Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

The Application of KNN Algorithm in Optimizing Urban Land Use with an Emphasis on Earthquake Risk, Case study: Sanandaj City

shahrivar rostaei[2] | Rahim heydari chyaneh[3] | Ayoub zoghi[1]✉

1. Associate Professor, Faculty of Geography and Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran.
E-mail: srostaei@gmail.com
2. Associate Professor, Faculty of Geography and Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran.
E-mail: rheydari@tabrizu.ac.ir
3. Corresponding author, PhD in geography and urban planning, Faculty of Geography and Planning, Tabriz University, Tabriz, Iran. **E-mail:** ayoubzoghi.saghez@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2021/01/25
Received in revised
2021/02/22
Accepted
2021/02/26
Pre-Published
2021/05/12
Published online
2025/03/21

Keywords:
Urban Land Use Optimization,
Earthquake,
KNN Algorithm,
Urban Vulnerability,
Sanandaj

ABSTRACT

The occurrence of earthquakes and the resulting losses and damages have always presented a significant threat to urban areas, residents, and assets. Consequently, urban planners and city managers have been compelled to devise logical and scientific solutions to enhance the safety of cities. However, safeguarding cities against earthquakes cannot be accomplished solely by constructing strong buildings. It is crucial to also address urban vulnerability by optimizing the use of urban land. This study aims to identify the most suitable urban areas for the development of Sanandaj, with the objective of reducing its vulnerability. The K-Nearest Neighbors (KNN) method has been employed as a model, which has shown relatively high accuracy in evaluating the optimal land use in Sanandaj, with a specific focus on earthquake risk. The results of the model indicate that approximately 32% of the city's area is in an optimal condition. District 2, comprising 406 hectares (equivalent to 42.78%), and district 4, comprising 658 hectares (equivalent to 50.85%), offer favorable circumstances for the city's development, thereby reducing urban vulnerability and optimizing land use. However, the overall condition of the city is not conducive to optimality. Neighborhoods situated in districts 1 and 2 are particularly unsuitable due to high population and residential density, inadequate permeability, and poor adaptation of land use. The evaluation of the model yielded an area under the curve value of 0.951, indicating the satisfactory performance of the model in examining the subject matter.

Cite this article: Rostaei, Shahrivar, heydari chyaneh, Rahim & Zoghi, Ayoub. (2025). The Application of KNN Algorithm in Optimizing Urban Land Use with an Emphasis on Earthquake Risk, Case study: Sanandaj City. Journal of *Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (76), 126-143. DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.9

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.9

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

Extended Abstract

Introduction

Earthquakes are a hazard that, due to the specific geographical conditions of our country, have resulted in significant damages. Urban areas, particularly large cities, with their high population density, numerous buildings, and continuous physical development, are consistently exposed to considerable damage. As a result, it is essential to address the risks and damages associated with earthquakes not only during times of crisis, but also through proactive measures such as risk and damage modeling, strategic planning, and the implementation of effective policies. Natural disasters and hazards cannot be controlled, but with proper planning, hazards can be identified and their impact minimized . Risk, in this context, is influenced by various factors including the likelihood of different intensity earthquakes occurring in a specific location, the number of people and physical assets at risk, and the vulnerability level of individuals and assets. In earthquake-prone urban areas, risk and damage are determined by several factors such as ground shaking probability and slope. The population, housing, infrastructure, and social and economic activities in these areas are always at risk of being affected by the physical consequences of earthquakes.

Materials and Methods

The KNN method is considered to be one of the top 10 techniques in the field of data mining. This method relies on memory and does not require any model fitting . It functions as a decision rule for classifying instances, determining their class based on the nearest previously classified instances . Moreover, it can assign unknown points to a class by considering their nearest neighbor, whose class has already been determined. This rule finds wide applications in pattern recognition, text classification, ranking models, and object and event detection (Bhagat and Vandana, 2010: 302). The KNN method entails the utilization of both a training set and a test set It has been studied extensively as a learning algorithm within the realm of pattern recognition for several decades.

Results and Discussion

Urban land use planning is a crucial and effective strategy for mitigating casualties and damages caused by earthquakes. The optimization of urban land use involves various factors such as the distribution of urban activities, prioritization of activities, population and residential density, adherence to standards, urban development along low-risk axes, prevention of construction in fault zones, compatibility between different land uses, and the creation of urban open spaces. By considering these factors, the city and its inhabitants can minimize damage and casualties during an earthquake. Therefore, it is essential to identify and analyze various criteria and variables related to urban land use planning in order to reduce vulnerability and optimize urban land. This research aims to optimize urban land use planning and identify optimal zones for the development of urban land uses, with the

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

objective of reducing urban vulnerability. The results indicate that zones 1 and 2 of Sanandaj Municipality have suboptimal land conditions. These zones are of significant importance in terms of planning for the management of optimal urban land uses due to their high population and residential density, as well as the compactness of urban spaces and land uses. Specifically, 2 hectares of zone 1 and 20 hectares of zone 2 are in a completely unfavorable condition in terms of optimality. Additionally, 247 hectares (equivalent to 23.7%) of zone 1 and 216 hectares (equivalent to 22.77%) of zone 2 are in an unfavorable condition. These areas coincide with regions characterized by very high residential and population densities, which are inefficient in the event of a hazard due to inappropriate land use adjacency and the impact of activities on each other.

Conclusion

This study has assessed the optimal utilization of urban land by employing the KNN model and conducting a comprehensive evaluation based on criteria aimed at mitigating urban vulnerability. The findings of the model indicate that municipal districts 2 and 4, situated in the southern, eastern, and southeastern parts of the city, offer more favorable conditions for optimal urban land use compared to other areas. Expanding the city into these regions would not only reduce vulnerability but also optimize land use, enhance urban open spaces, and alleviate population density in high-risk areas. The final map clearly demonstrates a decline in urban land use efficiency from the south towards the northern sections of the city, necessitating further research and analysis. To optimize urban land use in areas with a significant proportion of damage in Sanandaj, several factors should be taken into account. These factors encompass reducing population and residential density, strategically locating land uses based on natural, physical, and socio-economic criteria, establishing commercial centers in different parts of the city while decentralizing the central commercial core, achieving harmony in terms of form, activity, and spaces, considering technical and implementation aspects when constructing buildings, appropriately siting emergency centers for prompt response in times of danger, and improving roadinfrastructure. According to the research findings, directing urban development towards the southern parts of the city can minimize urban vulnerability. Relevant organizations and agencies should also contemplate developing local and thematic plans concerning earthquakes and optimizing land use to mitigate urban damage. Further investigations disclose that, aside from the northwest fault and physical criteria, socio-economic and other natural criteria do not exhibit optimal conditions in the northern neighborhoods. This underscores the necessity for a comprehensive examination of various criteria. In this study, we have endeavored to obtain more objective outcomes by adopting this approach and scrutinizing various facets. This can contribute to ensuring the safety of urban spaces before a disaster strikes and, in the event of an incident, provide the opportunity to make prompt and well-informed decisions to minimize damages.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۲۲۲۸-۷۷۳۶ شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۵۱۳۸
https://jgs.khu.ac.ir/

کاربرد الگوریتم KNN در بهینه سازی کاربری اراضی شهری با تأکید بر خطر زلزله نمونه موردی: شهر سنندج

شهریور روستایی[۲]، رحیم حیدری چیانه[۳]، ایوب ذوقی[۱]✉

۱. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: srostaei@gmail.com
۲. دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: rheydari@tabrizu.ac.ir
۳. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: ayoubzoghi.saghez@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۱۱/۰۶
تاریخ بازنگری:
۱۳۹۹/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۲/۰۸
تاریخ پیش انتشار:
۱۳۹۹/۰۲/۲۲
تاریخ انتشارآنلاین:
۱۴۰۴/۰۱/۰۱

کلیدواژه‌ها:
بهینه سازی کاربری اراضی شهری،
زلزله،
الگوریتم KNN،
آسیب پذیری شهری،
سنندج

چکیده

وقوع زلزله و تلفات و آسیب های ناشی از آن همواره به عنوان تهدیدی جدی برای شهر، ساکنان شهرها و دارایی های آنان، برنامه ریزان و مدیران شهری را بر آن داشته، تا با ارایه راه حل های منطقی و علمی به ایمن سازی شهرها مبادرت ورزند. ایمن سازی شهر در مقابل زلزله فقط با ایجاد سازه های مستحکم عملی نخواهد شد و باید با بهینه سازی کاربری اراضی شهری در مسیر کاهش آسیب پذیری شهری گام برداشت. هدف از این پژوهش تعیین پهنه های بهینه شهری به منظور توسعه شهر با هدف کاهش آسیب پذیری شهر سنندج می باشد. بدین منظور از روش KNN به عنوان یک مدل با دقت نسبتاً بالا جهت ارزیابی کاربری اراضی بهینه شهر سنندج با تأکید بر خطر زلزله استفاده شده است. آنچه از خروجی مدل به دست آمده نشان می دهد که حدود ۳۲ درصد از مساحت شهر در وضعیت بهینه قرار گرفته و منطقه ۲ با ۴۲.۷۸ درصد معادل ۴۰۶ هکتار و منطقه ۴ با ۵۰.۸۵ درصد معادل ۶۵۸ هکتار شرایط بهینه ای را برای توسعه شهر در راستای کاهش آسیب پذیری شهری و افزایش بهینگی کاربری های شهری ارایه می دهند. وضعیت کلی شهر از لحاظ بهینگی مناسب نبوده و محلات واقع در مناطق ۱ و ۲ با توجه به تراکم بالای جمعیتی و مسکونی، نفوذپذیری بسیار پایین و سازگاری پایین کاربری ها، در وضعیت نامناسب و بسیار نامناسب قرار دارند. در ارزیابی مدل، مقدار سطح زیر منحنی عدد ۰.۹۵۱ به دست آمده، که حاکی از عملکرد بسیار مطلوب مدل در بررسی موضوع است.

