Journal of Natural Environment Hazards

University of Sistan and Baluchestan

Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385

Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol 12, Issue 35, March 2023

The analysis of risk and vulnerability Seismic of human settlements in Basht County using fuzzy Dimatel and ArcGIS

Hossein Ghazanfar Pour [1*], Hossein Hosseine khah[2], Esmail Kamali[3]

1. *Corresponding Author*, Associate Professor of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. PhD in Geography and Urban Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran.
3. MSc in Geography and Urban Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 20 September 2021
Revised: 14 November 2022
Accepted: 24 November 2022

Keywords:
Dimatl model, earthquake, human settlements, Basht county.

ABSTRACT

Explanation: The post-metropolitan era can be called the era of the vulnerability of urban and rural settlements; because on the one hand, these settlements are facing natural hazards and technological crises, and on the other hand, they are facing security and social crises. Method: The present article is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method. Collect data from the country's surveying organization, satellite images, etc., as well as to study and analyze data ARC GIS software, Dimatel model, and WASPAS software were used. Findings: The results of the study show that of the area of 1037.64 square kilometers in Basht city, 150.80 square kilometers (14.53) is in the safe zone and 282.25 square kilometers (27.20%) is in the low-risk zone. 273.29 square kilometers equivalent to 26.33 percent in the middle zone, 233.20 square kilometers equivalent to 22.47 percent in the high earthquake risk zone, and also 98.20 square kilometers of the whole city equal to 9.47 in the very high earthquake risk zone. Also, the results of the earthquake risk showed that the city of Basht is located in a zone with a high earthquake risk. . Also, the results of the earthquake risk showed that the city of Basht is located in a zone with a high earthquake risk. Spatial analysis of the vulnerability of rural areas and settlements shows that 32.16% of settlements and villages of Basht city are in a very high-risk zone, 23.97% in a high-risk zone, 29.23% in a medium-risk zone, and 69.69 11% of rural settlements and settlements are in the low earthquake risk zone. Results: Therefore, taking necessary measures such as preventing the establishment, issuing permits and preventing construction on faults, public awareness of preventive measures before accidents, preventing the establishment and concentration of urban and rural settlements in high-altitude areas, establishing a warning system And timely warnings in pre-earthquake aftershocks, access of all urban and rural settlements to communication routes and relief centers for quick access to critical areas after the earthquake, etc. to reduce casualties and financial losses caused by the earthquake crisis in the city's population centers Basht seems necessary.

Cite this article: Ghazanfar Pour, H., Hosseinekhah, H., & Kamali, E. (2023). The analysis of risk and vulnerability Seismic of human settlements in Basht County using fuzzy Dimatel and ArcGIS. Journal of Natural Environmental Hazards, 12(35), 21-36. DOI: 10.22111/jneh.2022.39945.1845

© Hossein Ghazanfar pour.

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

DOI: 10.22111/jneh.2022.39945.1845

* Corresponding Author Email: Ma1380@uk.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۲، شماره ۳۵، فروردین ۱۴۰۲

تحلیل ریسک و آسیب‌پذیری لرزه‌ای سکونتگاه‌های انسانی شهرستان باشت با استفاده از مدل دیماتل فازی و Gis

حسین غضنفرپور[1*]، حسین حسینی خواه[2]، اسماعیل کمالی باغراهی[3]

۱. دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان (نویسنده مسئول)
۲. دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان
۳. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه اصفهان، اصفهان

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۲۹

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۳

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۹/۰۳

واژه‌های کلیدی:
مدل دیماتل، زلزله، سکونتگاه‌های انسانی، شهر باشت.

چکیده

عصر پست متروپلیتین را می‌توان عصر آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی نامید؛ زیرا از یک‌سو این سکونتگاه‌ها با مخاطرات طبیعی و بحران‌های تکنولوژیک و ازسوی‌دیگر با بحران‌های امنیتی و اجتماعی روبرو می‌باشند. این مقاله ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر روش، توصیفی - تحلیلی است. برای گردآوری داده‌ها از سازمان نقشه‌برداری کشور، تصاویر ماهواره‌ای و همچنین برای بررسی و تجزیه‌وتحلیل داه‌ها از نرم‌افزار ARCGIS، مدل Dimatel و WASPAS استفاده شده است. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که از مساحت ۱۰۳۷/۶۴ کیلومترمربع شهرستان باشت،۱۵۰/۸۰ کیلومترمربع معادل ۱۴/۵۳ در پهنه بدون خطر و ۲۸۲/۲۵ کیلومترمربع معادل ۲۷/۲۵ درصد در پهنه کم‌خطر قرار دارد. ۲۷۳/۲۹ کیلومترمربع معادل ۲۶/۳۳ درصد در پهنه متوسط، ۲۳۳/۲۰ کیلومترمربع معادل ۲۲/۴۷ درصد در پهنه زیاد خطر زلزله و همچنین ۹۸/۳۲۰ کیلومترمربع از کل شهرستان معادل ۹/۴۷ در پهنه بسیار زیاد از خطر زلزله قرار دارد. همچنین، نتایج حاصل از خطر زلزله نشان داد که شهر باشت بر روی پهنه با خطر بالای زلزله قرار دارد. تحلیل فضایی میزان آسیب‌پذیری نقاط روستایی و آبادی‌ها نشان می‌دهد که ۳۲/۹۴ درصد از آبادی‌ها و روستاهای شهرستان باشت در پهنه با خطر خیلی بالا، ۲۳/۵۲ درصد در پهنه با خطر زیاد، ۲۸/۸۲ درصد در پهنه با خطر متوسط و ۱۱/۱۷ درصد از سکونتگاه‌های روستایی و آبادی‌ها در پهنه با خطر کم زلزله قرار دارد. بنابراین، انجام اقدامات لازم ازجمله جلوگیری از استقرار، صدور مجوز و ممانعت از ساخت‌وساز بر روی گسل‌ها، آگاه‌سازی عمومی در راستای اقدامات پیشگیرانه قبل از وقوع حوادث، جلوگیری از استقرار و تمرکز سکونتگاه‌های شهری و روستایی در پهنه‌های با خاطر بالا، برقراری سیستم هشدار و اخطارهای به‌موقع در پس‌لرزه‌های قبل از زلزله، دسترسی تمام سکونتگاه‌های شهری و روستایی به راه‌های ارتباطی و مراکز امدادرسان برای دسترسی سریع به مناطق بحرانی پس از وقوع زلزله و... جهت کاهش آسیب‌های جانی و خسارت‌های مالی ناشی از بحران زلزله در مراکز جمعیتی شهرستان باشت امری ضروری به‌نظر می‌رسد.

استناد: غضنفرپور, حسین, حسینی خواه, حسین, کمالی باغراهی, اسماعیل. (۱۴۰۲). تحلیل ریسک و آسیب‌پذیری لرزه‌ای سکونتگاه‌های انسانی شهرستان باشت با استفاده از مدل دیماتل فازی و Gis. مخاطرات محیط طبیعی, ۱۲(۳۵), ۲۱-۳۶. DOI: 10.22111/jneh.2022.39945.1845

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© حسین غضنفرپور*، حسین حسینی خواه، اسماعیل کمالی باغراهی.

*- حسین غضنفرپور (نویسنده مسئول) Email: Ma1380@uk.ac.ir

مقدمه

وقوع زمین‌لرزه در یک منطقه، یک پدیده پیچیده‌ای است که فرآیندهای زمانی- مکانی در مقیاس‌های مختلف را در بر می‌گیرد (Zhou et al, 2017) که ساخت‌وسازها در نزدیک این گسل‌ها، دارای خطر لرزه‌خیزی بسیار بالایی هستند (Tielin et al, 2017). درواقع، بیشتر خسارت فیزیکی و اقتصادی چنین حوادثی نتیجه نبود برنامه‌ریزی و ضعف در استانداردهای ساختمانی و زیرساخت‌ها است (Linares et al. 2012). به‌طوری‌که تخمین زده می‌شود حدود ۹۵ درصد کل قربانی‌های بلایای طبیعی در دنیا درکشورهای درحال توسعه می‌باشد (Kreimer, 2003). بنابراین، ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای یک شهر نیز از موضوع‌های مهم و اساسی محسوب می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، ریسک ترکیبی از خطر و آسیب‌پذیری است و ازآنجایی‌که آسیب‌پذیری ممکن است صورت‌های گوناگونی همچون آسیب‌پذیری جانی، عملکردی، اجتماعی، مالی و یا ترکیبی از این موارد را به خود بگیرد، تخمین برآورد ریسک نیاز به رهیافتی جامع‌نگر دارد و لازم است تا در آن از روش‌ها، معیارها و تخصص‌های گوناگونی استفاده گردد تا بتوان کاهش خطرات، جلوگیری از آسیب‌پذیری و مدیریت بحران در بلایا و خطرات طبیعی ازجمله زلزله را موردمطالعه و بررسی قرار داد. همچنین، به‌نوعی برقراری این ارتباط‌ها به مثابه ابزاری در کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تهیه برنامه‌ها و تقلیل خسارت عمل می‌کند (ملکی و همکاران،۱۳۹۲). در این میان، گستره جغرافیایی کشور ایران ازجمله مناطق حادثه‌خیز است که بسیاری از بلایای طبیعی چون زمین‌لرزه، سیل، طوفان، خشک‌سالی، فعالیت‌های آتش‌فشانی و بیابان‌زایی، نمونه‌هایی از تاریخ حادثه‌خیز دور و نزدیک آن می‌باشد که همه‌ساله وقوع این حوادث موجب خسارت‌های جانی و مالی فراوان می‌شود (قنبری و همکاران، ۱۳۹۲).

