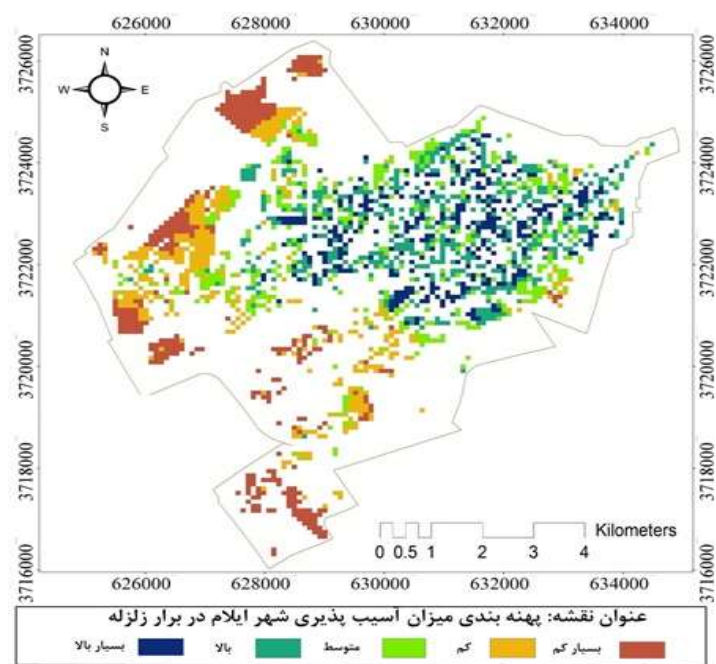
شکل (۱۱): پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ایلام بر اساس فاصله از مراکز درمانی

بررسی وضعیت پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری زلزله‌ای شهر ایلام بیانگر آن است که قسمت‌های شمال غربی، غرب و جنوب غربی و جنوب شهر ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری کمتری نسبت به سایر مناطق شهر ایلام قرار دارند. همچنین بیشتر قسمت‌های مرکزی، شرق و شمال شرق ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند (شکل ۱۴). همچنین بیش از ۶۰۰ هکتار از مساحت شهر ایلام در صورت وقوع زلزله در وضعیت آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا، ۵۸۰ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری کم و بسیار کم قرار دارد. در نهایت ۲۹۹ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط قرار دارد (جدول ۶). از مهم‌ترین دلایل در معرض آسیب‌پذیری بیشتر قسمت مرکزی و شمال شرق شهر ایلام (منطقه ۱) در برابر زلزله را می‌توان چنین بیان کرد که بیشترین بافت‌های متراکم با مساحت کم و معابر تنگ و باریک و ساختمان‌های قدیمی در این بخش از شهر ایلام قرار دارند. همچنین منطقه ۴ با توجه به جدید بودن بافت و وجود معابر مناسب و اندازه قطعات بالاتر از ۲۵۰ متر و ... در وضعیت آسیب‌پذیری کمتری نسبت به سایر مناطق در برابر زلزله قرار دارد.

جدول (۶): مساحت کلاس‌های میزان آسیب‌پذیری شهر ایلام در برابر زلزله

کلاس آسیب‌پذیری	هکتار	درصد
بسیار کم	۲۷۹	۱۹
کم	۳۰۱	۲۰
متوسط	۲۹۹	۲۰
بالا	۳۶۱	۲۴
بسیار بالا	۲۴۴	۱۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱



شکل (۱۳): نقشه نهایی میزان آسیب پذیری شهر ایلام در برابر زلزله؛ مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۱

