

تحلیل و پیشنهاد الگوی توسعه فیزیکی شهر ایذه با تأکید بر مخاطرات طبیعی

DOR : [20.1001.1.23453915.1403.13.4.2.9](https://doi.org/10.1001.1.23453915.1403.13.4.2.9)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۳۱

مسعود صفایی پور*^۱، سعید ملکی^۲، سهراب قاندي^۳، اعظم ابراهیمی^۴۱- استاد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (safaeep@scu.ac.ir)

۲- استاد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۳- استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

امروزه در کنار روند افزایشی جمعیت، میزان مخاطرات طبیعی مناطق شهری نیز دارای روند افزایشی بوده است. یکی از شهرهایی که در طی سال‌های اخیر با روند افزایشی جمعیت مواجه شده است، شهر ایذه در استان خوزستان است. با توجه به پتانسیل بالای مخاطره پذیری شهر ایذه، ارائه الگوی توسعه کالبدی شهر ایذه بسیار حائز اهمیت است که در این پژوهش به این مهم پرداخته شده است. در این تحقیق از تصاویر راداری سنتینل ۱، تصاویر ماهواره لندست و لایه‌های رقومی اطلاعاتی مربوط به محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق، SBAS، ArcGIS و Super Decisions بوده است. همچنین در این تحقیق از مدل‌های سری زمانی SBAS، منطق فازی و ANP استفاده شده است. این تحقیق از سه مرحله کلی انجام شده است. در مرحله اول، به ارزیابی فرونشست منطقه پرداخته شده است. در مرحله دوم، مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه شناسایی شده است و در مرحله سوم نیز مناطق مستعد توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی شناسایی شده است. نتایج حاصله از سری زمانی SBAS نشان داده است که محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه در طی دوره زمانی ۲ ساله بین ۱۳ تا ۶۸ میلی‌متر فرونشست داشته است. آنالیز مکانی فرونشست رخ داده بیانگر این است که بیش‌ترین میزان فرونشست مربوط به مناطق جنوبی این شهر است. همچنین بر اساس نتایج حاصله، حدود ۴۸ درصد از محدوده شهری ایذه به دلیل تراکم نواحی سکونتگاهی و دور بودن از فضاهای باز و جاده‌های اصلی، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی در برابر مخاطره زمین‌لرزه هستند. نتایج شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی نیز نشان داده است که حدود ۴۹ درصد از مناطق حاشیه‌ای شهر ایذه که عمدتاً منطبق بر مناطق شمال شرقی شهر ایذه است، مستعد توسعه فیزیکی است.

واژه‌های کلیدی: مخاطرات شهری، فرونشست، زمین‌لرزه، شهر ایذه

Investigation and Analysis of the Physical Development Pattern Of Izeh City in Dealing with Natural Hazard

Masoud Safaeepour^{*1}, Saeed Maleki², Sohrab Ghaed³, Azam Ebrahimi⁴1. Prof., Dept. of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. (Corresponding Author: safaeep@scu.ac.ir)

2. Prof., Dept. of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

3. Assist. Prof., Dept. of Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

4. MSc. in Geography and Urban Planning, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Abstract

Today, along with the increasing trend of the population, the amount of natural hazards in urban areas has also increased. One of the cities that have faced an increasing trend of population in recent years is Izeh city in Khuzestan province. Considering the high risk potential of Izeh city, it is very important to present the physical development model of Izeh city, which is addressed in this research. In this research, Sentinel 1 radar images, Landsat satellite images and digital layers of information related to the urban area and urban outskirts of Izeh have been used as the most important research data. The most important research tools are SBAS, ArcGIS and Super Decisions. Also, SBAS time series, fuzzy logic and ANP models have been used in this research. This research has been done in three general stages. In the first stage, the region's subsidence has been assessed. In the second stage, the vulnerable areas against the earthquake hazard have been identified, and in the third stage, the areas susceptible to the physical development of residential areas have been identified. The results of the SBAS time series have shown that the urban area and the urban periphery of Izeh have subsided



between 13 and 68 mm during a 2-year period. The spatial analysis of the subsidence that occurred indicates that the highest amount of subsidence is related to the southern areas of this city. Also, based on the results, about 48% of the urban area of Izeh, due to the density of residential areas and being far from open spaces and main roads, has a high vulnerability potential against earthquake hazards. The results of identification of areas prone to physical development of the residential areas have also shown that about 49% of the marginal areas of Izeh city, which mainly correspond to the northeastern areas of Izeh city, are prone to physical development.