بر اساس گزارش دفتر برنامه‌ریزی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۰۲ میلادی، ایران در میان دیگر کشورهای جهان، رتبه نخست را ازنظر تعداد زلزله‌هایی با شدت بالای ۵/۵ ریشتر در سال دارد و یکی از بالاترین رتبه‌ها را در زمینه آسیب‌پذیری ناشی از وقوع زلزله و تعداد تلفات این سانحه به خود اختصاص داده است (UNDP, 2016). ازاین‌رو، کشور ایران به‌عنوان بخشی از کمربند کوه‌زایی آلپ ـ هیمالیا همواره از زلزله‌خیزی بالایی برخوردار بوده است، به‌طوری‌که از هر ۱۵۳ زلزله مخربی که در دنیا اتفاق افتاده، ۱۷/۶ درصد آن مربوط به ایران بوده است. در واقع، کشور ایران در ردیف ۱۳ کشور بلاخیز دنیا می‌باشد و زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی آن می‌باشد. بنابراین، می‌توان گفت اکثر شهرهای ایران در برابر خطر زلزله آسیب‌پذیر هستند (نصیری، ۱۳۹۷: ۲).

در این میان در شهرستان باشت و به‌تبع آن سکونتگاه‌های شهری و روستایی این شهرستان، به‌دلیل وجود خطوط گسل، وجود بافتی فرسود، سابقه برخورداری از نقاط لرزه‌خیز و زلزله، عدم توجه به رعایت استانداردهای ساخت‌وساز و ...، ضرورت دارد تا با انجام مطالعات لرزه‌خیزی ازجمله تحلیل ریسک، اقدامات بهینه و مؤثر در جهت کاهش خسارت‌ها و کاهش آسیب‌پذیری جانی و مالی فراهم شود. ازاین‌رو، هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های شهری و روستایی شهرستان باشت در برابر خطر زلزله است. اهداف فرعی این پژوهش را می‌توان مشتمل بر موارد زیر دانست:

- پهنه‌بندی بخش بوستان و مرکزی شهرستان باشت در برابر خطر زلزله
- ارائه راهبردها و استراتژی‌هایی برای کاهش خسارت‌های جانی و مالی در برابر بحران زلزله

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش ازنظر هدف، کاربردی و ازنظر روش، توصیفی - تحلیلی است. جامعه آماری پژوهش، کل محدوده شهرستان باشت بر اساس تقسیمات کشوری می‌باشد. برای جمع‌آوری و گردآوری داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای، نرم‌افزار گوگل ارث، سازمان زمین‌شناسی آمریکا و برای تجزیه‌وتحلیل نهایی داده‌ها و اطلاعات از نرم‌افزار تحلیل‌گر فضایی ARG GIS و مدل Dematel و WASPAS استفاده شده است.

در ابتدا، برای شناسایی پهنه‌های مستعد خطر زلزله در شهرستان باشت به تهیه متغیرهای تأثیرگذار در وقوع خطر زلزله پرداخته شد. بنابراین، برای شناسایی متغیرهای تأثیرگذار در وقوع خطر زلزله از نظرات متخصصان و خبرگانی که در ارتباط با موضوع زلزله آشنایی و تسلط کافی را داشتند، استفاده گردید. ازاین‌رو، در مرحله اول، طبق نظرات متخصصان و همچنین با بررسی پژوهش‌های صورت‌گرفته‌شده، مهم‌ترین متغیرهای تأثیرگذار در وقوع خطر زلزله عبارت‌اند از: خطوط گسل- نقاط لرزه‌خیز- زمین‌شناسی- کاربری اراضی- سکونتگاه‌های شهری و روستایی - راه‌های ارتباطی- شیب- جهت شیب.

در مرحله دوم، بعد از شناسایی متغیرها، به تهیه نقشه‌ها و لایه‌های جی. ای. اس. اقدام گردید و برای گردآوری نقشه‌ها و لایه‌های مکانی و فضایی مرتبط با پژوهش (نقشه‌ها و لایه‌های جی. ای. اس) از منابع متعددی ازجمله تصاویر ماهواره‌ای، نرم‌افزار گوگل ارث، سازمان‌های دولتی و خصوصی ایران و همچنین سازمان زمین‌شناسی آمریکا استفاده شد (جدول ۱ و ۲). همچنین بعضی از نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی تأثیرگذار در وقوع خطر زلزله ازجمله (لایه شیب – لایه جهت شیب) توسط نویسندگان تهیه گردید (جدول ۱). بعد از گردآوری نقشه‌ها و لایه‌های مکانی و فضایی مرتبط با پژوهش، به همسان‌سازی و تغییردادن و ثابت‌کردن مقیاس نقشه‌ها در نرم‌افزار جی. ای. اس. اقدام گردید که مقیاس تمام نقشه‌ها به مقیاس ۱:۲۰۰۰۰۰ تغییر کرد. مقدار خطای ترسیم در نقشه‌ها ۰/۲ میلی‌متر می‌باشد که با ضرب این عدد در عدد مقیاس، مقدار حداقل طول قابل‌نمایش بر روی نقشه با مقیاس مربوطه مشخص می‌گردد. بنابراین، در نقشه ۱:۲۰۰۰۰۰ دقت مطلق جانمایی یا به عبارتی حداقل طول قابل‌نمایش بر روی نقشه برابر ۴۰ متر محاسبه می‌شود.

جدول ۱: نوع و منبع اخذ لایه‌های مکانی جهت سنجش شدت آسیب‌پذیری مراکز جمعیتی شهرستان باشت

ردیف	پارامتر	نوع لایه	منبع اخذ لایه	مقیاس	دقت جانمایی
۱	خطوط گسل	Vector	مرکز لرزه‌نگاری ایران	۱:۲۰۰۰۰۰	۴۰ متر
۲	نقاط لرزه‌خیز	Vector	نرم‌افزار Google Earth		
۳	زمین‌شناسی	Vector	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران		
۴	کاربری اراضی	Vector	سازمان منابع طبیعی ایران		
۵	سکونتگاه‌های جمعیتی	Vector	وزارت کشور		
۶	راه‌های ارتباطی	Vector	وزارت راه و شهرسازی		
۷	شیب	Raster	Extracted from Layer Height		
۸	جهت شیب	Raster	Extracted from Layer Height		

در مرحله سوم، به وزن‌دهی هر یک از متغیرهای تأثیرگذار در وقوع خطر زلزله ازجمله (خطوط گسل- نقاط لرزه‌خیز- زمین‌شناسی- کاربری اراضی- سکونتگاه‌های شهری و روستایی - راه‌های ارتباطی- شیب و جهت شیب) با

استفاده از فن دیماتل اقدام گردید (جدول ۳). بر اساس فن دیماتل، وزن‌های زبانی به‌دست‌آمده از پرسشنامه به اعداد فازی تبدیل گردید و سپس اعداد فازی، دیفازی و درنهایت با استفاده از مدل دیماتل با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده، میزان اثر هرکدام از معیارها تعیین و همچنین اثرپذیری یا اثرگذاری آن‌ها محاسبه شده است. فن دیماتل که از انواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقیاسات زوجی می‌باشد، با بهره‌مندی از قضاوت خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها، توسط به‌کارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختار سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم، همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر یادشده به‌دست می‌آید. به‌گونه‌ای که شدت عوامل یادشده و اهمیت آن‌ها را به‌صورت امتیاز عددی تعیین می‌کند (LI et al, 2009). فن دیماتل توسط مؤسسه (Battelle Memorial) بین سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۶ ایجاد شد و برای مطالعه و حل مسائل پیچیده و درهم تنیده مورد استفاده قرار گرفت و با این هدف معرفی شد که استفاده مناسب از روش‌های پژوهش علمی، می‌تواند ساختار پیچیده مسائل را بهبود بخشد و در شناسایی راه‌حل‌های عملی با ساختار سلسله-مراتبی مشارکت نماید (Shieh, Wu, Huang, 2010). فن دیماتل مبتنی بر نمودارهایی است که می‌توانند مؤلفه‌های دخیل را به دو گروه علت و معلول تفکیک نمایند. این نمودارها رابطه وابستگی میان عناصر یک سیستم را به تصویر می‌کشند. نمودار علی با ترسیم زوجه‌ای مرتب (Dk + Rk,Dk – Rk) حاصل می‌شود که در آن محور افقی (D + R) به نام برتری با اضافه کردن Rk به Dk و محور عمودی به نام (D-R) به نام رابطه با تفریق Rk از Dk ساخته می‌شود. مراحل تشکیل‌دهنده مدل دیماتل به شرح زیر می‌باشد:

-گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

برای بررسی معیارها، از نظرات کارشناسان استفاده شده که مقایسه زوجی هر خبره را نشان می‌دهد. در این ماتریس‌ها، $\tilde{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ اعداد فازی مثلثی می‌باشند و $\tilde{x}_{ii} = (i = 1,2,3, \dots, n)$ به‌صورت عدد فازی (0,0,0) درنظر گرفته می‌شوند. برای درنظرگرفتن نظر همه خبرگان، طبق فرمول ۱ از آن‌ها میانگین حسابی گرفته می‌شود.

فرمول (۱): $\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \dots \oplus x^p}{p}$

در این فرمول P تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1, \tilde{x}^2, \tilde{x}^p$ به‌ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره P می‌باشد و $\tilde{z}$ عدد فازی مثلثی به‌صورت $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ است.