استناد: روستایی، شهریور؛ حیدری چیانه، رحیم، ذوقی، ایوب. (۱۴۰۴). کاربرد الگوریتم KNN در بهینه سازی کاربری اراضی شهری با تأکید بر خطر زلزله نمونه موردی: شهر سنندج. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۲۵ (۷۶)، ۱۴۳-۱۲۶.
http://dx.doi.org/10.61186/jgs.25.76.9

CC BY NC

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.
© نویسندگان.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

مقدمه

زلزله یکی از خطراتی است که به واسطه شرایط خاص جغرافیایی، کشور ما را در معرض آسیب های فراوانی قرار داده است. فضاهای شهری و بخصوص شهرهای بزرگ به دلیل تراکم بالای انسان و ساختمان ها و توسعه روزافزون کالبدی، پیوسته در معرض آسیب های بسیاری قرار دارند. از این رو خطرات و آسیب های ناشی از آن نباید فقط در مواقع بحران پاسخ داده شوند و لازم است که با برنامه ریزی و مدل سازی خطرات و آسیب ها و نهایتاً سیاست های اصولی، در راستای کاهش آن گام برداشت. بلایای طبیعی و خطرات قابل کنترل نیستند و باید خطرات را پیش از وقوع شناخت و با برنامه ریزی های اصولی آن ها را به حداقل رساند (شاهدی، ۱۳۹۴: ۴). خطر تابعی از احتمال وقوع خطرات با شدت های مختلف در یک مکان خاص، افراد و دارایی های فیزیکی در معرض و سطح آسیب پذیری افراد و دارایی هاست. در یک منطقه شهری مستعد زلزله، خطر و آسیب تابعی از عوامل مختلفی از جمله احتمال لرزش زمین، شیب و غیره می باشد. جمعیت، مسکن، زیرساخت ها و فعالیت های اجتماعی و اقتصادی همواره در معرض اثرات فیزیکی زلزله قرار دارد. سطح آسیب پذیری شهری ناشی از خصوصیات فیزیکی ساختمان ها و زیرساخت ها (آسیب پذیری مسکونی، ارتفاع، چیدمان، قدمت، مجاورت و مصالح به کار رفته در ساختمان ها، رعایت استانداردها و آیین نامه های زلزله) و همچنین شرایط اجتماعی – اقتصادی (سطح فقر، اشتغال و معیشت، جنسیت، امنیت، نوع مالکیت زمین و غیره) می باشد (بانک توسعه آسیایی، ۲۰۱۶: ۱۵). تأثیر خطرات طبیعی مانند زمین لرزه بر روی بشر طی دهه های اخیر به طور چشمگیری افزایش یافته است. کاهش خطرات نیازمند دانش و شناخت دقیق خطرات است. بنابراین، بایستی آسیب پذیری لرزه ای محیط ساخته شده ارزیابی گردد. به طور خاص، داشتن اطلاعات در مورد وضعیت موجود سازه ها و رفتار آنها با توجه به سطح خاصی از لرزش، بسیار مهم است (گس و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۹۱۳). تمرکز بالای جمعیت در مناطق شهری، احتمال بحران ها و خطرات شهری را افزایش می دهد. در این راستا برنامه ریزان شهری در تلاش اند تا الگوی مناسبی برای اختصاص زمین به کاربری های شهری و مکان یابی بهینه کاربری ها جهت بهبود ایمنی و رفاه ساکنان مناطق شهری و تأمین زندگی بهتر در آن ارائه دهند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۹: ۷۳).

شهر پدیده ای اجتماعی، انسانی، فرهنگی، اقتصادی و کالبدی است. وجه کالبدی تنها یکی از وجوه شهر است و ساختمان ها تنها بخشی از عناصر کالبدی محسوب می شوند. لذا نمی توان شهر را در مجموعه ساختمان ها منحصر دانست. به همین دلیل ایمن سازی شهر در برابر زلزله را نمی توان صرفاً در مقاوم سازی و ساختن بناهای مقاوم در برابر زلزله دانست (دلاویز، ۱۳۹۴: ۱۲). بنابراین فراهم کردن شرایطی که در آن شهرها آمادگی مقابله با زلزله را داشته باشند بسیار الزامی است. اینکه شهرها تاچه حدی برای مدیریت شرایط اضطراری و پیچیده آماده اند و سرعت انطباق آنها در برابر چالش های پیش رو کارایی و اثربخشی واکنش مرحله پس از فاجعه را تعیین می کند. نکته اساسی در این امر، مدیریت فاجعه (دالی و همکاران، ۲۰۱۷: ۴۰۴) و بهینه سازی کاربری اراضی شهری به منظور انطباق شهرها و واکنش سریع در زمان بحران است. بهینه‌سازی به تلاش برای رساندن آنچه که با آن سر و کار داریم به سمت وضعیت نهایی، یعنی مطلوب آن اشاره دارد (نیکلاس و همکاران، ۲۰۲۰: ۳). در مکان یابی و مکان گزینی، افراد و توسعه دهندگان به دنبال انتخاب بهینه هستند. قرار دادن کاربریهای مناسب کنار هم و انتخاب پهنه های مناسب جهت توسعه آتی شهر برای اینکه بهترین شرایط در مواقع ضرورت به دست آید، نیز انتخاب بهینه است.

بهینه سازی فرایند جستجو برای یک مشکل خاص با توجه به شرایط خاص آن مشکل است. و به یافتن فرایندی از مقادیر بهینه برای یک شبکه پارامتر معین با استفاده از تمام مقادیر امکان پذیر برای بیشینه سازی یا کمینه سازی خروجی شبکه اشاره دارد. هدف از بهینه سازی کشف بهترین پاسخ عملی با در نظر گرفتن محدودیت های مسئله است. وجود مشکلات پیچیده علمی و مهندسی مسئله، منجر به استفاده از روش های بهینه سازی برای حل مسئله مورد نظر می شود. برای انجام یک فرایند بهینه سازی، گام نخست شناخت درست و سپس مدل نمودن مسأله است. به عبارت دیگر باید مسأله را از جهان واقعی اخذ و با پارامترها و نمادهای ریاضی نشان داد. البته باید توجه نمود که استفاده از مدل برای یک مسأله واقعی فرآیندی ساده نمی باشد. در خلال فرآیند ساخت مدل و در مراحل مختلف آن ممکن است ایده های قبلی اصلاح شده