Keywords: Urban Hazards, Subsidence, Earthquake, Izeh City.

۱- مقدمه

روند افزایشی جمعیت پس از انقلاب صنعتی و به دنبال آن، توسعه فیزیکی شهرها، میزان آسیب‌پذیری شهرها را افزایش داده است [۱]. به‌موازات روند افزایشی جمعیت، نواحی سکونتگاهی، خصوصاً در مناطق شهری با توسعه فیزیکی قابل توجهی همراه شدند. در بسیاری از مناطق، توسعه فیزیکی شهرها بدون برنامه خاصی صورت گرفته است و همین مسئله سبب گسترش نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق مخاطره‌آمیز شده است [۲]. در واقع، توسعه فیزیکی کنترل نشده می‌تواند سبب بروز خسارات جبران‌ناپذیر به مناطق شهری شود و این مسئله تهدیدی جدی برای ساکنان مناطق شهری محسوب می‌شود [۳]. با توجه به اینکه بسیاری از مخاطرات از جمله مخاطرات طبیعی در مناطق شهری نیز رخ می‌دهد، این مخاطرات هر ساله بر زندگی میلیون‌ها نفر تأثیرگذار هستند [۴]. بر این اساس، امروزه بسیاری از دانشمندان و برنامه‌ریزان شهری، بر نظارت تغییرات زیست‌محیطی مناطق شهری توجه دارند [۵].

با توجه به اینکه روند افزایشی جمعیت شهرها اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین توجه به الگوی توسعه کالبدی شهرها بسیار حائز اهمیت است. در واقع، الگوی توسعه کالبدی شهرها تعیین‌کننده میزان مخاطره‌پذیری و آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی است [۶]. یکی از شهرهایی که در طی سال‌های اخیر با روند افزایشی جمعیت مواجه شده است، شهر ایذه در استان خوزستان است. شهر ایذه در واحد دشت قرار گرفته است و از اطراف به واحد کوهستان

منتهی می‌شود. قرار گرفتن شهر ایذه در زون زاگرس چین‌خورده سبب شده است تا این شهر پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی در برابر مخاطره زمین‌لرزه داشته باشد و همچنین به دلیل واقع شدن در واحد دشت آبرفتی، مستعد وقوع مخاطره فرونشست است. با توجه به پتانسیل بالای مخاطره‌پذیری شهر ایذه، ارائه الگوی توسعه کالبدی شهر ایذه بسیار حائز اهمیت است که در این پژوهش به این مهم پرداخته شده است. در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله آنها می‌توان به باگان و یاماگان^۱ (۲۰۱۲) اشاره کرد که با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری به بررسی روند رشد فضایی و زمانی شهر توکیو پرداختند [۷]. باکسن^۲ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش‌های کمی و کیفی، به اعتبارسنجی شاخص‌های تاب‌آوری و آسیب‌پذیری در مقابل بلایای طبیعی پرداختند [۸]. سره^۳ و همکاران (۲۰۱۶) به منظور بررسی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی از تصاویر چند زمانه ماهواره‌ای و همچنین سیستم اطلاعاتی جغرافیایی استفاده کرده‌اند [۹]. دنداپات و پاندا^۴ (۲۰۱۸) با استفاده از مدل سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی و شناسایی مناطق مستعد وقوع سیلاب در بنگال غربی پرداختند [۱۰]. شی^۵ و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از روش سری زمانی

¹ Bagan & Yamagata

² Bakkensen

³ Serre

⁴ Dandapat & Panda

⁵ Shi

شهر از نظر تقسیمات مورفوتکتونیک در واحد زاگرس قرار دارد که از سمت شرق به زاگرس چین خورده و از سمت غرب به جلگه خوزستان منتهی می‌شود. از نظر ژئومورفولوژی، شهر ایذه در واحد دشت قرار دارد و از اطراف به ارتفاعات زاگرس و همچنین تالاب میانگران محدود می‌شود.