-گام دوم: نرمال‌سازی یا شدت نسبی روابط مستقیم

برای نرمالیزه‌کردن ماتریس به‌دست‌آمده از فرمول‌های ۲ و ۳ استفاده می‌کنیم.

فرمول (۲): $\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = (\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r}) = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij})$

فرمول (۳): که R از رابطه زیر به‌دست‌آمده می‌آید: $R = \max_{1 \le i \le n}(\sum_{j=1}^{n} u_{ij})$

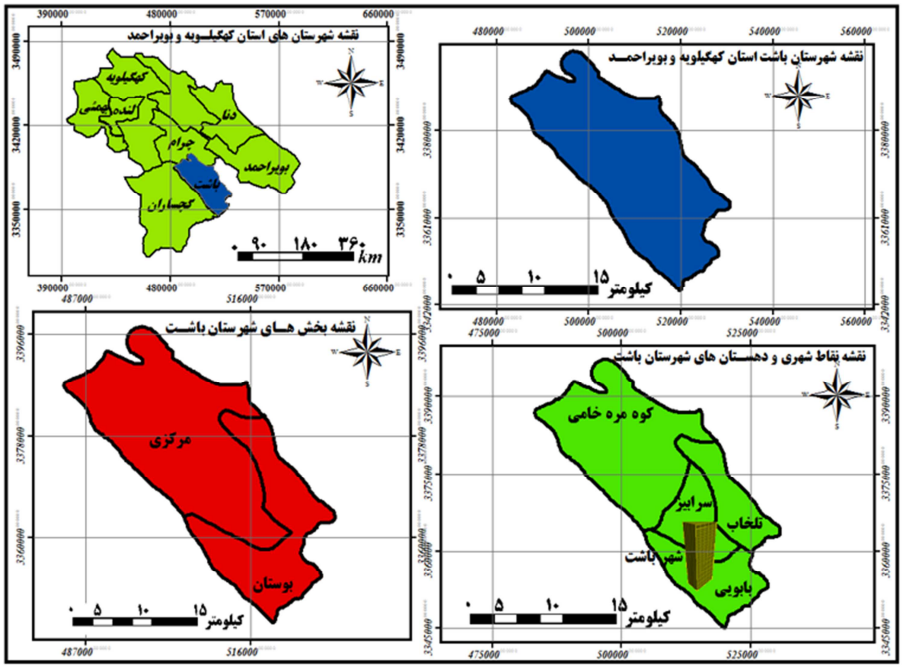
-گام سوم: ماتریس روابط کل یا شدت روابط مستقیم و غیرمستقیم

در مرحله چهارم، پس از وزن‌دهی هر یک از متغیرهای تأثیرگذار در خطر وقوع زلزله، به تکمیل کلاس‌بندی وزن‌های هر معیار یا لایه اطلاعاتی در نرم‌افزار تحلیلگر فضایی جی. ای. اس پرداخته و وزن مخصوص برای هر زیر معیار محاسبه (جدول ۴) و وزن محاسبه‌شده برای هر زیر معیار در نرم‌افزار تحلیلگر فضایی جی. ای. اس تعریف شد. پس از

تکمیل کلاس‌بندی، وزن‌های هر معیار یا لایه اطلاعاتی با فن دیمتل (DEMATEL) محاسبه گردید. به این صورت که ابتدا جمع اهمیت لایه‌ها، استخراج و از تقسیم اهمیت هر لایه بر جمع کل، وزن تک‌تک لایه‌ها محاسبه شد. بعد از وزن‌دهی به هر زیر معیار با استفاده از دستورات مشخص‌شده، تمام لایه‌های موردنظر به Raster تبدیل و سپس لایه‌ها با دستور Fuzzy Membership فازی‌سازی و درنهایت با استفاده از دستور Weighted Sum، تمام لایه بر اساس وزن تعریف‌شده، همپوشانی شدند. به‌طوری‌که لایه‌های رستری به‌ترتیب Reclassify و سپس بر اساس اینکه با فاصله از نقاط ویکتوری تناسب پیکسل‌ها کمتر یا بیشتر می‌شود، ارزش‌های جدید به کلاس‌ها داده شد. در مرحله نهایی، برای دستیابی به نقشه نهایی و اتخاذ تصمیم و به عبارتی برای مشخص شدن پهنه‌های نهایی مستعد خطر زلزله، لایه‌های اطلاعاتی که در مراحل قبل با استفاده از فن دیمتل (DEMATEL) و نرم‌افزار جی. ای. اس وزن‌دهی شده بودند، در نرم‌افزار GIS باهم ترکیب شدند. هر یک از لایه‌های مربوطه در ستون معیار جدول بالا با وزن‌های خود که در ستون وزن نوشته‌شده ضرب و باهم دیگر جمع و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زلزله در مراکز جمعیتی شهرستان باشت تولید و استخراج گردید (شکل ۲). در نقشه نهایی، پهنه‌های با رنگ قرمز دارای خطر لرزه‌خیزی بالاتری هستند.

قلمرو پژوهش

شهرستان باشت از شهرستان‌های ایران در استان کهگیلویه و بویراحمد می‌باشد. مرکز این شهرستان، شهر باشت و جمعیت این شهرستان در سال ۱۳۹۵ برابر با ۲۱۶۹۰ نفر بوده است. تعداد شهرهای این شهرستان در سال ۱۳۹۵، یک شهر ازجمله شهر باشت و همچنین دارای دو بخش به نام بخش مرکزی و بخش بوستان و ۴ دهستان است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان باشت

یافته‌ها

در این پژوهش به‌منظور ارزیابی و بررسی میزان پهنه‌های آسیب‌پذیر شهرستان باشت، از ۱۱ لایه اصلی استفاده شده است. در این راستا، ابتدا معیارهای مؤثر در پهنه‌بندی خطر زلزله که عبارت‌اند از: خطوط گسل، نقاط زلزله‌خیز، وضعیت زمین‌شناسی، سکونتگاه‌های شهری و روستایی، کاربری اراضی، شیب، مقاومت خاک، جهت شیب (پورخسروانی و همکاران، ۱۳۹۷؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ رنگزن و همکاران، ۱۳۹۵؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۶؛ امین زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسینی خواه و همکاران، ۱۳۹۹) با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و نظرخواهی از متخصصان امر شناسایی شده‌اند و سپس با استفاده از مدل Dematel، تأثیر هر معیار و زیر معیار مشخص شده است که به اختصار به نقش هر کدام از این متغیرها در ایجاد خطر زلزله پرداخته می‌شود.

گسل: خطوط گسل، مهم‌ترین عامل ایجاد زلزله هستند که توانایی‌های لرزه‌ای متفاوتی دارند و زلزله‌های کوچک و بزرگی را ایجاد می‌کنند (پورخسروانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۱). به‌طوری‌که هر چه سکونتگاه‌های جمعیتی از مرکز خطوط گسل فاصله بیشتری داشته باشند، از شدت آسیب‌پذیری کاسته خواهد شد. بنابراین، در شاخص وجود گسل، با توجه به عبور خطوط گسل از بخش در بخش غربی شهرستان باشت، این منطقه توانایی‌های لازم جهت وقوع زمین‌لرزه‌های با شدت بالا را دارا می‌باشد.

لیتولوژی (سنگ‌شناسی): تنوع سنگ‌شناسی در سازندهای سنگی منطقه از دیدگاه لرزه‌خیزی حائز اهمیت است؛ زیرا که وجود کنگلومرای و ماسه‌سنگ سازند بختیاری و سنگ‌های کربناته سازندی آسماری، تاربور، فهلیان و داریان با داشتن رفتاری شکننده و سازند شیلی، گورپی، رازک، پابده و ... با دارا بودن رفتاری شکل‌پذیر به‌ترتیب در افزایش و کاهش اثرت تخریبی زمین‌لرزه‌ها نقش اساسی دارند. شکل‌پذیری در سازند گورپی، رازک و پابده که با استهلاک

انرژی زمین‌لرزه همراه است، شدت خطر ناشی از وقوع احتمالی زمین‌لرزه را کاهش می‌دهد. ولی سازندهای سخت همچون بختیاری، آسماری، تاربور، فهلیان و داریان به‌دلیل شکنندگی خود خسارت‌های زیادی را به بار خواهند آورد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۱۳). در شاخص لیتولوژی شهرستان باشت، مطالعات نشان می‌دهد که در بخش مرکزی، توسعه مراکز جمعیتی بر روی سری زمین‌شناسی سست‌تر (شن و ماسه)، باعث تشدید توان موج لرزه‌ای می‌شود.

تراکم جمعیتی و ساختمانی: این شاخص به معنی جمعیت در واحد سطح و مشخص‌کنندهٔ بار جمعیتی در موقع زلزله است و با افزایش میزان این شاخص، آسیب‌پذیری ناشی از زلزله افزایش خواهد یافت. همچنین هرچه تراکم ساختمانی در یک منطقه بیشتر باشد، آسیب‌پذیری جانی و مالی بالاتر خواهد بود (رنگزن و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۷). از این‌رو با توجه به تراکم بیشتر سکونتگاه‌های شهری و روستایی در بخش جنوبی و جنوب شرقی شهرستان باشت، آسیب‌پذیری جانی و مالی ناشی از بحران زلزله در جهات شرقی و جنوبی بیشتر است.