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

یا بهبود یابد. همانگونه که همیلتون مطرح نموده، در روش واقع بینانه ساخت مدل باید تکراری و مکرر باشد (همیلتون، ۱۹۶۹ به نقل از حسینعلی، ۱۳۹۱: ۳۸). هدف از بهینه سازی یافتن یک جواب قابل قبول، با توجه به محدودیت و نیاز مسئله است. در تعیین جواب یک مسئله، ممکن است جواب‌های مختلفی برای آن وجود داشته باشد. در بهینه سازی با مدل هایی روبرو هستیم که یک یا چند هدف را دنبال می کنند و باید از میان پارامترهای متعددی که مقدار هدف به آنها وابسته است، مقادیری را یافت که هدف را بهینه نمایند. این صورت کلی، مسائل متعددی را شامل می شود که در حوزه های مختلف علم واقع شده اند (حسینعلی، ۱۳۹۱: ۴۰). رویکرد جوامع پیشرفته در رویارویی با خطرات بر اساس شناخت، پیشگیری، برنامه ریزی و ارائه راهکارهای مناسب می باشد. ارزش گذاری و بررسی مراحل فوق در بازه ی زمانی قبل از بحران، به مراتب از اهمیت بیشتری نسبت به اقدامات صورت گرفته پس از بحران برخوردار است (مقیمی و همکار، ۱۳۹۸: ۷۲). اینجاست که بهینه سازی کاربری اراضی جهت کاهش آسیب پذیری و مدل سازی آسیب پذیری اهمیت و ضرورت می یابد. در دهه های اخیر به واسطه توسعه شهرنشینی و افزایش جمعیت شهرها، تراکم مسکونی، گسترش بی رویه و غیرقانونی ساخت و سازهای شهری و عدم رعایت آیین نامه ها و استانداردهای زلزله، آسیب ها و لطمات فراوانی بر پیکره شهرها وارد آمده و به همین منظور مطالعات فراوانی در زمینه آسیب پذیری و انتخاب مکان های بهینه صورت گرفته است. امیر احمدی و همکاران (۱۳۹۳)، در پژوهشی به بررسی کاربرد برنامه‌ریزی کاربری اراضی در افزایش تاب‌آوری شهری در برابر زلزله با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی در شهر سبزوار پرداختند. نتایج نشان می دهد تمرکز بالای کاربری‌های مقیاس شهری و فراتر فشار مضاعفی را بر ناحیه وارد می‌سازد و با توسعه شهر به سمت اطراف معیارها از وضعیت بهتری برخوردار می گردد. درودی (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زلزله با توجه به ساختار شهری، در راستای پاسخگویی به این سؤال که شهرسازی چه نقشی می‌تواند در کاهش خسارت‌های زلزله در شهر داشته باشد؟ به تحلیل شبکه مطلوب شهر پایدار و ایمن و عوامل و عناصر شکل‌دهنده این شهر مانند فرم، ساختار، تراکم، کاربری، مکان‌یابی شهر و... می‌پردازد. آفریدی و همکاران (۱۳۹۰)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی کاربری زمین شهری با توجه به خطرات زلزله در ناحیه ۴ منطقه ۲۰ تهران با هدف پیشگیری و تاب‌آوری در برابر زلزله به ارزیابی کاربری اراضی شهری پرداخته و استراتژی برنامه‌ریزی کاربری اراضی در معرض خطر را به عنوان رویکرد بلند مدت کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای و تاب‌آوری در کلان‌شهرها نشان داده‌اند. ملکی (۱۳۸۹)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود با عنوان بهینه‌سازی کاربری اراضی با تأکید بر پدافند غیرعامل و نقش راهبردی آن در برنامه‌ریزی شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی: سنندج با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به بررسی پدافند غیرعامل شهر سنندج از منظر کاربری اراضی شهری پرداخته و ضمن بررسی سازگاری میان کاربری‌های مرتبط با موضوع به نحوه چینش و محل تجمیع آن‌ها پرداخته است. در پژوهشی دیگر، صفرزاده رامهرمزی و همکاران (۱۳۹۶)، اقدام به بهینه سازی چند هدفه تخصیص کاربری اراضی شهری به وسیله الگوریتم های فرا ابتکاری و شاخص های مکانی در شهر تهران نموده اند. نتایج مدل سازی نشان می دهد، شاخص های مکانی به خوبی از قابلیت محاسبه و پیش بینی ساختار و الگوی مکانی توسعه شهری برخوردار بوده و تصمیم گیرنده قادر خواهد بود تصمیم بهتر و قابل اطمینان تری با توجه به ساختار و الگوی مکانی توسعه شهر اتخاذ نماید. معتمد و همکاران (۲۰۱۲)، در پژوهشی با عنوان بکارگیری یک مدل حساس به خطر جهت تخصیص کاربری اراضی از مدل MIQP برای یافتن یک الگوی تخصیص کاربری زمین بهینه برای یک محیط شهری پرداخته اند. آنچه به دست آمده نشان می دهد، مدل پیشنهادی می تواند به برنامه ریزان کمک کند تا با تخصیص آگاهانه زمین در برنامه ریزی شهرک های جدید شهری یا بهبود مناطق شهری موجود که در آنها تغییر نوع استفاده از زمین ممکن است هزینه هایی را داشته باشد، کمک کند. سرافیم و همکاران (۲۰۰۳)، در پژوهشی تحت عنوان بکارگیری مدل چند معیاره فازی در برنامه ریزی کاربری اراضی بعد از زلزله در تایوان مرکزی به این نتیجه رسیدند، که مدل چند معیاره فازی جهت تجزیه و تحلیل استراتژی های استفاده از زمین برای کاهش هزینه های اجتماعی و اقتصادی در آینده مناطق ایجاد و تأثیر بسزایی دارد و تأکید نمودند که رویکردهای سنتی برای ارزیابی گزینه ها با عدم قطعیت مشخص می شوند و معمولاً غیر دقیق هستند.

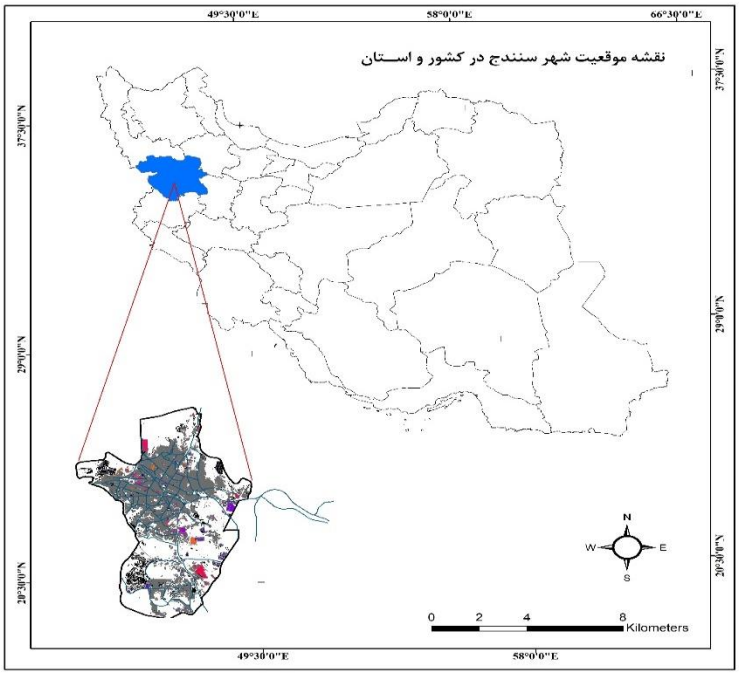
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

با توجه به وجود چندین گسل در مجاورت و اطراف شهر سنندج و اهمیت تحلیل لرزه زایی شهر، توجه به آسیب های کالبدی، اجتماعی، اقتصادی، روانی و... ناشی از بحرانها و همچنین ضرورت بکارگیری ابزارهای جدید، پژوهش حاضر در پی آنست تا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و الگوریتم طبقه بندی k نزدیکترین همسایگی به ارزیابی، تحلیل و بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج در برابر خطر زلزله بپردازد. در زمینه ارزیابی خطر زلزله و موضوع آسیب پذیری و بهینه سازی پژوهش های بسیاری صورت گرفته است، آنچه باعث تمایز این پژوهش با سایر پژوهش هاست، استفاده از روش k نزدیکترین همسایگی است که جزو ۱۰ روش برتر داده کاوی است (موچرینو و همکاران، ۲۰۰۹)، از دقت بالایی برخوردار بوده و تاکنون در تحقیقات مرتبط قبلی مورد استفاده قرار نگرفته است.

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

شهر سنندج مرکز استان کردستان در موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۱۵ درجه از طول غربی نصف النهار تهران قرار دارد (شکل ۱). کوه های آبیدر و کوچکه ره ش(سنگ سیاه) که از انشعابات سلسله جبال زاگرس می باشند، در سمت جنوب غربی و شمال شرقی شهر قرار گرفته اند. قسمت هایی از شهر بر فراز تپه های متعدد قرار دارند و بعضی از قسمت های دیگر شهر نیز در حواشی و عمق دره ها واقع شده است (طرح توسعه و عمران شهر سنندج، جلد ۳: ۲۶). سنندج در دو زون لرزه زمین ساختی سنندج – سیرجان و زاگرس قرار گرفته است که برخی از پژوهشگران هر دو زون را در پیوند با یکدیگر دانسته اند. بر اساس نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه در منطقه زاگرس سنندج در پهنه خطر نسبی پایین تا متوسط قرار دارد و احتمال وقوع زلزله های ویرانگر در آن کم می باشد. در مجموع حداکثر شدت نواحی تحت فشار منطقه در سنندج بین ۶ تا ۷ درجه مرکالی در تغییر می باشد. در حالیکه در برخی نواحی شهرستان این میزان تا حدود ۱۰ درجه مرکالی نیز احتمال وقوع زلزله را داراست. در کل قطعه، دوره وقوع مکرر زلزله هایی با بزرگی ۶، ۶.۵ و ۷ درجه ریشتر به ترتیب ۱۳، ۲۴ و ۹۳ سال می شود. لذا احتمال اعمال شدتهایی با ۸ و ۹ درجه مرکالی در نواحی پیرامونی آن امکان پذیر است (طرح توسعه و عمران شهر سنندج، جلد ۱: ۴۴). با توجه به کوهستانی بودن منطقه، از لحاظ توسعه فیزیکی، این شهر با تنگناهایی روبروست و به تبع آن برنامه ریزی و امدادرسانی در مواقع بحران با مشکلاتی همراه خواهد بود.