۲- روش تحقیق

در این تحقیق از تصاویر راداری سنتینل ۱، تصاویر ماهواره لندست و لایه‌های رقومی اطلاعاتی مربوط به محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین نرم‌افزارهای مورد استفاده شامل ArcGIS، GMT و گوگل ارث بوده است. از نرم‌افزار ArcGIS به‌منظور فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی و همچنین خروجی گرفتن از نقشه‌های مورد نظر استفاده شده است. از نرم‌افزار GMT به‌منظور اجرای روش تداخل سنجی راداری و سری زمانی SBAS استفاده شده است. در واقع، پردازش‌های لازم بر روی تصاویر راداری، تهیه نقشه‌های اینترفروگرام و در نهایت تهیه نقشه نهایی فرونشست در این نرم‌افزار انجام شده است. از نرم‌افزار گوگل ارث نیز به‌منظور پایش وضعیت منطقه و همچنین دریافت اطلاعات مورد نظر از جمله محدوده شهری ایذه، خطوط ارتباطی و غیره استفاده شده است. همچنین در این تحقیق از مدل‌های مختلف شامل SBAS به‌منظور ارزیابی وضعیت فرونشست منطقه و مدل تلفیقی منطق فازی (ANP) به‌منظور شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی شهر ایذه استفاده شده است. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این تحقیق در ۳ مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آنها پرداخته شده است:

مرحله اول (ارزیابی وضعیت فرونشست شهر ایذه): در این مرحله به‌منظور ارزیابی میزان

فرونشست در محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه، از تصاویر راداری سنتینل ۱ و روش سری زمانی SBAS استفاده شده است. روش سری زمانی SBAS، یکی از روش‌های نوین برای تهیه نقشه‌های فرونشست است. به‌منظور اجرای مدل سری زمانی SBAS، ابتدا ۱۳ تصویر راداری سنتینل ۱ مربوط به دوره زمانی ۲ ساله (از تاریخ ۲۰۲۰/۰۱/۱۰ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵) تهیه شده است (جدول ۱). تصاویر تهیه شده دارای حالت مداری صعودی، نوع IW، فرمت SLC هستند. پس از اینکه تصاویر مورد نیاز تهیه شد، به‌منظور اجرای مدل سری زمانی SBAS، از نرم‌افزار GMTSAR استفاده شده است. روش انجام کار به این صورت بوده است که ابتدا پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر شامل تصحیحات مداری، حذف خطای توپوگرافی و فیلتر تصاویر انجام شده است [۱۹ و ۲۰]. پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم، بر مبنای بیس لاین زمانی تصاویر، نقشه‌های اینترفروگرام منطقه تهیه شده است. پس از تهیه نقشه‌های اینترفروگرام، به‌منظور تهیه نقشه نهایی فرونشست، از روش سری زمانی SBAS استفاده شده است.

مرحله دوم (شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه): در این مرحله به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه از ۶ پارامتر فاصله از گسل، نوع

جدول ۱- مشخصات تصاویر راداری مورد استفاده

ردیف	تاریخ	ردیف	تاریخ
۱	۲۰۲۰/۰۱/۱۰	۸	۲۰۲۱/۰۳/۰۹
۲	۲۰۲۰/۰۳/۰۲	۹	۲۰۲۱/۰۵/۰۸
۳	۲۰۲۰/۰۵/۰۱	۱۰	۲۰۲۱/۰۷/۰۷
۴	۲۰۲۰/۰۷/۱۲	۱۱	۲۰۲۱/۰۹/۰۵
۵	۲۰۲۰/۰۹/۱۰	۱۲	۲۰۲۱/۱۱/۲۸
۶	۲۰۲۰/۱۱/۰۹	۱۳	۲۰۲۲/۰۱/۱۵
۷	۲۰۲۱/۰۱/۰۸		