بحث و نتیجه گیری و پیشنهادها

پژوهش حاضر با توجه به نیاز به برنامه ریزی در جهت مقابله با مخاطرات طبیعی خصوصاً زلزله به پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر ایلام در برابر این مخاطره پرداخته است. جهت رسیدن به این هدف بعد از طی کردن مراحل که ذکر گردید؛ معیارها و شاخص های مربوط به پهنه بندی برای زلزله در قالب ۳ معیار و ۱۰ متغیر: شیب زمین، فاصله از گسل (معیارهای طبیعی)، تعداد طبقات ساختمانی، قدمت ساختمان، کیفیت ساختمان، مساحت قطعات، دوام مصالح ساختمانی (معیارهای سازه ای)، فاصله از معابر، فاصله از مراکز درمانی و فاصله از فضای سبز و باز (معیارهای سازه ای) شناسایی شد. سپس این متغیرها بر اساس روش AHP و میانگین گیری از نظرات ۷۳ کارشناس و خبره در محیط Expert Choice وزن دهی شدند؛ که بر این اساس در زمینه پهنه بندی آسیب پذیری زلزله شهر ایلام فاصله از ۳ شاخص فاصله از گسل، شیب منطقه و فاصله از معابر به ترتیب با اوزان ۰/۱۴۷، ۰/۱۸۴ و ۰/۱۲۱ مهم ترین و اثرگذارترین شاخص ها شناسایی شدند در نهایت تمام متغیرهای مؤثر در پهنه بندی با هم دیگر ترکیب و نقشه نهایی مربوط به میزان آسیب پذیری شهر ایلام در برابر زلزله به دست آمده است. بررسی های وضعیت پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهر ایلام در برابر زلزله بیانگر آن است که بیش از ۶۰۰ هکتار از مساحت شهر ایلام در صورت وقوع زلزله در وضعیت آسیب پذیری بالا و بسیار بالا قرار دارد همچنین ۵۸۰ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب پذیری کم و بسیار کم قرار دارد. در نهایت ۲۹۹ هکتار از شهر ایلام در وضعیت آسیب پذیری متوسط قرار دارد؛ بنابراین می توان به این نتیجه رسید که بیشتر مساحت شهر ایلام در برابر زلزله مقاوم نیستند که این مورد با یافته های مودت و همکاران (۱۳۹۵)؛ محمودزاده و همکاران (۱۳۹۶)؛ صالحی پور میلانی و همکاران (۱۴۰۰) و زند مقدم (۱۴۰۲) همسو می باشد، همچنین در صورت وقوع زلزله بیشتر قسمت های مرکزی (همسو با یافته های جنا و همکاران (۲۰۲۰))، شرق و شمال شرق ایلام در وضعیت آسیب پذیری بالا قرار دارند. بر این اساس بیشترین نواحی مربوط به منطقه ۲ یعنی ۴ ناحیه شهری استانداری، هانیوان، مرکزی و تپه شاهد، دو ناحیه شهری منطقه ۳ یعنی شاه آباد و نوروزآباد بیشتر از سایر مناطق و نواحی شهری ایلام در معرض آسیب پذیری بیشتر از زلزله هستند. بر این اساس پیشنهادهای زیر با توجه به یافته های پژوهش ارائه شده است:

✓ نظارت مستمر و کارشناسانه بر امر ساخت و ساز و جلوگیری از احداث مساکن غیراصولی و نا مقاوم

- ✓ تجميع قطعات با مساحت پايين (دويست متر مربع و کمتر) به خصوص در بافت‌های فرسوده شهر ایلام.
- ✓ تزريق فضاهای سبز و کاربری‌هایی نظیر آتش‌نشانی، درمانگاه، بیمارستان و...
- ✓ مکان‌یابی اسکان اضطراری و داشتن آمادگی کافی به منظور مدیریت بحران و اسکان آسیب‌دیدگان احتمالی
- ✓ ضرورت آموزش شهروندان به منظور آمادگی در مواقع مدیریت بحران
- ✓ اختصاص خط مخصوص به خودروهای عملیات امداد و نجات.
- ✓ مرمت و نوسازی ساختمان‌های مخروبه
- ✓ رعایت حریم و همجواری با کاربری‌های خطر آفرین در شهر.