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی شهر سنندج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

روش بررسی

روش KNN جزو ۱۰ روش برتر در داده کاوی است، این روش وابسته به حافظه بوده و نیاز به هیچ مدلی برای برازش کردن ندارد (موسوی شیری و همکاران، ۱۳۹۲: ۵۴). این روش یک قاعده تصمیم گیری برای دسته بندی نمونه هاست، که نمونه ها را توسط نزدیک ترین آنها و نمونه های دسته بندی شده پیشین دسته بندی می کند (کاور و هارت، ۱۹۶۷: ۲۱) و دسته ی نقاط ناشناخته را بر اساس نزدیکترین همسایه خود که کلاس آن قبلاً مشخص گردیده، تعیین می کند. این قانون به طور گسترده در برنامه های تشخیص الگو، طبقه بندی متن، مدل های رتبه بندی، تشخیص شیء و رویدادها استفاده می گردد (بهاتیا و واندانا، ۲۰۱۰: ۳۰۲). در این روش ورودی ها یک مجموعه آموزشی و یک مجموعه آزمون است (هاشمی نژاد و همکار، ۱۳۹۶: ۲۷). و به عنوان یک الگوریتم یادگیری که در روش بازشناسی طی چندین دهه مطالعه گردیده است، K همسایه نزدیک در میان پیکسل های آموزشی بر اساس یک معیار شباهت پیدا کرده و کلاس های این K همسایه را بر اساس فراوانی آنها انتخاب می کند (لاله زاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۹۸). مشخص کردن تعداد همسایه ها یک مشکل در روش KNN است، که برای مشخص کردن آن باید آزمایشاتی با مقادیر مختلف K انجام پذیرد، تا بهترین مقدار برای K تعیین گردد (لاله زاری و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۹۹). در این پژوهش از روش طبقه بندی برای پیدا کردن مقدار بهینه K و درنهایت مشخص کردن کاربری اراضی بهینه شهری استفاده گردیده است.

مجموعه آموزشی از n زوج $(x'_1, \theta_i), (x'_2, \theta_i), \dots, (x'_n, \theta_i)$ تشکیل یافته که x_n مقادیر یک متغییر بر حسب یک فضای متریک و θ_i دسته های مختلف برچسب ها برای هر جفت هستند. هر θ_i در مجموعه $\{1,2.3, \dots, M\}$ جای می گیرد که M تعداد کل برچسب ها را نشان می دهد.

مجموعه آزمون n' المان $x'_1, x'_2, \dots, x'_n$ دارد و هدف دسته بندی هر یک المان ها و به دست آوردن n زوج جدید به صورت $(x'_1, \theta_i), (x'_2, \theta_i), \dots, (x'_n, \theta_i)$ هست.

در اینجا باید مقدار K که معرف تعداد نزدیک ترین همسایه هاست انتخاب شود. این انتخاب روی تعداد نمونه هایی که برای برچسب گذاری مجموعه آزمون در نظر گرفته می شود، تأثیر می گذارد.

می توان روش K نزدیک ترین همسایه را در چند گام خلاصه کرد:

۱- سازمان دهی یک مجموعه آموزشی با مقادیر متغیر x_j و برچسب های مربوطه θ_i

۲- سازمان دهی مجموعه آزمون با مقادیر متغیر x'_j و بدون هیچ گونه برچسبی

۳- در نظر گرفتن یک مقدار برای k

۴- تکرار این مراحل برای هر x'_j:

- از یک تابع متریک d برای تعیین نزدیک ترین نمونه از x'_j در مجموعه آموزشی استفاده شود؛

یعنی $x_j = \min(d(x'_j, x_j))$ به صورت خاص برای فاصله اقلیدسی $d_E(x_j, x'_j) = \sqrt{X_j^2 - (X'_j)^2}$ انتخاب می شود.

- x_j را از مجموعه آموزشی حذف و این مرحله تا حذف K نمونه از مجموعهآموزشی تکرار می شود.
- برچسب های θ_i از نمونه های حذف شده تحلیل و برچسب های مکرر بیشتری به x'_j تخصیص داده شود.

۵- n' زوج، $(x'_1, \theta_i), (x'_2, \theta_i), \dots, (x'_n, \theta_i)$ را بر پایه روند بالا ایجاد شود (هاشمی نژاد و همکار، ۱۳۹۶: ۲۷).

آنچه در انتخاب یک مدل جهت تحلیل و بررسی موضوع مهم است، این است که چه مدلی با چه ویژگیهایی مناسب است، مدلی که دارای صحت بالاست؟ یا مدلی که ویژگی و حساسیت آن بالاست؟ برای این منظور از منحنی ROC که

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

روشی برای آشکارسازی میزان کارایی یک دسته بندی کننده در زمینه رعایت توازن بین میزان حساسیت و تشخیص می باشد (کیانی و همکار، ۱۳۹۱: ۱۰۳)، استفاده گردیده است.

بحث

جهت اجرای مدل و مشخص شدن پهنه های بهینه شهر کاربری اراضی ، ابتدا عوامل تأثیرگذار و معیارها شناسایی گردید. معیارها متشکل از معیارهای اجتماعی- اقتصادی، کالبدی و طبیعی و ۲۸ زیر معیار (شکل های ۳ تا ۷) در محیط نرم افزار ArcGIS 10.7 آماده سازی، استاندارد سازی و وزن گذاری شد. از روش Hold Out Validation جهت تقسیم داده های آموزشی و ارزیابی مدل استفاده گردید. بدین ترتیب که ۷۰٪ داده ها برای آموزش و ۳۰٪ دیگر برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار می گیرد (رضائی نوائی، ۱۳۹۵: ۶۴۵). سپس با استفاده از الگوریتم KNN لایه ها ترکیب و در نهایت نقشه نهایی (شکل ۸) به دست آمده، در محیط ArcGIS طبقه بندی و آماده سازی گردید. نقشه تولید شده نهایی نشان دهنده کاربری اراضی بهینه شهر سنندج با تأکید بر خطر زلزله است. علاوه بر این نقاط نامناسب و آسیب پذیر نیز مشخص گردیده است. در پایان با استفاده از منحنی ROC و ۳۰٪ دادهای ارزیابی که ابتدا تهیه شده، مدل مورد استفاده ارزیابی و راستی آزمایی گردید. همانگونه که گفته شد، جهت اجرای مدل و تهیه نقشه نهایی معیارها و زیرمعیارهای مختلفی به شرح زیر مورد استفاده قرار گرفت:

معیارهای طبیعی

معیارهای طبیعی از مهم ترین معیارها در بحث ارزیابی خطر زلزله و بهینه سازی اراضی شهری است که در این پژوهش معیارهای شیب، سطح ایستایی آب، زمین شناسی و فاصله از گسل در نظر گرفته شده است (شکل ۶). به دلیل اینکه شیب بیش تر از ۹ درصد از لحاظ شهرسازی بهینه نیست، از لحاظ بهینه سازی کاربری های اراضی شهری و کاهش آسیب پذیری شهرها نیز شیب بسیار مهم بوده و عدم رعایت این مورد می تواند خسارت های جبران ناپذیری را بر پیکره شهرها تحمیل کند. در یک نگاه کلی قسمت های جنوب شرقی شهر و محلات مرکزی شامل قرادیان، بهاران، اداره پست، شهرک پیام، زندان، ناوجار، چهارباغ، تپه روسی، ادب، شهرک شهرداری، شهدا، ظفریه و روستای دگران از لحاظ شیب عمومی شرایط بهتری را جهت توسعه شهری با لحاظ نمودن میزان آسیب های ناشی از زلزله و بهینه سازی کاربری های شهری داراست. از لحاظ زمین شناختی، بر اساس زلزله های پیشین و همچنین علل و عوامل موثر بر وقوع زلزله آنچه به دست آمده نشان می دهد که میزان آسیب ها تا حد بسیار زیادی به ساخت زمین محل سازه دارد (خانلری، ۱۳۹۵: ۲۹۸). از لحاظ زمین شناسی شهر وضعیت بهینه ای ندارد و اکثریت قسمت های شهر در حالت بهینگی متوسط، نامناسب و کاملاً نامناسب می باشد. بر اساس فاصله از گسل، انتخاب مکان جهت گسترش فیزیکی شهر از موارد بسیار ضروری می باشد، چون هرچه میزان خطر بیشتر باشد، به تبع آن تلفات نیز بیشتر است. از لحاظ نزدیکی به گسل قسمت های شمال غربی شهر به علت عبور گسل از آن و جنوب شهر به علت نزدیکی به گسل جنوبی در شرایط مناسبی به سر نمی برند. شدت این امر در شمال غربی شهر، به علت وجود پادگان های نظامی و تراکم جمعیتی و مسکونی بالا، بیشتر است و بر شدت موضوع افزوده است. گسل جنوبی با فاصله از شهر بوده و در این مناطق تراکم جمعیتی و مسکونی پایین می باشد. همچنین وجود ساختمان های مستحکم و استاندارد از خصوصیات قسمت های جنوبی شهر است، که تا حدود بسیاری بر این محدودیت طبیعی غلبه کرده است. این موضوع هرچند مناسب است، اما ناکافی می باشد و باید تا حد امکان از ساخت و ساز در نزدیکی و حریم گسل ها امتناع ورزید. بر اساس لایه سطح ایستایی آب های زیرزمینی، وجود آب در خاک روی خواص مهندسی خاک ها تأثیر زیادی دارد. زمانی که زلزله روی می دهد، با توجه به وجود آب، در خاک تنش ایجاد می گردد. در این بین فقط اجزاء و دانه های خاک در مقابل تغییر شکل و شکست مقاومت می نمایند و آب بین منفذی عملاً مقاومتی نداشته و به صورت بی اثر عمل می نماید (لطفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳). از لحاظ سطح ایستایی آب قسمت های مرکزی و همچنین جنوب شرقی شهر، شرایط بهینه تری ارائه می دهد