دسترسی: جاده‌ها و خطوط ارتباطی، شریان‌های حیاتی شهرها می‌باشند و اهمیت آن‌ها در امدادرسانی در موقع بروز مخاطرات و به‌ویژه زلزله نمود شایانی می‌یابد. به همین دلیل هر چه دسترسی به جاده‌های اصلی کمتر باشد، میزان تلفات بیشتر شده، چراکه امکان امدادرسانی به این مناطق محدود می‌گردد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹). ازاین‌رو، با توجه به دسترسی بهتر بخش جنوبی شهرستان باشت به راه‌های ارتباطی درجه‌یک، آسیب‌پذیری جانی و مالی ناشی از بحران زلزله در بخش جنوبی شهرستان کمتر است.

کاربری اراضی: در شاخص کاربری اراضی، نوع و جنس زمین در تأثیر برشدت امواج مخرب دخالت دارد. بنابراین، به مناطق شهری بیشترین امتیاز و به کاربری‌های باغ و پوشش گیاهی کم و متوسط کمترین امتیاز داده شده است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹). در شهرستان باشت با قرارگیری مراکز جمعیتی بر روی صخره در بخش شمالی، از شدت آسیب‌پذیری کاسته و با قرارگیری مراکز جمعیتی بر روی پوشش گیاهی در بخش شرقی، شدت آسیب‌پذیری افزایش پیدا می‌کند.

شیب: هر چه میزان شیب در یک ناحیه بیشتر باشد، میزان آسیب‌پذیری آن ناحیه بیشتر خواهد شد (امین زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۶). ازاین‌رو، در مناطق شمالی شهرستان باشت، شیب‌های تندی وجود دارد کـه گسـترش مراکز جمعیتی به این سمت موجب استقرار مراکز بر روی شیب‌های تند شده است؛ به‌طوری‌که میزان آسیب‌پذیری مراکز جمعیتی در شیب‌های تند در برابر بحران زلزله افزایش پیدا می‌کند.

جهت شیب: نواحی شمال، غرب و شمال غرب سکونتگاه‌های جمعیتی به‌دلیل دریافت بارش بیشتر و رطوبت بالاتر تأثیر بیشتری در هوازدگی و در نتیجه بحران زلزله دارند (حسینی خواه و همکاران، ۱۳۹۹: ۹). بنابراین جهت شیب به‌صورت هموار و جنوبی در بخش جنوبی شهرستان، باعث افزایش آسیب‌پذیری و افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های جمعیتی در برابر بحران زلزله خواهد شد.

کانون‌های لرزه‌خیز: در شاخص نقاط لرزه‌خیز، لرزه‌های که تا ۲ هزار متری کانون‌های زلزله‌های رخداده هستند، مقاومت بسیار کمتری در برابر انرژی آزادشده زلزله خواهند داشت و با فاصله‌گرفتن از کانون‌های زلزله، از شدت

آسیب‌پذیری کاسته خواهد شد (حسینی خواه و همکاران، ۱۳۹۹: ۹). به‌طوری‌که در شهرستان باشت از فاصله ۱۶۰۰ متری به بعد نسبت به کانون زلزله، میزان آسیب‌پذیری جانی و مالی بسیار کمتر خواهد بود.

در جدول ذیل، معیارهای پژوهش بیان شدند (جدول ۲) :

جدول ۲: معیارهای پژوهش

علامت اختصاری	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
شاخص	گسل	شیب	راه	زمین‌شناسی	نقاط لرزه‌خیز	جهت شیب	مراکز سکونتگاهی	کاربری اراضی

بعد از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از طریق مدل دیماتل فازی محاسبه و مورد پردازش قرار می‌گیرند. پس از تشکل ماتریس تصمیم‌گیری و انجام مراحل مدل، به محاسبه ماتریس روابط نهایی پرداخته می‌شود. جدول ۳ ماتریس روابط نهایی را نشان می‌دهد.

جدول ۳: ماتریس روابط نهایی

شاخص	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
C1	(۰/۰۷۱،۰/۱۲۴،۰/۱۸۹)	(۰/۱۴۳،۰/۱۹۸،۰/۲۶۰)	(۰/۱۶۰،۰/۲۰۶،۰/۲۶۹)	(۰/۱۹۳،۰/۲۳۴،۰/۲۹۴)	(۰/۱۹۵،۰/۲۳۸،۰/۳۰۱)
C2	(۰/۰۷۶،۰/۱۱۳،۰/۱۷۱)	(۰/۰۷۲،۰/۱۰۴،۰/۱۵۱)	(۰/۱۶۷،۰/۲۰۳،۰/۲۵۵)	(۰/۱۶۹،۰/۲۰۵،۰/۲۵۹)	(۰/۱۷۰،۰/۲۱۴،۰/۲۷۳)
C3	(۰/۱۲۵،۰/۱۷۲،۰/۲۳۸)	(۰/۰۷۰،۰/۱۰۲،۰/۱۵۱)	(۰/۰۷۲،۰/۱۰۳،۰/۱۵۱)	(۰/۱۵۶،۰/۱۹۲،۰/۲۵۱)	(۰/۱۵۳،۰/۱۹۵،۰/۲۵۶)
C4	(۰/۲۲۲،۰/۱۶۶،۰/۲۳۰)	(۰/۱۳۴،۰/۱۶۹،۰/۲۱۹)	(۰/۰۷۸،۰/۱۰۸،۰/۱۵۶)	(۰/۰۸۳،۰/۱۱۳،۰/۱۶۱)	(۰/۱۷۲،۰/۲۰۸،۰/۲۶۲)
C5	(۰/۱۲۳،۰/۱۶۴،۰/۲۲۶)	(۰/۱۲۷،۰/۱۶۱،۰/۲۰۹)	(۰/۱۳۸،۰/۱۷۳،۰/۴۲۰)	(۰/۰۸۶،۰/۱۱۷،۰/۱۶۴)	(۰/۰۹۲،۰/۱۱۳،۰/۱۶۲)
C6	(۰/۰۹۴،۰/۱۳۷،۰/۱۹۷)	(۰/۱۰۱،۰/۱۳۹،۰/۱۸۴)	(۰/۱۲۰،۰/۱۵۸،۰/۲۰۹)	(۰/۱۳۴،۰/۱۶۸،۰/۲۱۶)	(۰/۱۳۹،۰/۱۷۵،۰/۲۲۶)
C7	(۰/۰۹۲،۰/۱۳۱،۰/۱۸۶)	(۰/۰۸۹،۰/۱۱۹،۰/۱۶۱)	(۰/۱۰۸،۰/۱۳۶،۰/۱۷۹)	(۰/۱۲۴،۰/۱۵۵،۰/۲۰۰)	(۰/۱۲۴،۰/۱۵۷،۰/۲۰۳)
C8	(۰/۰۵۴،۰/۰۸۶،۰/۱۲۹)	(۰/۰۶۳،۰/۰۸۶،۰/۱۲۰)	(۰/۰۵۲،۰/۰۷۰،۰/۰۹۹)	(۰/۰۸۳،۰/۱۰۷،۰/۱۴۲)	(۰/۰۸۳،۰/۱۰۹،۰/۱۴۴)
شاخص	أ۶	أ۷	أ۸		
C1	(۰/۲۰۷،۰/۲۵۶،۰/۳۲۹)	(۰/۲۰۰،۰/۲۶۲،۰/۳۳۷)	(۰/۲۳۱،۰/۲۸۱،۰/۳۵۴)		
C2	(۰/۱۹۲،۰/۲۳۵،۰/۲۹۹)	(۰/۱۹۶،۰/۲۴۱،۰/۳۰۸)	(۰/۲۰۲،۰/۲۴۸،۰/۳۱۳)		
C3	(۰/۱۶۶،۰/۲۱۰،۰/۲۸۰)	(۰/۱۸۶،۰/۲۲۹،۰/۲۹۷)	(۰/۱۹۰،۰/۲۳۶،۰/۳۰۲)		
C4	(۰/۱۷۱،۰/۲۱۰،۰/۲۷۷)	(۰/۱۷۲،۰/۲۱۴،۰/۲۸۴)	(۰/۱۹۱،۰/۲۳۴،۰/۲۹۸		
C5	(۰/۱۶۷،۰/۲۰۶،۰/۲۷۱)	(۰/۱۶۴،۰/۲۱۱،۰/۲۷۸)	(۰/۱۸۷،۰/۲۳۰،۰/۲۹۱)		
C6	(۰/۰۸۷،۰/۱۱۶،۰/۱۶۹)	(۰/۱۵۳،۰/۱۹۸،۰/۲۶۱)	(۰/۰۷۹،۰/۱۰۸،۰/۱۵۶)		
C7	(۰/۰۸۱،۰/۱۱۲،۰/۱۶۱)	(۰/۰۷۸،۰/۱۱۰،۰/۱۶۰)	(۰/۱۷۲،۰/۲۰۷،۰/۲۶۲)		
C8	(۰/۰۹۹،۰/۱۲۶،۰/۱۶۸)	(۰/۱۰۳،۰/۱۳۳،۰/۱۷۶)	(۰/۱۵۳،۰/۱۹۵،۰/۲۵۶)		

در این مرحله اهمیت و تأثیرگذاری تمام شاخص‌ها مورد سنجش و بررسی قرار می‌گیرید، به‌گونه‌ای که شدت اثر روابط یادشده و اهمیت آن‌ها را به‌صورت امتیازی عددی معین می‌کند.