منابع

۱. احمدی، فریال؛ اسکندری نژاد، علیرضا (۱۴۰۰). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری بافت مسکونی کلان‌شهر ساری در مخاطره طبیعی زلزله. *آمایش محیط*. ۱۴ (۵۲)، ۱-۱۸.
۲. ایری، عبدالجلال (۱۳۷۷). *برنامه‌ریزی کاهش اثرات زلزله در سطوح شهری: نمونه موردی منطقه ۲۰ شهر تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شهید بهشتی. تهران. ایران.
۳. بازدار، سجاد؛ زندمقدم، محمد رضا؛ کامیابی، سعید (۱۳۹۹). سنجش و ارزیابی کمی آسیب‌پذیری شهری در برابر زلزله نمونه مورد استان ایلام. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۰ (۵۹)، ۱۹۷-۲۱۲.
۴. پاشاپور، حجت اله و دیگران (۱۳۹۸). پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: کلان‌شهر تبریز). *آمایش محیط*. ۱۲ (۴۵)، ۷۰-۴۹.
۵. پور عبدل، علی (۳۹۲). *تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در بافت کالبدی شهر کرج*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خوارزمی. تهران. ایران.
۶. حاتمی‌نژاد، حسین؛ فتحی، حمید؛ عشق‌آبادی، فرشید (۱۳۸۸). ارزیابی میزان آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهر نمونه مورد مطالعه: منطقه ۱۰ شهرداری تهران. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. ۶۸، ۲۰-۱.
۷. حاتمی‌نژاد، حسین و دیگران (۱۳۹۳). ارزیابی و پهنه‌بندی لرزه‌ای شهر تبریز با استفاده از منطق فازی با تلفیق Ahp و Topsis. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. ۴۶ (۴)، ۷۱۷-۶۹۷.
۸. حبیبی، کیومرث و دیگران (۱۳۹۱). پیاده‌سازی الگوریتم‌های سلسله مراتبی فازی جهت تعیین آسیب‌پذیری چند عامله هسته مرکزی شهرها، مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران. مدیریت بحران. ۲، ۶۷-۶۷.
۹. حیدری، مرتضی؛ تاج‌بخش، مرضیه (۱۴۰۱). پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهرستان نهاوند در برابر زلزله. *مخاطرات محیط طبیعی*. ۱۱ (۳۴)، ۷۸-۵۷.
۱۰. زارع‌مند، زهرا (۱۳۹۸). *مدل‌سازی و پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از مدل تاپسیس فازی (مورد: شهر کرمانشاه)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه محقق اردبیلی. اردبیل. ایران.
۱۱. زندمقدم، محمدرضا (۱۴۰۲). پهنه‌بندی شهر بر اساس میزان آسیب‌پذیری در مقابل مخاطرات طبیعی مطالعه موردی نسیم شهر. *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای*. ۱۲ (۴۶)، ۷۷-۶۰.
۱۲. سازمان آمار ایران (۱۳۹۵). *نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن ایلام*.
۱۳. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان ایلام (۱۳۹۹). *سالنامه آماری شهر ایلام*.
۱۴. ساسان‌پور، فرزانه و دیگران (۱۳۹۶). بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) مطالعه موردی محله محتشم کاشان. *مخاطرات محیط طبیعی*. ۶ (۱۴)، ۱۲۲-۱۰۳.