معیارهای اجتماعی - اقتصادی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

جمعیت رکن اصلی تمامی طرح ها و برنامه هاست و هرگونه تصمیم گیری بر اساس میزان و تراکم جمعیت در حال و آینده صورت می گیرد. در مورد زلزله و آسیب پذیری شهرها و همچنین بحث بهینه سازی کاربری اراضی شهری نیز جمعیت ساکن نقش اساسی ایفا می کند و شاخصی است که مشخص کننده بار جمعیتی در زمان وقوع زلزله است. بنابراین هر اندازه تراکم جمعیت و خانوار ساکن و ساختمان های مسکونی بیشتر باشد میزان آسیب ها بالا رفته و سرعت خدمات رسانی و امداد پایین تر می آید و بالعکس. در بررسی شاخص های فوق، اصل بر کاهش تراکم و انتظام فضایی آن‌هاست. بنابراین با کاهش تراکم، احتمال آسیب‌پذیری کاهش می‌یابد (کرمی، ۱۳۹۱: ۳۸۴). که خود از عوامل مهم در بحث بهینگی کاربری اراضی شهر است. همان‌گونه که از نقشه شماره ۵ پیداست، بیشترین میزان تراکم جمعیتی در مناطق ۱ و ۲ شهرداری و محلات شمالی می باشد. این مناطق عموماً از نظر سایر فاکتورها نیز شرایط مطلوبی ندارند. در بررسی معیار اشتغال، هر اندازه میزان بیکاری در محلات و بلوک های جمعیتی افزایش یابد، به همان اندازه امکان ماندگاری در محلات افزایش می یابد. این موضوع از طرفی به افزایش آسیب پذیری اجتماعی می انجامد و از طرف دیگر باعث به وجود آمدن معضلاتی در حین و بعد زلزله است. بیشترین تراکم بیکاری شهر سنندج برابر با ۲۸.۱ نفر در هکتار بوده و محلات گلشن، کانی کوزله، آغه زمان، عباس آباد، کارآموزی، جورآباد، حاجی آباد، پیر محمد و .... را شامل می شود. شاخص باسوادی در زمان وقوع زلزله و مرحله بعد از وقوع زلزله تأثیر بسزایی دارد. هرچه میزان باسوادی بیشتر باشد واکنش به مخاطرات منطقی تر و اصولی تر خواهد بود و بالعکس. بیشترین تراکم باسوادی برابر ۳۸۲ نفر و محلات دانشگاه کردستان، زیباشهر، ویلاشهر، شهدا، دفتر فنی، سپورآباد، بردشت، فرجه، عباس و ... را شامل می شود.

معیارهای کالبدی

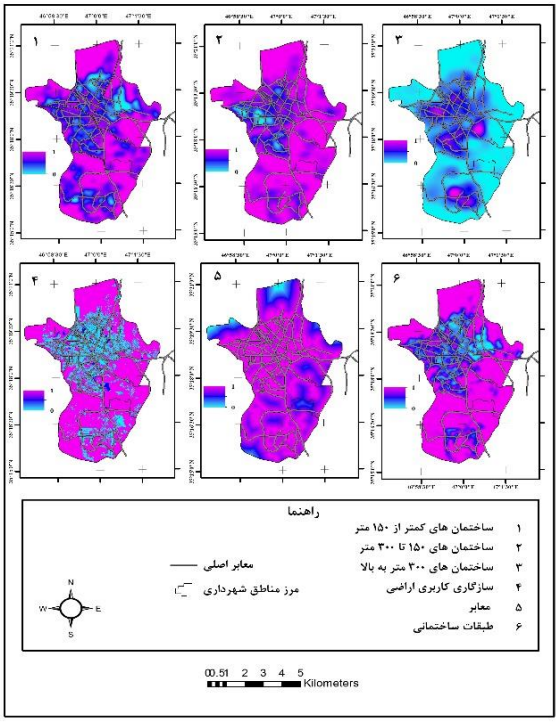
کیفیت ساخت و اجرا به عوامل متعددی شامل نوع مصالح، تعداد طبقات ساختمانی، دانه بندی قطعات، کیفیت ساخت، بیمه، نظام ساخت و ساز، میزان آگاهی عمومی جامعه، ثروت عمومی و میزان توسعه یافتگی کشور بستگی دارد (حاتمی نژاد، ۱۳۸۸: ۱۳۱). در این پژوهش شاخص های قطعه بندی اراضی، مصالح به کار رفته و طبقات ساختمانی به کار رفته، که تأثیر بسزایی در ارزیابی میزان بهینگی اراضی شهری دارند. از لحاظ کیفیت معابر، شبکه ارتباطی نسبت به سایر عناصر شهری از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و بر عملکرد سایر عناصر و کاربری های شهری تأثیر مستقیمی دارد. در صورتی که توزیع شبکه های ارتباطی بهینه نباشد، امکان دسترسی به سایر کاربری ها و فضاهای شهری با مشکل روبرو می شود. معابر شهر سنندج از لحاظ بهینگی در ارتباط با خطر زلزله، در قسمت های جنوبی شهر دارای شرایط تقریبا مطلوبی بوده و در زمان وقوع بحران می تواند تا حدود زیادی پاسخگو باشد. اما محلات شمالی و بافت قدیمی شهر شرایط نامناسبی داشته و باید در این بافت که بیشترین تراکم مسکونی، جمعیتی و تجاری شهر در آن واقع شده، با افزایش عرض معابر و ایجاد معابر جدید تمهیداتی را فراهم کرد که امداد و نجات در زمان وقوع زلزله با سهولت بیشتری انجام شود. در بررسی تأسیسات و تجهیزات شهری، هر چند زلزله می تواند تلفات زیادی به بار آورد، اما اثرات جنبی آن می تواند بر شدت تلفات بیفزاید. حوادثی همچون زمین لغزش، آتش سوزی و ... از جمله حوادثی است که معمولا تلفات زلزله را شدت می بخشد. بنابراین باید در مکان یابی تأسیسات و تجهیزات شهری استانداردهای لازم لحاظ و آینده نگری همه جانبه به عمل آید. بررسی نقشه های شهر سنندج نشان می دهد، که افزایش تراکم در اطراف تأسیسات شهری سنندج شرایط نامناسبی فراهم آورده و با بالا رفتن ضریب آسیب پذیری شهری، منجر به عدم بهینگی کاربری اراضی شهر سنندج گشته است. از لحاظ شاخص فاصله از مراکز تجاری، مناطق با تراکم مراکز و کاربری های تجاری بالا، جاذب جمعیت زیادی بوده و در صورت وقوع زلزله به شدت آسیب پذیر هستند. بالاترین میزان تراکم کاربری های تجاری شهر سنندج در مناطق ۱ و ۲ شهرداری و بصورت تک هسته ای در مجاورت میدان آزادی و خیابانهای مجاور آن می باشد. این تراکم بالا و تک هسته ای بودن باعث شده، تا در زمان وقوع زلزله بخش عمده فعالیت های تجاری متوقف شود. اگر به این فعالیت ها قمست عمده فعالیت های اداری را نیز اضافه کنیم، تأثیرات منفی آن مقیاسی فرامنطقه ای خواهد داشت. در بررسی فاصله از مراکز امدادی، هر چه فاصله مراکز امدادی و خدمات رسان با کاربری های مسکونی و مراکز جمعیتی کمتر باشد، فاصله زمانی امداد رسانی نیز کمتر خواهد بود و امکان بهره گیری از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

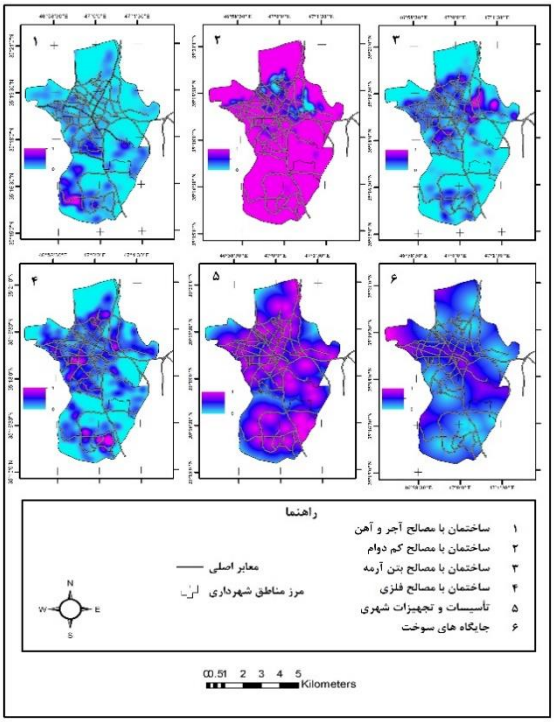
پتانسیل های خدمت رسانی این مراکز برای مدیریت بحران به نسبت بالاتری خواهد بود (فلاحی و همکار، ۱۳۹۸: ۹۷). بنابراین باید در مکان یابی مراکز امداد و نجات، شعاع دسترسی این مراکز مد نظر قرار گیرد. بررسی نقشه تهیه شده فاصله از مراکز فوق نشان میدهد، که شرایط بهینه می باشد و مکان یابی این مراکز به گونه ای است که کل شهر را پوشش می دهند. بیشترین فاصله از مراکز درمانی تقریبا ۲۷۰۰ متر و از مراکز آتش نشانی ۳۴۰۰ متر می باشد. تراکم مراکز بهداشتی و درمانی در منطقه ۱ و ۲ شهرداری بالاست و حین وقوع زلزله می تواند به نحو احسن پاسخگو باشد. این موضوع در مورد ایستگاه های اتش نشانی نیز صادق است، اما کافی نیست و باید در مناطق شمالی شهر که فشردگی و تراکم مسکونی و جمعیتی بالاتر است، ایستگاه های دیگری مکان یابی گردد (شکل های ۲ تا ۴).