جدول ۴: اهمیت و تأثیرگذاری معیارها

معیار	$\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$	$\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$
C1	(۲/۰۶۹، ۴/۰۳۶، ۵/۴۲۹)	(۰/۰۰۱، ۱/۱۶۰، ۲/۳۶۰)
C2	(۲/۸۹۴،۳/۷۱۷،۴/۷۹۰)	(۰/۰۶۷، ۰/۸۹۸، ۱/۹۲۷)
C3	(۲/۸۴۲، ۳/۶۴۶، ۴/۸۴۶)	(−۰/۳۶۵، ۰/۶۲۵، ۱/۶۷۱)
C4	(۳/۰۱۱، ۳/۷۸۷، ۴/۹۶۰)	(−۰/۵۰۶، ۰/۴۴۰، ۱/۴۴۳)
C5	(۲/۹۷۲، ۳/۷۷۸، ۴/۹۴۵)	(−۰/۶۳۸، ۰/۳۳۲، ۱/۳۲۰)
C6	(۲/۹۵۲، ۳/۷۹۷، ۴/۰۴۳)	(−۱/۱۴۸، −۰/۰۷۶، ۰/۹۴۳)
C7	(۲/۹۸۶، ۳/.۷۲۶، ۴/۹۳۱)	(−۱/۳۳۱،−۰/۲۹۵، ۰/۶۹۸)
C8	(۲/۶۷۲، ۳/۳۹۷، ۴/۴۴۵)	(−۱/۹۵۶، −۱/۰۳۱، −۰/۱۷۶)

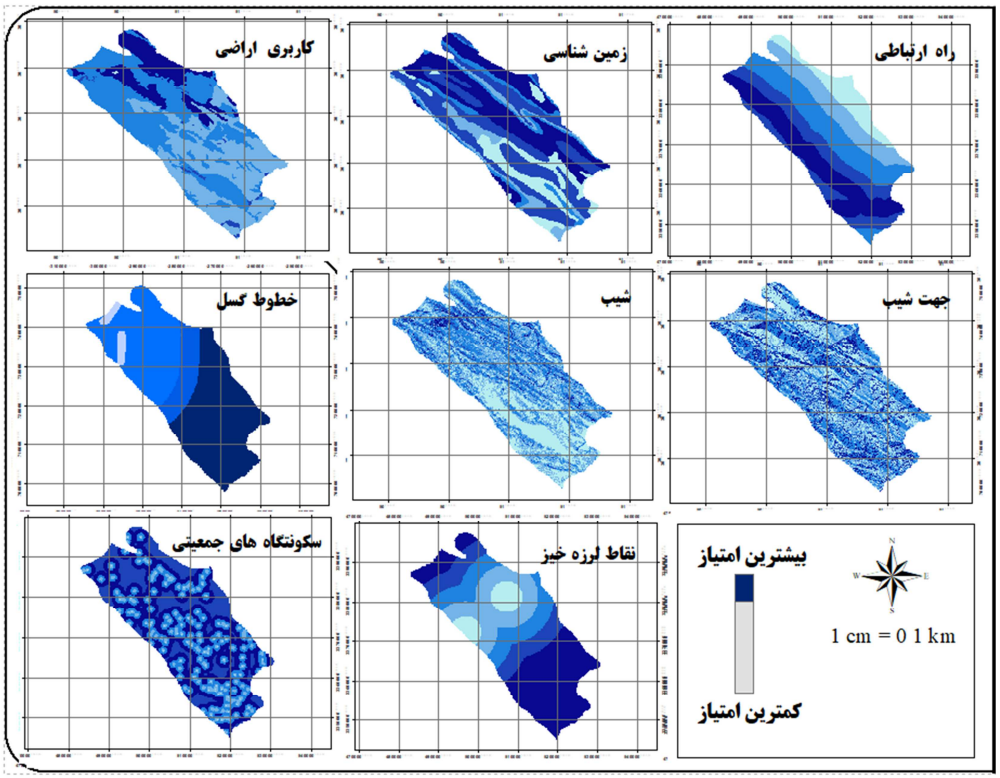
بعد از اهمیت و تأثیرگذاری معیارها، استخراج ضریب یک معیار و ساختاردهی سیستماتیک به آن‌ها توسط به‌کارگیری اصول تئوری گراف‌ها، ساختار سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در معیار، همراه با روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متقابل عناصر یادشده در مرحله نهایی به‌دست می‌آید. همان‌طورکه در جدول (شماره ۵) مشاهده می‌شود، به‌ترتیب بالاترین و کمترین ضریب به‌دست‌آمده، شاخص فاصله از گسل با وزن ۰/۰۴۱۴ و جهت شیب با وزن ۰/۰۳۴۱ می‌باشد.

جدول ۵: اهمیت و تأثیرگذاری نهایی معیارها

معیار	$(\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i)^{def}$	$(\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i)^{def}$	وزن نهایی
C1	۴/۱۴۳	۱/۱۷۰	۰/۰۴۱۴
C8	۳/۸۰۲	۰/۹۱۵	۰/۰۳۸۰
C8	۳/۷۴۶	۰/۶۴۰	۰/۰۳۷۴
C4	۳/۸۸۶	۰/۴۵۴	۰/۰۳۸۸
C5	۳/۸۶۷	۰/۳۴۰	۰/۰۳۸۶
C2	۳/۳۸۹	−۰/۰۹۰	۰/۰۳۳۸
C3	۳/۸۲۰	−۰/۳۰۶	۰/۰۳۸۲
C6	۳/۳۸۸	−۰/۰۹۰	/۰۳۳۷

تهیه نقشه‌های ارزش‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی

لایه‌های اطلاعاتی پژوهش از طریق مدل دیماتل فازی در نرم‌افزار تحلیل‌گیر فضایی سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزش‌گذاری شد؛ به‌طوری‌که وزن هر طبقه در هر معیار محاسبه و وزن‌دهی شد.



شکل ۲: ارزش‌گذاری نهایی لایه‌های اطلاعاتی

تهیه نقشه‌های نهایی ارزش‌گذاری حاصل از لایه‌های اطلاعاتی پژوهش

نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که از مساحت ۱۰۳۷/۶۴ کیلومتر مربع شهرستان باشت، ۱۵۰/۸۰ کیلومتر مربع معادل ۱۴/۵۳ در پهنه بدون خطر و ۲۸۲/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۲۷/۲۰ درصد در پهنه کم‌خطر قرار دارد. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که ۲۷۳/۲۹ کیلومتر مربع معادل ۲۶/۳۳ درصد در پهنه متوسط، ۲۳۳/۲۰ کیلومتر مربع معادل ۲۲/۴۷ درصد در پهنه زیاد خطر زلزله و همچنین ۹۸/۳۲۰ کیلومتر مربع از کل شهرستان باشت معادل ۹/۴۷ در پهنه بسیار زیاد از خطر زلزله قرار دارد (جدول ۶).

جدول ۶: مساحت و درصد طبقات خطر زلزله در شهرستان باشت

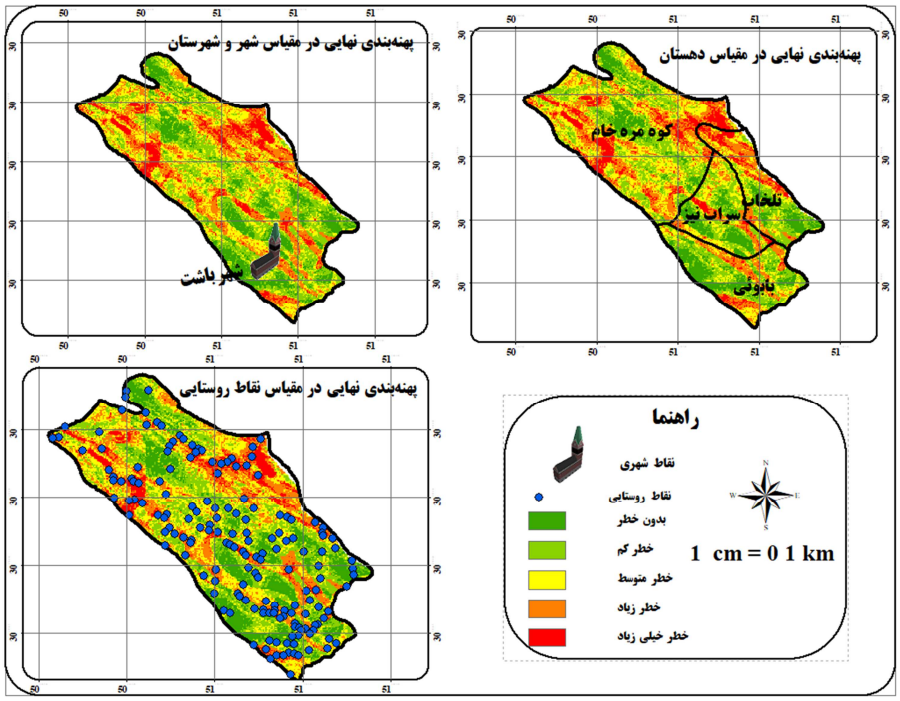
شدت	بدون خطر	خطر کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	جمع
مساحت	۱۵۰/۸۰	۲۸۲/۲۵	۲۷۳/۲۹	۲۳۳/۲۰	۹۸/۳۲۰	۱۰۳۷/۶۴
درصد	۱۴/۵۳	۲۷/۲۰	۲۶/۳۳	۲۲/۴۷	۹/۴۷	۱۰۰

از مساحت ۳۴۲/۸۳ کیلومتر مربع بخش بوستان باشت، ۶۸/۲۷ کیلومتر مربع معادل ۱۹/۹۱ درصد در پهنه بدون خطر و ۱۰۳/۸۲ کیلومتر مربع معادل ۳۰/۲۸ درصد در پهنه کم‌خطر زلزله قرار دارد. همچنین ۷۴/۳۱ کیلومتر مربع از بخش بوستان شهرستان باشت در معرض خطر زیاد زلزله و ۲۶/۲۹ کیلومتر مربع معادل ۷/۶۹ درصد از بخش بوستان در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله قرار دارد (جدول ۷).