۱۵. سرور، هوشنگ؛ کاشانی اصل، امیر (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله. *آمایش محیطی*. ۹ (۳۴)، ۸۷-۱۰۸.
۱۶. صالحی پور میلانی، علیرضا؛ زمانی، مهدی؛ صدوق، سیدحسن (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب پذیری و تاب آوری شهر رزن در برابر زلزله. *مدیریت مخاطرات محیطی*. ۸ (۳)، ۲۸۲-۲۶۷.
۱۷. عیدیوندی، امین؛ خسروی، قاسم؛ واعظ شوشتری، عبدالله (۱۳۹۸). تحلیل خطر لرزه ای با رهیافت احتمالی و با استفاده از مدل کرایسس در شهر زرین شهر. *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه ای*. ۸ (۲۹)، ۸۰-۶۹.
۱۸. فرجی سبکبار، حسنعلی و دیگران (۱۴۰۰). ارزیابی آسیب پذیری سکونتگاه های روستایی ایران در برابر خطر زلزله. *مسکن و محیط روستا*. ۴۰ (۱۷۴)، ۱۱۸-۱۰۳.
۱۹. قنبری، ابولفضل؛ سالکی ملکی، محمد علی؛ قاسمی، معصومه (۱۳۹۲). پهنه بندی میزان آسیب پذیری شهرها در مقابل خطر زمین لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۵، ۳۵-۲۱.
۲۰. گودرزی، مجید؛ سلطانی، زهرا؛ مرعی، ریاض (۱۴۰۲). شناسایی مناطق مستعد توسعه سکونتگاه ها با استفاده از مدل تلفیقی منطق فازی و AHP (مطالعه موردی: شهر پلدختر). *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه ای*. ۱۲ (۴۶)، ۱۹۴-۱۸۰.
۲۱. محمودزاده، امیر؛ غازی، ایران؛ عسکری، مریم (۱۳۹۶). بررسی و ارزیابی میزان آسیب پذیری بافت فرسوده شهر ایلام در برابر زلزله. *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه ای*. ۶ (۲۳)، ۱۰۲-۸۹.
۲۲. معرب، یاسر؛ سپهرزاد، بهناز؛ نادری، مصطفی (۱۳۹۹). ارزیابی آسیب پذیری بافت های شهری در برابر زلزله با رویکرد پدافند غیرعامل (مورد مطالعه: منطقه ۲ شهر تهران). *پدافند غیرعامل*. ۱۱ (۲)، ۳۱-۴۳.
۲۳. مودت، الیاس؛ نظریور، رضا؛ حیدری نیا، سعید (۱۳۹۵). پهنه بندی زلزله خیزی پیش از بحران با استفاده از تکنیک FAHP مطالعه موردی استان خوزستان. *جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه ای*. ۵ (۱۷)، ۱۰۲-۹۱.
24. Al-Dogom, D.; Schuckma K. & Al-Ruzouq, R. (2018). Geo statistical seismic analysis and analysis hazard assessment, UNITED ARAB EMIRATES. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-3W4, 29-36. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-29-2018
25. Below, R.; Wirtz, A. & Guha-Sapir, D. (2021). *Disaster Category Classification and Peril Terminology for Operational Purposes*. Report No. 264; Université Catholique de Louvain.
26. Chaudhary, M.T. & Piracha, A. (2021). Natural disasters—origins, impacts, management. *Encyclopedia*. 1, 1101-1131. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040084>
27. Goda, K.; Gibson, E.D. & Smith Holly, R. (2016). Seismic risk assessment of urban and rural settlements around Lake Malawi. *Frontiers in Built Environment*. 2, 142-158.
28. Gungor Haki, Z. (2003). *Assessment of Social Vulnerability Using Geographic Information Systems: Pendik, Istanbul Casestudy*. Msc Thesis. Middle East Technical University. Turkey.
29. Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) (2014). *Peril Classification and Hazard Glossary*. IRDR DATA Publication No. 1. Beijing: Integrated Research on Disaster Risk.
30. Jena, R.; Pradhan, B. & Beydoun, G. (2020). Earthquake vulnerability assessment in Northern Sumatra province by using a multi-criteria decision-making model. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 46, 201-219.
31. Jinghai, X. et al (2016). Multi-criteria location model of earthquake evacuation shelters to aid in urban planning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 20, 51-62.
32. Loi, D.W.; Raghunandan, M. E. & Swamy, V. (2018). Revisiting seismic hazard assessment for Peninsular Malaysia using deterministic and probabilistic approaches. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*. 18, 2387-2408.
33. Okay, E. (2005). Land use planning as an instrument of earthquake hazard mitigation. *Comprehensive Approach to Earthquake Disaster Mitigation*. 235-277.
34. Xiaodong, Z. et al (2020). Supply-demand analysis of urban emergency shelters based on spatiotemporal population estimation. *International Journal of Disaster Risk Science*. 11 (3), 16.
35. Zhou, S. et al (2020). Urban seismic risk assessment by integrating direct economic loss and loss of statistical life: An empirical study in Xiamen, China. *Int J Environ Res Public Health*. 17 (21), 1-21.