با نگاهی به نتایج به دست آمده از مدل و خروجی لایه های استفاده شده، در قالب نقشه نهایی بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج (شکل ۷)، به وضوح می توان دید که دو پهنه واقع در جنوب، شرق و جنوب شرقی شهر منطبق بر محلات خانقاه، فاز ۲ بهاران، قسمت های جنوبی شهرک زاگرس، دانشگاه کردستان، شهرک اداره پست، شهرک شهرداری، سایت نظام مهندسی و علوم پزشکی، اراضی همجوار پارک جنگلی توس نوذر، عباس آباد پایین و شهرک ورمقانی از لحاظ بهینگی دارای شرایط مناسب تری جهت توسعه شهر با تأکید بر خطر زلزله می باشند. ۵۰.۸۵ درصد منطقه ۴ معادل ۶۵۸ هکتار و ۴۲.۷۸ درصد منطقه ۲ معادل ۴۰۶ هکتار از مساحت کل منطقه، شرایط بهینه ای را ارایه می نمایند (جدول ۱). قسمت های شمالی شهر منطبق بر مناطق ۱ و۲ از لحاظ بهینگی اراضی شهری، شرایط کاملاً نامناسبی را نشان می دهد. این محلات به علت تراکم بالای جمعیتی و مسکونی و همچنین فشردگی بیش از حد کاربری ها و فعالیت های شهری شرایط کاملاً نامناسبی داشته و می تواند در زمان وقوع زلزله منجر به تلفات و صدمات فیزیکی و انسانی بالایی شود. از مهمترین عوامل عدم بهینگی اراضی شهر سنندج می توان به فرسودگی محلات قدیمی، شبکه ارتباطی ناکارآمد، وضعیت نامناسب استقرار تأسیسات زیربنایی شهر، تراکم بالای جمعیتی و مسکونی، تک هسته ای بودن بازار و فشردگی مراکز تجاری و فعالیت ها در میدان آزادی و خیابان های منتهی به آن، افزایش بی رویه جمعیت، ادغام نقاط روستایی در شهر و ایجاد حاشیه های نامناسب و غیر استاندارد، همچنین کمبود فضاهای باز شهری اشاره کرد. بنابراین باید با اتخاذ سیاست ها و برنامه ریزی های مناسب و استفاده از مدل های پیشرو، نحوه استفاده از اراضی شهری بهینه شده و توسعه شهر در راستای بهینه سازی کاربری های شهری، اصولی و بر پایه استانداردها استوار گردد. تراکم زدایی از جمعیت و فعالیت ها، مکان یابی بهینه کاربری های شهری، افزایش سطح فضاهای باز شهری، رعایت حریم کاربری های حساس و انتقال مراکز نظامی و پادگان ها به خارج از شهر و جلو گیری از ساخت و ساز در حریم گسل ها از جمله مواردی است که باید در طرح های شهری و مطالعات موضوعی مرتبط با خطر زلزله در نظر گرفته شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

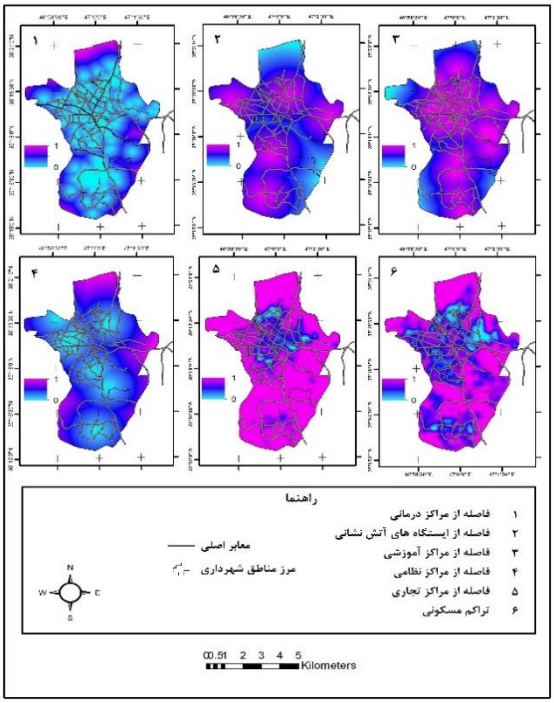


شکل (۲). لایه های کالبدی تهیه شده جهت بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج

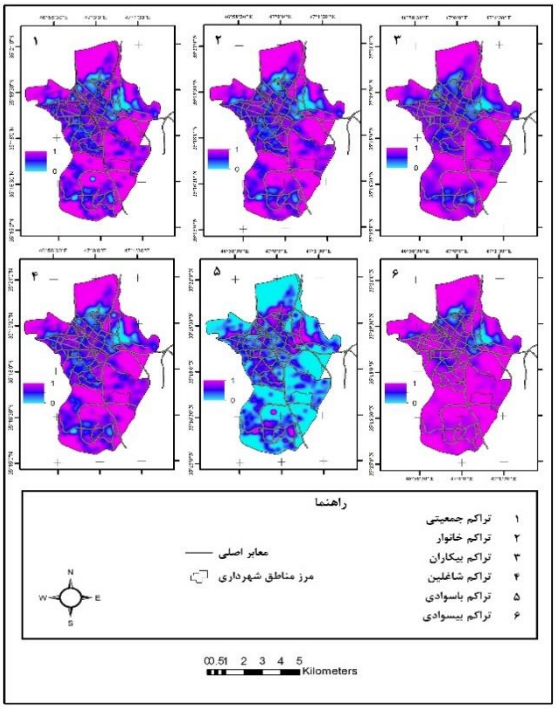


شکل (۳). ادامه لایه های کالبدی تهیه شده جهت بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

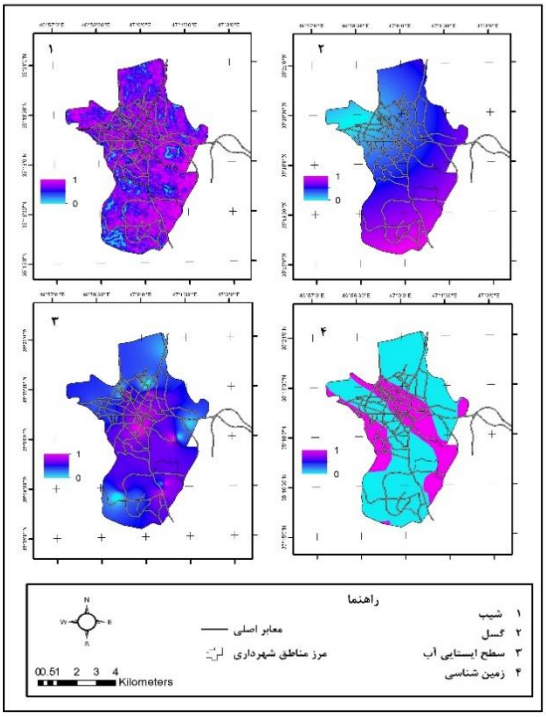


شکل (۴). ادامه لایه های کالبدی تهیه شده جهت بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج

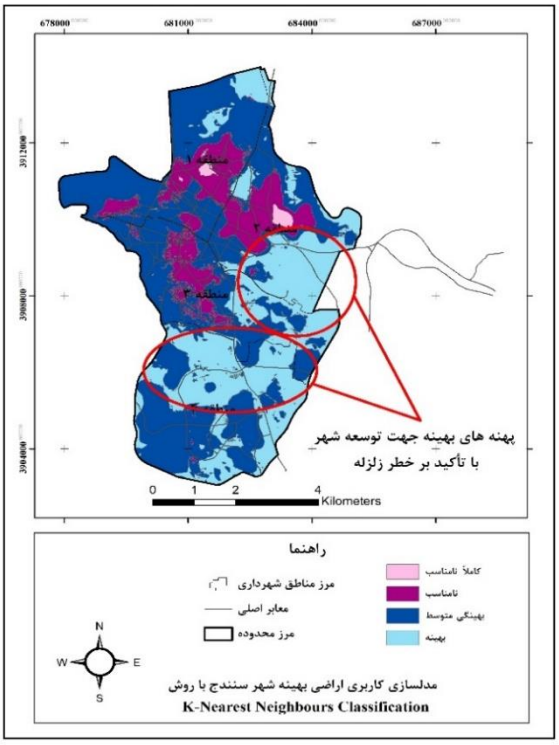


شکل (۵). لایه های اجتماعی-اقتصادی تهیه شده جهت بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]