جدول ۷: مساحت و درصد طبقات خطر زلزله در بخش‌های شهرستان باشت

بخش	شدت	بدون خطر	خطر کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	جمع
بوستان	مساحت	۶۸/۲۷	۱۰۳/۸۲	۷۰/۱۳۹	۷۴/۳۱	۲۶/۲۹	۳۴۲/۸۳
	درصد	۱۹/۹۱	۳۰/۲۸	۲۰/۴۵	۲۱/۶۷	۷/۶۹	۱۰۰
مرکزی	مساحت	۸۱/۴۰	۱۷۹/۲۴	۲۰۳/۰۷	۱۵۸/۷۵	۷۲	۶۹۴/۴۹
	درصد	۱۱/۷۲	۲۵/۸۰	۲۹/۲۴	۲۲/۸۸	۱۰/۳۶	۱۰۰

از مساحت ۶۹۴/۴۹ کیلومتر مربع بخش مرکزی شهرستان باشت، ۸۱/۴۰ کیلومتر مربع معادل ۱۱ درصد در پهنه بدون خطر و ۱۷۹/۲۴ کیلومتر مربع معادل ۲۵/۸۰ درصد در پهنه کم‌خطر وقوع زلزله قرار دارد. همچنین ۱۵۸/۷۵ کیلومتر مربع از بخش مرکزی در پهنه پر خطر و ۷۲ کیلومتر مربع معادل ۱۰ درصد از بخش مرکزی شهرستان باشت در پهنه بسیار پرخطر قرار دارد (شکل ۳).



شکل ۳: پهنه‌بندی نهایی سکونتگاه‌های شهری و روستایی شهرستان باشت

همچنین نتایج حاصل از خطر زلزله نشان داد که شهر باشت بر روی پهنه با خطر بالا قرار دارد و محدوده‌های اطراف شهر باشت در پهنه‌های با خطر متوسط قرار دارد (جدول ۸).

جدول ۸: تحلیل فضایی خطر زلزله در نقاط شهری شهرستان باشت

نوع	شدت	سکونتگاه‌های شهری	جمعیت	نسبت جمعیت آسیب‌پذیر به‌کل جمعیت شهرستان
نقاط شهری	زیاد	باشت	۹۲۶۶	۴۴/۷۵

تحلیل فضایی میزان آسیب‌پذیری نقاط روستایی و آبادی‌های استقراریافته در شهرستان باشت نشان می‌دهد که ۵۶ روستا و آبادی معادل ۳۲/۹۴ درصد از آبادی‌ها و روستاهای شهرستان باشت در پهنه با خطر بالا، ۴۰ روستا و آبادی

معادل ۲۳/۵۲ درصد از روستاها و آبادی‌ها در پهنه با خطر زیاد، ۴۹ روستا و آبادی معادل ۲۸/۸۲ درصد در پهنه با خطر متوسط و همچنین ۱۹ روستا معادل ۱۱/۱۷ درصد از سکونتگاه‌های روستایی و آبادی‌ها در پهنه با خطر کم زلزله قرار دارد (جدول ۹).

جدول ۹: تحلیل فضایی خطر زلزله در نقاط روستایی و آبادی شهرستان باشت

نام	شدت خطر زلزله	تعداد سکونتگاه‌های روستایی	نسبت تعداد روستا و آبادی به‌کل روستاها
نقاط روستا و آبادی	بدون خطر	۶	۳/۵۲
	خطر کم	۱۹	۱۱/۱۷
	خطر متوسط	۴۹	۲۸/۸۲
	خطر زیاد	۴۰	۲۳/۵۲
	خطر خیلی زیاد	۵۶	۳۲/۹۴

برنامه‌ریزی راهبردی برای کاهش خسارت‌های جانی و مالی با استفاده از مدل WASPAS

در برنامه‌ریزی استراتژیک که به راهبردهای درونی و بیرونی برای کاهش خسارت‌های جانی و مالی اشاره دارد، به ابعاد مختلفی پرداخته می‌شود که از آن جمله می‌توان به برنامه‌ریزی برای کاهش پیامدهای مخرب ناشی از وقوع بلایا اشاره کرد. راهبردهای مختلفی وجود دارد که می‌توان با اتخاذ آن‌ها در فرآیند برنامه‌ریزی از پیامدهای مخرب بلایا و عوامل خطرآفرین به هنگام بروز بلایا و حوادث غیرمترقبه طبیعی کاست.

در ماتریس ارزیابی نقاط قوت، تراکم پایین جمعیت در سکونتگاه‌های شهری و روستایی، شهر باشت و شهرستان بیشترین وزن را به خود اختصاص داده است.

جدول ۱۰: نقاط قوت شهرستان

ردیف	نقاط قوت	λ	Q1	رتبه
۱	عدم برخورداری منطقه از حوادث بحرانی شدید مانند زلزله	۰/۶۹۸	۰/۲۱۲	۳
۲	قرارگیری بخش بسیار زیادی از شهرستان در پهنه با خطر کم	۰/۷۴۸	۰/۳۵۰	۲
۳	تراکم پایین جمعیت در سکونتگاه‌های شهری و روستایی شهر باشت و شهرستان	۰/۴۸۵	۰/۳۶۵	۱
۴	ارتفاع نسبتاً یکسان و کم واحدهای ساختمانی در بافت شهری باشت	۰/۸۶۵	۰/۱۹۸	۵
۵	وضعیت مناسب شیب و ارتفاع به‌خصوص در شهر باشت	۰/۹۲۰	۰/۱۱۰	۶
۶	مقاوم بودن صفحه‌ای زمین‌شناسی منطقه در برابر بحران‌های لرزه‌ای	۰/۲۳۰	۰/۲۶۳	۳

در ارزیابی نقاط ضعف، بیشترین و کمترین عوامل تأثیرگذار به‌ترتیب، مقاوم نبودن بسیاری از کاربری‌ها و ابنیه در مقابل زلزله و عدم توجه به آموزش‌های عمومی بحران زلزله بین شهروندان و روستاییان است.

جدول ۱۱: نقاط ضعف شهرستان

ردیف	نقاط ضعف	λ	Q1	رتبه
۱	بن‌بست بودن بسیاری از بافته‌ای شهری و روستایی و عدم دسترسی سواره به این بافت‌ها	۰/۸۹۰	۰/۲۲۰	۳
۲	مقاوم نبودن بسیاری از کاربری‌ها و ابنیه در مقابل زلزله	۰/۷۵۶	۰/۳۶۵	۱
۳	مجهز نبودن واحدهای مسکونی و ... به تجهیزات ایمنی مانند جعبه کمک‌های اولیه و سیستم اطفاء حریق	۰/۶۵۳	۰/۱۰۱	۵
۴	بالا بودن عمر ابنیه و فرسودگی واحدهای مسکونی و فرسوده بودن بافت‌های شهری و روستایی	۰/۶۹۵	۰/۳۲۱	۲
۵	عدم توجه به آموزش‌های عمومی بحران زلزله بین شهروندان و روستاییان	۰/۹۰۱	۰/۰۹۰	۶
۶	نبود برنامه یکپارچه و مدون برای توجه به نقشه راه شهرستان در مواقع بحرانی زلزله	۰/۶۵۳	۰/۱۸۳	۴

در ارزیابی نقاط فرصت، بیشترین و کمترین عوامل تأثیرگذار به‌ترتیب، اجرای برنامه‌های نوسازی و بهسازی و توجه ویژه به مدیریت بحران و افزایش آگاهی مردم در مورد مشارکت مدنی از طریق نهادهای ذی‌ربط در مورد اقدامات حین و بعد از بحران برای کاهش خسارت‌ها می‌باشد.

جدول ۱۲: نقاط فرصت شهرستان

ردیف	نقاط فرصت	λ	Q1	رتبه
۱	استفاده مناسب از فضاهای باز اطراف داخل شهر و درون روستاها	۰/۹۰۹	۰/۱۶۷	۴
۲	اجرای برنامه‌های نوسازی و بهسازی و توجه ویژه به مدیریت بحران	۰/۸۹۱	۰/۳۶۵	۱
۳	طراحی و استقرار پایگاه‌های هوایی برای امدادرسانی در مواقع بحران	۰/۵۸۰	۰/۲۵۰	۳
۴	افزایش آگاهی مردم در مورد مشارکت مدنی از طریق نهادهای ذی‌ربط در مورد اقدامات حین و بعد از بحران برای کاهش خسارت‌ها	۰/۶۹۵	۰/۱۳۰	۵
۵	ساماندهی فضاها و شریان‌هایی حیاطی برای استفاده در شرایط بحرانی	۰/۶۹۸	۰/۲۶۹	۲

در ارزیابی نقاط تهدید، بیشترین و کمترین عوامل تأثیرگذار عبارت‌اند از: قرارگیری خطوط گسل در درون منطقه با وزن ۰/۴۲۰ و عدم هماهنگی مناسب بین نهادهای مرتبط با بحران با وزن ۰/۲۲۳.