شکل (۶). لایه های طبیعی تهیه شده جهت بهینه سازی کاربری اراضی



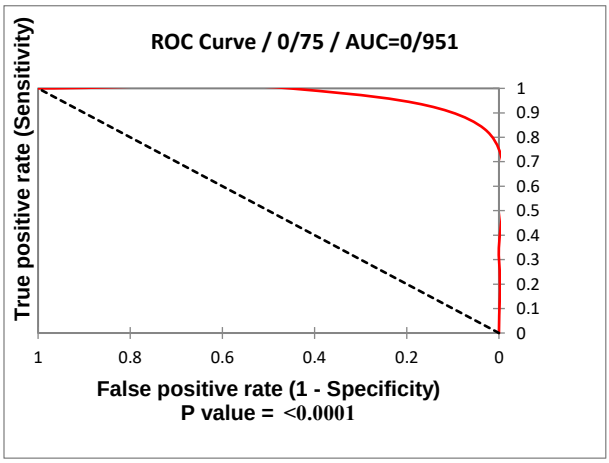
شکل (۷). نقشه نهایی بهینه سازی کاربری اراضی شهر سنندج با استفاده از روش KNN

جدول (۱). نتایج طبقه بندی آسیب پذیری شهر سنندج با روش KNN

میزان آسیب / منطقه		منطقه ۱	منطقه ۲	منطقه ۳	منطقه ۴	کل شهر
کاملاً نامناسب	مساحت (هکتار)	۱۲	۲۰	-	-	۳۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

	درصد	۱.۲	۲.۱		-	۰.۷۶
نامناسب	مساحت (هکتار)	۲۴۷	۲۱۶	۱۶۲	۳	۶۳۲
	درصد	۲۳.۷	۲۲.۷۷	۱۷.۳۵	۰.۲۳	۱۴.۹۶
بهینگی متوسط	مساحت (هکتار)	۶۹۴	۳۰۷	۵۵۴	۶۳۳	۲۱۹۰
	درصد	۶۶.۷	۳۲.۳۵	۵۹.۳۱	۴۸.۹۲	۵۱.۸۲
بهینه	مساحت (هکتار)	۸۸	۴۰۶	۲۱۸	۶۵۸	۱۳۷۲
	درصد	۸.۴	۴۲.۷۸	۲۳.۳۴	۵۰.۸۵	۳۲.۴۶



شکل (۸). نمودار ROC

جدول (۲). نتایج حاصل از منحنی ROC

صحت	کران پایین	کران بالا	خطای استاندارد	نسبت درست نمایی مثبت	نسبت درست نمایی منفی	حساسیت	ویژگی	سطح زیر منحنی ROC
۰.۹۳۲	۰.۹۱۹	۰.۹۸۴	۰.۰۱۷	۲۶.۹۴۴	۰.۱۷۲	۰.۸۳۳	۰.۹۶۹	۰.۹۵۱

ارائه مدل بدون ارزیابی کارایی مدل، فاقد اعتبار لازم می باشد. بدین منظور پس از اجرای مدل نیاز است، تا میزان کارایی مدل مورد بررسی قرار گیرد. در این مرحله اقدام به ارزیابی کارایی مدل مورد بررسی در پژوهش با استفاده از داده های اعتبارسنجی و شاخص های مساحت زیر منحنی ROC[1] گردید (موحدی نسب و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۵۶). بر اساس شکل شماره ۸، مساحت زیر منحنی دارای مقادیر بین ۰.۵ تا ۱ بوده و از آن برای ارزیابی دقت مدل استفاده می گردد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۴). بهترین مدل، سطح زیر منحنی نزدیک به ۱ دارد و هرچه سطح زیر منحنی به طرف ۰.۵ متمایل گردد، نشان دهنده عدم اعتبار مدل است. بنابراین مدلی مناسب است که در اعتبارسنجی انجام شده، نتایج مطلوبی ارایه نماید. در این پژوهش مقدار P value برابر با (۰.۰۰۰۱>) شده است. بدین ترتیب، به وضوح و در سطح معنی داری ٪۵، فرض صفر رد می شود. نتیجه بدست آمده نشان می دهد، که آزمون مورد استفاده در پژوهش، توانایی تشخیص کاربری اراضی بهینه شهر سنندج را داراست. البته این موضوع بدون مشاهده P value هم قابل تشخیص می باشد، زیرا علاوه بر اینکه مقدار سطح زیر منحنی عدد بالایی برابر با (۰.۹۵۱) به دست آمده، کران پایین فاصله اطمینان نیز با عدد (۰.۹۱۹) همچنان با ۰.۵ فاصله زیادی دارد (جدول ۲). همچنین میزان حساسیت خیلی بالا و میزان ویژگی و نسبت درست نمایی مثبت بالا، نشان دهنده عملکرد بسیار مطلوب مدل است (جدول شماره ۲).

[1] . receiver operating characteristic

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

نتیجه گیری

برنامه ریزی کاربری اراضی شهری از مهم ترین و موثرترین راهکارها به منظور کاهش تلفات و آسیب های ناشی از زلزله می باشد. توزیع بهینه فعالیت ها و کاربری های شهری، اولویت بندی فعالیت ها، تراکم جمعیتی و مسکونی، رعایت استانداردها، توسعه شهر در محورهای کم خطر، جلوگیری از ساخت و ساز در حریم گسل ها، سازگاری میان کاربری های مختلف، ایجاد فضاهای باز شهری و غیره از جمله مواردی است، که رعایت آنها منجر به بهینه سازی اراضی شهری شده و در زمان وقوع خطر زلزله کم ترین آسیب ها و تلفات متوجه شهر و ساکنان آن خواهد شد. بنابراین شناخت معیارها و متغیرهای مختلف در ارتباط با موضوع و تجزیه و تحلیل این معیارها از مهم ترین مراحل در راستای کاهش آسیب پذیری و بهینه سازی اراضی شهری است.

در این پژوهش هدف، برنامه ریزی بهینه اراضی شهری و یافتن پهنه های بهینه جهت توسعه کاربری های شهری به منظور کاهش آسیب پذیری شهری است.. نتایج به دست آمده نشان می دهد که وضعیت اراضی شهر سنندج در مناطق ۱ و ۲ شهرداری بهینه نمی باشد. این مناطق به دلیل تراکم بالای جمعیتی و مسکونی و هم چنین فشردگی فضاهای شهری و کاربری های اراضی از اهمیت بسزایی در زمینه برنامه ریزی مدیریت کاربری های بهینه شهری برخوردار است. ۲ هکتار از منطقه ۱ و ۲۰ هکتار از مساحت منطقه ۲ شهرداری در شرایط کاملاً نامناسب از لحاظ بهینگی قرار گرفته است. همچنین ۲۴۷ هکتار از مساحت منطقه ۱ معادل ۲۳.۷ درصد و ۲۱۶ هکتار از مساحت منطقه ۲ معادل ۲۲.۷۷ درصد در وضعیت نامناسب می باشد. این پهنه ها منطبق بر مناطق با تراکم مسکونی و جمعیتی بسیار بالا بوده و با توجه به عدم کارایی کاربری ها در زمان وقوع خطر و همجواری نامناسب کاربری ها از نظر فرم فعالیت ها و تأثیر آن ها بر یکدیگر منجر به افزایش آسیب پذیری شهری می گردد. پژوهش حاضر با استفاده از مدل KNN و بررسی همه جانبه معیارها با هدف کاهش آسیب پذیری شهری به ارزیابی اراضی بهینه شهری پرداخته است. خروجی مدل نشان می دهد که که مناطق ۲ و ۴ شهرداری (دو پهنه واقع در جنوب، شرق و جنوب شرقی شهر) از لحاظ بهینه بودن کاربری های شهری، شرایط بهینه تری نسبت به سایر مناطق ارایه داده و گسترش شهر در این مناطق از یک طرف موجب کاهش آسیب پذیری و از طرف دیگر بهینه سازی کاربری ها و افزایش فضاهای باز شهری و همچنین تراکم زدایی از نقاط با خطر بالا می گردد. نقشه نهایی به وضوح نشان می دهد که ازطرف جنوب به طرف مناطق شمالی شهر، از بهینگی کاربری های اراضی شهری کاسته شده و نیازمند مطالعه، تجزیه و تحلیل بیشتر می باشد. کاهش تراکم جمعیتی و مسکونی، مکان یابی مناسب کاربری ها با توجه به معیارهای طبیعی، کالبدی و اجتماعی – اقتصادی، ایجاد هسته های تجاری در مناطق مختلف شهر و تمرکز زدایی از هسته تجاری مرکزی، ایجاد همگونی در فرم فعالیت و فضاها، رعایت نکات فنی و اجرایی در ایجاد سازه ها، مکان یابی مناسب مراکز امدادی به منظور واکنش سریع در زمان وقوع خطر، بهسازی معابر و غیره از جمله مواردی است که باید به منظور بهینه سازی کاربری های شهری در مناطق با درصد آسیب بالای شهر سنندج در نظر گرفت. با توجه به یافته های پژوهش می توان با سوق دادن توسعه شهر به طرف قسمت های جنوبی شهر، میزان آسیب پذیری شهری را کاهش داد. همچنین ارایه طرح های موضعی و موضوعی در ارتباط با زمین لرزه و بهینه سازی کاربری ها به منظور کاهش آسیب های شهری از موارد مهمی است که باید سازمان ها و ارگان های ذیربط مد نظر قرار دهند. همانگونه که در پژوهش حاضر نیز اشاره شد، شهر صرفا دارای بعد کالبدی و کمی نیست و باید اهداف برنامه ریزی شهری در ساخت شهری ایمن مد نظر قرار گیرد. توجه به ابعاد اجتماعی – اقتصادی و بکارگیری مکانیزم های زیست بهتر به منظور ارتقای شهر و ساکنان از مهم ترین مواردی است، که باید در کنار جنبه های فیزیکی در نظر گرفت و تحلیل ها و مطالعات شهر بر پایه ترکیبی از ابعاد مختلف استوار گردد. بررسی ها نشان می دهد که در ایجاد وضعیت آسیب پذیر محلات شمالی شهر علاوه بر عبور گسل شمال غربی و معیارهای کالبدی، معیارهای اجتماعی – اقتصادی و سایر معیارهای طبیعی نیز شرایط بهینه ای ندارند و همین امر لزوم مطالعه ترکیبی معیارها را مشخص می سازد. در پژوهش حاضر سعی بر آن است که بر پایه این تفکر و مطالعه و تحلیل جنبه های مختلف، نتیجه عینی تری بدست

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

آید. این امر می تواند در مرحله قبل از خطر منجر به ایمن سازی فضاهای شهری شده و در مرحله وقوع حوادث، امکان اتخاذ تصمیم گیری های سریع و صحیح را به منظور کاهش خسارات فراهم کند.

منابع

آفریدی، صنم؛ صالحی، اسماعیل و سید رزاقی، مهران. (۱۳۹۰). ارزیابی کاربری زمین شهری با توجه به خطرات زلزله (نمونه موردی: ناحیه ۴ منطقه ۲۰ تهران)، دو فصلنامه علمی پژوهش های محیط زیست، دوره ۲، شماره ۳، ۷۷-۸۶.

حاتمی نژاد، حسین؛ فتحی، حمید و عشق آبادی، فرشید (۱۳۸۸). ارزیابی میزان آسیب پذیری لرزه ای در شهر، نمونه موردی منطقه ۱۰ شهرداری تهران، پژوهش های جغرافیای انسانی، ۴۲، ۶۸، ۱-۲۰.

حسینعلی، فرهاد. (۱۳۹۱). توسعه مدلی عامل- بنیان همراه با بهینه سازی مکانی در مسائل تبدیل کاربری اراضی با استفاده از GIS، رساله دکتری مهندسی عمران- نقشه برداری گرایش GIS، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

خانلری، غلامرضا. (۱۳۹۵). زمین شناسی مهندسی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، چاپ یازدهم.

درودی، محمدرضا. (۱۳۹۱). کاهش آسیب‌پذیری ناشی از زمین‌لرزه با توجه به ساختار شهری، نشریه عمران، مقاوم‌سازی و بهسازی، شماره ۲۰، صص ۲۷-۳۲ .

دلاویز، یعقوب. (۱۳۹۴). بهینه سازی چند هدفه تخصیص کاربری اراضی شهری با هدف کاهش آسیب پذیری ناشی از زلزله، پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی جلال کرمی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی.

رضائی نوائی، سمیرا و کوشا، حمیدرضا. (۱۳۹۵). به کارگیری و ارزیابیتکنیک های داده کاوی جهت پیش بینی رویگردانی مشتری در صنعت بیمه، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۴، جلد ۲۷، ۶۳۶-۶۵۳.

سلیمانی، کریم؛ زندی، جلال و حبیب نژاد روشن، محمود. (۱۳۹۳). ارزیابی کارایی روش های نسبت فراوانی، آماری دو متغیره Wi و Wf در تهیه نقشه حساسیت زمین لغزش (مطالعه موردی: حوزه آبخیز وازرود مازندران)، نشریه زمین شناسی مهندسی و محیط زیست، سال ۲۴، شماره ۹۴، ۴۱-۵۰.

شاهدی، آمنه. (۱۳۹۴). مکان یابی و توزیع و توسعه بهینه فضای سبز در راستای سلامت شهروندان و مدیریت بحران (زلزله) با استفاده از روش تصمیم گیری چند هدفه و GIS (منطقه ۴ اهواز)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته سنجش از دور و GIS، به راهنمایی دکتر کاظم رنگزن، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده علوم زمین.

صفرزاده رامهرمزی، رضا؛ کریمی، محمد و علائی مقدم، ساناز. (۱۳۹۶). بهینه سازی چند هدفه تخصیص کاربری اراضی شهری به وسیله الگوریتم های فرا ابتکاری و شاخص های مکانی، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۷، شماره ۳، ۱۸۹-۲۱۲.

فلاحی، فرهاد و چاره جو، فرزین. (۱۳۹۸). ارزیابی و پهنه بندی آسیب پذیری لرزه ای بافت فرسوده مرکزی شهر سنندج، با ملاحظات پدافند غیر عامل، با استفاده از مدل IHWP و GIS، مطالعات ساختار و کارکرد شهری، سال ۶، شماره ۲۱، ۸۵-۱۰۹.

کرمی، محمدرضا. (۱۳۹۱). ارزیابی خطر زلزله و آسیب پذیری شهرها با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نمونه موردی: شهر تبریز. رساله دکتری. دانشگاه تبریز. دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی.

کیانی، محمد فریدون و محفوظیان، مهری. (۱۳۹۱). میزان کارایی مدل های مختلف شناسایی الگو در طراحی و ساخت مدل های امتیازبندی اعتباری، پژوهش های پولی – بانکی، شماره ۱۳، ۹۵-۱۱۹.

لاله زاری، احسان؛ اسماعیلی، علی وهمایونی، سعید. (۱۳۹۷). توسعه و ارزیابی یک الگوریتم کاهش نوفه به منظور بهبود کارایی و دقت طبقه بندی تصاویر ابرطیفی، نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۸، شماره ۱، ۱۹۵-۲۰۷.

لطفی، خداداد؛ غفاری گیلانده، عطا و اسفندیاری درآباد، فریبا. (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب پذیری شهرها از گسل پیرامونی با استفاده از روش TOPSIS در محیط GIS، مطالعه موردی: شهر اردبیل، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۳، شماره ۴، ۱۷-۳۳.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]

[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]

مقیمی، ساجده و منصفی پراپری دانیال. (۱۳۹۸). مکان یابی فضای مناسب برای اسکان موقت زلزله زدگان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و ترکیب خطی وزنی بر مبنای GIS، نمونه موردی: شهر شاهرود، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۶، شماره ۱، ۷۱-۹۴.

ملکی، کیومرث. (۱۳۸۹). بهینه‌سازی کاربری اراضی با تأکید بر پدافند غیرعامل و نقش راهبردی آن در برنامه‌ریزی شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی نمونه موردی سنندج، به راهنمایی دکتر محمدرضا پورمحمدی، دانشگاه تبریز.

موسوی شیری، محمود؛ بافنده ایماندوست، صادق و بلندرفتار پسیخانی، محمد. (۱۳۹۲). کاربرد روش K- نزدیکترین همسایه در پیش بینی درماندگی مالی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، دوفصلنامه اقتصاد پولی، مالی، سال ۲۰، شماره ۶، ۴۸-۶۶.

هاشمی نژاد، سید علی و احمدی، کامیار. (۱۳۹۶). بهینه سازی تعیین رده رخساره های پتروفیزیکی با تحلیل سریع مولفه های مستقل و تبدیل کسینوسی پایه K نزدیک ترین همسایه در میدان مارون مخزن آسماری، فصلنامه علوم زمین، سال ۲۷، شماره ۱۰۶، ۲۵-۳۴.

Asian Development Bank.; (2016), Reducing disaster risk by managing urban land use, Guidance notes for planners.

Bhatia, N and Vandana, A., (2010). Survey of nearest neighbor techniques. International Journal of Computer Science and Information Security, 2 (8), 302-305.

Daly, P., Ninglekhu, S., Hollenbach, P., Duyne Barenstein, J., & Nguyen, D. (2017). Situating local stakeholders within national disaster governance structures: rebuilding urban neighborhoods following the 2015 Nepal earthquake. Environment and Urbanization, 29(2), 403–424.

Geiss, C., Jilge, M., Lakes, T., & Taubenbock, H. (2016). Estimation of Seismic Vulnerability Levels of Urban Structures with Multisensor Remote Sensing. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 9(5), 1913–1936.

Hamilton, H.R. (1969), Systems Simulation for Regional Analysis: An Application to River-basin Planning. Cambridge: MIT Press.

Motamed, H., Ghafory Ashtiany, M., Amini Hosseini, K., (2012). An Earthquake Risk-Sensitive Model for Spatial Land-Use Allocation, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, Portugal.

Niclas, A; Evgrafov, A and Patriksson, M. (2020), An Introduction to Continuous Optimization: Foundations and Fundamental Algorithms, Dover Publications; Third, Revised Third edition.

Opricovic, S and Tzeng, G-H. (2003), Fuzzy multicriteria model for postearthquake land-use planning, Nat. Hazards Rev. 4: 59-64.

Soltani, A; Balaghi Inanloo, R; Rezaei, M; Shear, F and Akbari Riyabi. (2019). spatial analysis and urban land use planning emphasizing hospital site selection: a case study of Isfahan city, Bulletin of Geography. Socio-economic Series, 43, 71-89.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1300.0.0.228.1]
[DOI: 10.61186/jgs.25.76.9]