جدول ۱۳: نقاط تهدید شهرستان

ردیف	نقاط تهدید	λ	Q1	رتبه
۱	قرارگیری خطوط گسل در درون منطقه	۰/۸۷۰	۰/۴۲۰	۱
۲	عدم هماهنگی مناسب بین نهادهای مرتبط با بحران	۰/۴۴۵	۰/۲۲۳	۶
۳	ناکارآمد بودن شبکه ارتباطی و مشکل‌ساز بودن معابر کم‌عرض در هنگام شرایط بحرانی	۰/۵۶۳	۰/۳۰۲	۵
۴	قرارگیری شهر باشت در پهنه پرخطر	۰/۸۰۵	۰/۴۰۲	۲
۵	قرارگیری ۳۰ درصد از شهرستان در پهنه پرخطر	۰/۷۵۶	۰/۳۲۰	۴
۶	قرارگیری رودخانه‌های بسیاری در محدوده‌های شهرستان	۰/۹۸۶	۰/۳۹۸	۳

نتیجه‌گیری

مطالعات تکتونیکی و تاریخی زلزله در ایران نشان می‌دهد که زلزله‌های ویرانگر، در موارد بسیاری سبب خرابی و کشته شدن صدها و گاهی هزاران نفر شده است. در این میان شهرستان باشت و نقاط شهری و روستایی شهرستان

باشت به‌دلیل وجود خطوط گسل، عدم رعایت استانداردهای ساخت‌وساز، برخورداری از نقاط لرزه‌خیز و ...، ریسک بالایی در برابر خطر زلزله دارد. بنابراین، هدف از این پژوهش، شناسایی میزان آسیب‌پذیری نقاط شهری و روستایی شهرستان و بخش‌های شهرستان باشت در برابر خطر وقوع زلزله است. ازاین‌رو، نتایج حاصل از پژوهش نشان داد:

- ۱۵۰/۸۰ کیلومتر مربع از شهرستان باشت معادل ۱۴/۵۳ در پهنه بدون خطر و ۲۸۲/۲۵ کیلومتر مربع معادل ۲۷/۲۰ درصد در پهنه کم‌خطر قرار دارد.

- ۲۷۳/۲۹ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان باشت معادل ۲۶/۳۳ درصد در پهنه متوسط، ۲۳۳/۲۰ کیلومتر مربع معادل ۲۲/۴۷ درصد در پهنه زیاد وقوع خطر زلزله و همچنین ۹۸/۳۲۰ کیلومتر مربع از کل شهرستان معادل ۹/۴۷ در پهنه بسیار زیاد از خطر زلزله قرار دارد.

- شهر باشت بر روی پهنه با خطر بالای خطر زلزله قرار دارد و محدوده‌های اطراف شهر باشت در پهنه‌های با خطر متوسط قرار دارد.

- ۶۸/۲۷ کیلومتر مربع معادل ۱۹/۹۱ درصد از بخش بوستان شهرستان باشت در پهنه بدون خطر و ۱۰۳/۸۲ کیلومتر مربع معادل ۳۰/۲۸ درصد در پهنه کم‌خطر زلزله قرار دارد.

- ۷۴/۳۱ کیلومتر مربع از بخش بوستان شهرستان باشت در معرض خطر زیاد زلزله و ۲۶/۲۹ کیلومتر مربع معادل ۷/۶۹ درصد از بخش بوستان در پهنه با خطر بسیار بالای زلزله قرار دارد.

- ۸۱/۴۰ کیلومتر مربع معادل ۱۱ درصد از بخش مرکز شهرستان باشت در پهنه بدون خطر و ۱۷۹/۲۴ کیلومتر مربع معادل ۲۵/۸۰ درصد در پهنه کم‌خطر وقوع زلزله قرار دارد.

- ۱۵۸/۷۵ کیلومتر مربع از بخش مرکزی شهرستان در پهنه پرخطر و ۷۲ کیلومتر مربع معادل ۱۰ درصد از بخش مرکزی شهرستان باشت در پهنه بسیار پرخطر قرار دارد.

- ۵۶ روستا و آبادی معادل ۳۲/۹۴ درصد از آبادی‌ها و روستاهای شهرستان باشت در پهنه با خطر خیلی بالا و ۴۰ روستا و آبادی معادل ۲۳/۵۲ درصد از روستاها و آبادی‌ها در پهنه با خطر زیاد زلزله قرار دارد.

پیشنهادها

- ارزیابی ظرفیت باربری، نشست و تغییر شکل پی‌های سطحی و پی‌های عمیق و ارزیابی اندرکنش خاک - پی – سازه در پهنه‌های جغرافیایی شهرستان.

- استفاده از تجربه‌های موفق کشورهای پیشرفته زلزله‌خیز جهت مدیریت مطلوب بحران زلزله احتمالی در مناطق شهری و روستایی استان.

- انتقال سکونتگاه‌های روستایی واقع در مناطق با لرزه‌خیزی بالا و کم‌جمعیت به مراکز جمعیتی فاقد خطرپذیری و یا دارای شدت آسیب‌پذیری کم.

- برقراری سیستم هشدار و اخطاریه‌های به‌موقع در پس‌لرزه‌های قبل از زلزله.

- تجهیز فضاهای شهری و روستایی به امکانات اولیه امدادی (جعبه امداد، مدیریت بحران، ...) با توجه به خصوصیت-های جمعیتی، کالبدی و اقتصادی مراکز جمعیتی.

- تقویت نیروی انسانی متخصص و گروه‌های پژوهشی کارشناسی جهت مطالعه بلایای طبیعی در مسیرهای اصولی و صحیح و با درک همه‌جانبه از کلیه روابط علت و معلولی موجود.

- تمرکز خدمات و امکانات مرتبط با مدیریت حین و قبل از بحران در شهر باشت و بخش‌ها و مناطق آسیب‌پذیر در برابر زلزله.

- جلوگیری از استقرار، صدور مجوز و ممانعت از ساخت‌وساز بر روی گسل‌ها برای جلوگیری از خسارت جانی و مالی.

- دسترسی تمام سکونتگاه‌های شهری و روستایی به راه‌های ارتباطی و مراکز امدادرسان برای دسترسی سریع به مناطق بحرانی پس از وقوع زلزله.

- مکان‌یابی و توزیع متعادل مراکز خدمات رسان در موقع بحران ازجمله اورژانس و مراکز بهداشتی درمانی در تمام مراکز جمعیتی استان متناسب با پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در استان.

- نصب شتاب‌نگارها و حس‌گرهای مختلف در نقاط متعدد مستعد خطر زلزله جهت کشف لرزش‌های زمین و پیش‌بینی.

منابع

ابلقی، علیرضا. (۱۳۸۲). جایگاه مرمت ابنیه تاریخی در فرآیند مرمت شهری و تجارب سازمان عمران و بهسازی شهری در این زمینه. مجله هفت شهر، شماره ۱۷، صص ۴۳-۳۰.

سرور، هوشنگ؛ کاشانی اصل، امیر. (۱۳۹۵). ارزیابی آسیب‌پذیری کالبدی شهر اهر در برابر بحران زلزله. فصلنامه آمایش محیط، شماره ۳۴، صص ۱۰۸-۸۷.

عزیزی، محمدمهدی؛ اکبری، رضا. (۱۳۸۷). ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب‌پذیری شهرها از زلزله. نشریه هنرهای زیبا، شماره ۲، صص ۳۶-۲۵.

عسگری زاده، زهرا؛ رفیعیان، مجتبی؛ داداش پور، هاشم. (۱۳۹۴). بررسی و تحلیل مدل تجربی رفتارهای کاهش خطر زلزله خانوارهای شهر تهران. مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۴، شماره ۱۵، صص ۶۰-۳۹.

قنبری، ابوالفضل؛ ملکی، محمدعلی؛ قاسمی، معصومه. (۱۳۹۲). پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه (نمونه موردی: شهر تبریز). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، صص ۳۵-۲۱.

ملکی، سعید؛ مودت، الیاس. (۱۳۹۲). ارزیابی طیف آسیب‌پذیری لرزه‌ای در شهرها بر اساس سناریوهای شدت مختلف با استفاده GIS (پژوهش موردی: شهر یزد). جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۵، صص ۱۴۲-۱۲۷.

مهدوی نژاد، محمدجواد، جوانرودی، کامران. (۱۳۹۱). بررسی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در شبکه‌های ارتباطی تهران بزرگ (مطالعه موردی: خیابان ولی‌عصر شمالی تا چهارراه پارک‌وی). دو فصلنامه مدیریت بحران، شماره ۱، صص ۲۱-۱۳.

نوروزی، خدیجه؛ امیدوار، بابک؛ ملک محمدی، بهرام. (۱۳۹۲). تحلیل ریسک مخاطرات چندگانه شهری در اثر سیل و زلزله (مطالعه موردی: منطقه بیست تهران). مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۲، شماره ۷، صص ۶۸-۵۳.

پورخسروانی، محسن؛ مهرابی، علی؛ جهانشاهی، زهرا. (۱۳۹۷)، ارزیابی رابطه‌ی شاخص خطوارگی گسل‌ها با لرزه‌خیزی در محدوده‌ی خطوط ریلی استان هرمزگان، برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۸، شماره ۴، صص ۱۲۴-۱۱۱.

رنگزن، کاظم؛ کابلی زاده، مصطفی؛ کریمی، دانیا؛ نعیمی، ابراهیم. (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی خطرپذیری زلزله و مکان‌یابی مناطق امن در زمان مخاطرات طبیعی با استفاده الگوریتم‌های هوش مصنوعی و GIS (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری کلان‌شهر اهواز)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۷، شماره ۳، صص ۶۶-۴۹.

حسینی خواه، حسین؛ ضرابی، اصغر. (۱۳۹۸)، نقش مدل ترکیبی تصمیم‌گیری WASPAS در شناسایی پهنه‌های لرزه‌خیز (پژوهش موردی: مراکز جمعتی شهرستان بهمئی)، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دوره ۶، شماره ۲، صص ۱۶۴-۱۴۷.

کریمی، مرتضی؛ نجفی، اسماعیل. (۱۳۹۴)، ارزیابی خطر زلزله با استفاده مدل ترکیبی AHP-FUZZY در امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران)، برنامه‌ریزی شهری، دوره ۶، شماره ۲۰، صص ۳۴-۱۷.

نصیری، ابراهیم. (۱۳۹۷). تحلیل آسیب‌پذیری اجتماعی بافت‌های فرسوده شهری کلان‌شهر کرج در برابر بحران زلزله با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی: کرج کهن)، دوره ۱۲، شماره ۱، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، صص ۵۰-۳۱.

Cigna, F., Tapete, D (2021). Present-day land subsidence rates, surface faulting hazard and risk in Mexico City with 2014–2020 Sentinel-1 IW InSAR. Remote Sensing of Environment, Vol 253. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112161.

Deyasi, K., Abhijit, C., Anirban, B (2017). Network similarity and statistical analysis of earthquake seismic data, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol 478, 224–234. DOI: 10.1016/j.physa.2017.04.050.

Haitao, Liu., Dongqing, Z., Zhaoxia, G (2017). Comparison study on two post-earthquake rehabilitation and reconstruction modes in China. International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol 23, 119-130. -- https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.04.016.

Hosseinpour, F., Abdelnaby, A (2017). Fragility curves for RC frames under multiple earthquakes. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol 98, 222–234.

Huang, K., Shieh, J., Wu, H (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. Knowledge-Based Systems 2010, 277–282.

Ishrat, I., Naima, R., Mehedi, A (2015). GIS-based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city Bangladesh. International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 13.

Jena, R., et al (2021). Earthquake risk assessment in NE India using deep learning and geospatial analysis. Geoscience Frontiers, 12(3). https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.11.007.

Kayako, S., Honami, Y., Kenzo, T (2017). Living environment, health status, and perceived lack of social support among people living in temporary housing in Rikuzentakata City, Iwate, Japan. International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 21, 266–273.

Kreimer, A., Arnold, A., Carlin, A (2003). Building safer cities, The future of disaster risk, Disaster risk management series. The World Bank, Vol 3.

Lantada, N., Pujades, L (2008). Vulnerability Index and Capacity Spectrum based method for Urban Seismic Risk Evaluation. Natural Hazards, DOI:10.007/s11069-007-9212-4

Li, CW., Tzeng, G (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. Expert Systems with Applications, 36(6), 9891–9898.

Linares, R., Alejandra, R (2012). Panama Prepares the City of David for Earthquakes. Project highlights issue 9, Panama,1-4.

Qingyun, D., et al (2021). Linkage of deep lithospheric structures to intraplate earthquakes: A perspective from multi-source and multi-scale geophysical data in the South China Block. Earth Science Reviews, Vol 214. -- https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103504.

Tielin, L., Wei, Z (2017). Earthquake responses of near-fault building clusters in mountain cities considering viscoelasticity of earth medium and process of fault rupture. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 99, Pages 137–141.

Tucker, B (1994). Some remarks concerning worldwide urban earthquake hazard and earthquake hazard mitigation. Issues in Urban Earthquake Risk, Vol 271.

UN (2002). Johannesburg plan of implementation of the world summit on sustainable development, United Nations.

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

Wald, D., Kishor, J., Bausch, D (2011). Earthquake Impact Scale. Natural Hazards Review, VOL 12. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000040.

Zhou, Y., Leung, C (2017). The oscillatory tendency of interevent direction in earthquake sequences, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 478(15), 120-130.

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Ablaqi, Alireza (1382). The place of restoration of historical buildings in the process of urban restoration and the experiences of the Urban Development and Improvement Organization in this field. Haft Shahr Magazine, No. 17, pp. 43-30. [In Persian]
Asgarizadeh, Zahra; Rafieian, Mojtaba; Dadashpour, Hashem (1394). Investigation and analysis of an experimental model of earthquake risk reduction behaviors of households in Tehran. Journal of Natural Hazards, Volume 4, Number 15, pp. 60-39. [In Persian]
Azizi, Mohammad Mehdi; Akbari, Reza (1387). Urban planning considerations in measuring the vulnerability of cities to earthquakes. Journal of Fine Arts, No. 2, pp. 36-25. [In Persian]
Mahdavi Nejad, Mohammad Javad, Javanroudi, Kamran (1391). Investigation of Earthquake Vulnerability in Greater Tehran Communication Networks (Case Study: Valiasr St.) North to Parkway Crossroads). Two Quarterly Journal of Crisis Management, No. 1, pp. 21-13. [In Persian]
Maleki, Saeed; Maudat, Elias (1392). Evaluation of seismic vulnerability spectrum in cities based on different intensity scenarios using GIS (Case study: Yazd). Geography and Environmental Hazards, No. 5, pp. 142-127. [In Persian]
Nowruz, Khadijeh; Omidvar, Babak; Malek Mohammadi, Bahram (1392). Risk analysis of multiple urban hazards due to floods and earthquakes (Case study: District 20 of Tehran). Journal of Natural Environment Hazards, 2, No. 7, pp. 68-53. [In Persian]
Qanbari, Abolfazl; Maleki, Mohammad Ali; Qasemi, Masoumeh (1392). Zoning the degree of vulnerability of cities against the risk of earthquakes (Case study: Tabriz). Journal of Geography and Environmental Hazards, No. 5, pp. 35-21. [In Persian]
Sarvar, Houshang; Amir Kashani Asl (2015). Assessment of the physical vulnerability of Ahar city against earthquake crisis. Environmental Management Quarterly, No. 34, pp. 108-87. [In Persian]
Asiri, Ebrahim (1397), Social Vulnerability Analysis of Dilapidated Urban Tissues of Karaj Metropolis against Earthquake Crisis Using Victor Model (Case Study of Ancient Karaj), Volume 12, Number 1, Journal of Geography and Regional Planning, pp. 31-50. [In Persian]

References (in English)

Cigna, F., Tapete, D (2021). Present-day land subsidence rates, surface faulting hazard and risk in Mexico City with 2014–2020 Sentinel-1 IW InSAR. Remote Sensing of Environment, Vol 253. https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112161.
Deyasi, K., Abhijit, C., Anirban, B (2017). Network similarity and statistical analysis of earthquake seismic data, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol 478, 224–234. DOI: 10.1016/j.physa.2017.04.050.
Haitao, Liu., Dongqing, Z., Zhaoxia, G (2017). Comparison study on two post-earthquake rehabilitation and reconstruction modes in China. International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol 23, 119-130. -- https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.04.016.
Hosseinpour, F., Abdelnaby, A (2017). Fragility curves for RC frames under multiple earthquakes. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol 98, 222–234.
Huang, K., Shieh, J., Wu, H (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. Knowledge-Based Systems 2010, 277–282.
Ishrat, I., Naima, R., Mehedi, A (2015). GIS-based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city Bangladesh. International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 13.
Jena, R., et al (2021). Earthquake risk assessment in NE India using deep learning and geospatial analysis. Geoscience Frontiers, 12(3). https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.11.007.
Kayako, S., Honami, Y., Kenzo, T (2017). Living environment, health status, and perceived lack of social support among people living in temporary housing in Rikuzentakata City, Iwate, Japan. International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 21, 266–273.
Kreimer, A., Arnold, A., Carlin, A (2003). Building safer cities, The future of disaster risk, Disaster risk management series. The World Bank, Vol 3.
Lantada, N., Pujades, L (2008). Vulnerability Index and Capacity Spectrum based method for Urban Seismic Risk Evaluation. Natural Hazards, DOI:10.007/s11069-007-9212-4
Li, CW., Tzeng, G (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. Expert Systems with Applications, 36(6), 9891–9898.
Linares, R., Alejandra, R (2012). Panama Prepares the City of David for Earthquakes. Project highlights issue 9, Panama,1-4.
Qingyun, D., et al (2021). Linkage of deep lithospheric structures to intraplate earthquakes: A perspective from multi-source and multi-scale geophysical data in the South China Block. Earth Science Reviews, Vol 214. -- https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103504.
Tielin, L., Wei, Z (2017). Earthquake responses of near-fault building clusters in mountain cities considering viscoelasticity of earth medium and process of fault rupture. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 99, Pages 137–141.
Tucker, B (1994). Some remarks concerning worldwide urban earthquake hazard and earthquake hazard mitigation. Issues in Urban Earthquake Risk, Vol 271.

UN (2002). Johannesburg plan of implementation of the world summit on sustainable development, United Nations.
UNDP (2004). Reducing disaster risk, A challenge for development, A global Report, New York, Prevention and Recovery, NY 10017, USA: Bureau for Crisis.
Wald, D., Kishor, J., Bausch, D (2011). Earthquake Impact Scale. Natural Hazards Review, VOL 12. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000040.
Zhou, Y., Leung, C (2017). The oscillatory tendency of interevent direction in earthquake sequences, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 478(15), 120-130.