جدول ۲- زوج تصاویر انتخابی برای تشکیل اینترفروگرام

شماره در شکل	زوج تصاویر	شماره در شکل	زوج تصاویر
۱	۲۰۲۰/۰۳/۰۲ - ۲۰۲۰/۰۱/۱۰	۷	۲۰۲۱/۰۳/۰۹ - ۲۰۲۱/۰۱/۰۸
۲	۲۰۲۰/۰۵/۰۱ - ۲۰۲۰/۰۳/۰۲	۸	۲۰۲۱/۰۵/۰۸ - ۲۰۲۱/۰۳/۰۹
۳	۲۰۲۰/۰۷/۱۲ - ۲۰۲۰/۰۵/۰۱	۹	۲۰۲۱/۰۷/۰۷ - ۲۰۲۱/۰۵/۰۸
۴	۲۰۲۰/۰۹/۱۰ - ۲۰۲۰/۰۷/۱۲	۱۰	۲۰۲۱/۰۹/۰۵ - ۲۰۲۱/۰۷/۰۷
۵	۲۰۲۰/۱۱/۰۹ - ۲۰۲۰/۰۹/۱۰	۱۱	۲۰۲۱/۱۱/۲۸ - ۲۰۲۱/۰۹/۰۵
۶	۲۰۲۱/۰۱/۰۸ - ۲۰۲۰/۱۱/۰۹	۱۲	۲۰۲۲/۰۱/۱۵ - ۲۰۲۱/۱۱/۲۸

کارشناس ژئومورفولوژی) بوده است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- ارزیابی وضعیت فرونشست شهر ایذه

در این پژوهش به منظور تهیه نقشه فرونشست منطقه، از تصاویر راداری و روش سری زمانی SBAS استفاده شده است. پس از تهیه تصاویر و انجام پیش پردازش‌های لازم، بر مبنای خط مبنای زمانی^۱ تصاویر، زوج تصاویر مورد نظر برای تشکیل اینترفروگرام‌های مورد نظر انتخاب شده است (جدول ۲).

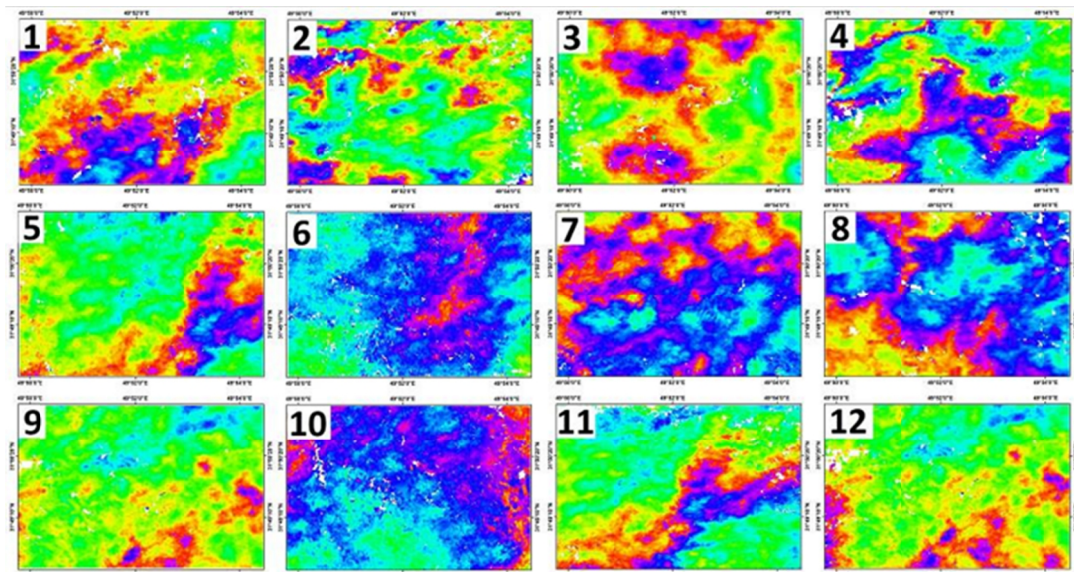
پس از انتخاب زوج تصاویر مورد نظر، در نرم‌افزار GMT، پیش پردازش‌های لازم بر روی تصاویر از جمله حذف تصحیحات مداری، حذف خطای توپوگرافی و فیلتر تصاویر انجام شده و در نهایت نقشه‌های اینترفروگرام زوج تصویرهای مورد نظر تهیه شده که در شکل ۲ نشان داده شده است.

پس از تهیه نقشه‌های اینترفروگرام، با استفاده از روش سری زمانی SBAS، نقشه میزان جابجایی عمودی منطقه از تاریخ ۲۰۲۰/۰۱/۱۰ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵ تهیه شده است (شکل ۳). بر اساس نقشه تهیه شده، منطقه مورد مطالعه در طی دوره زمانی ۲ ساله بین ۱۳ تا ۶۸ میلی‌متر فرونشست

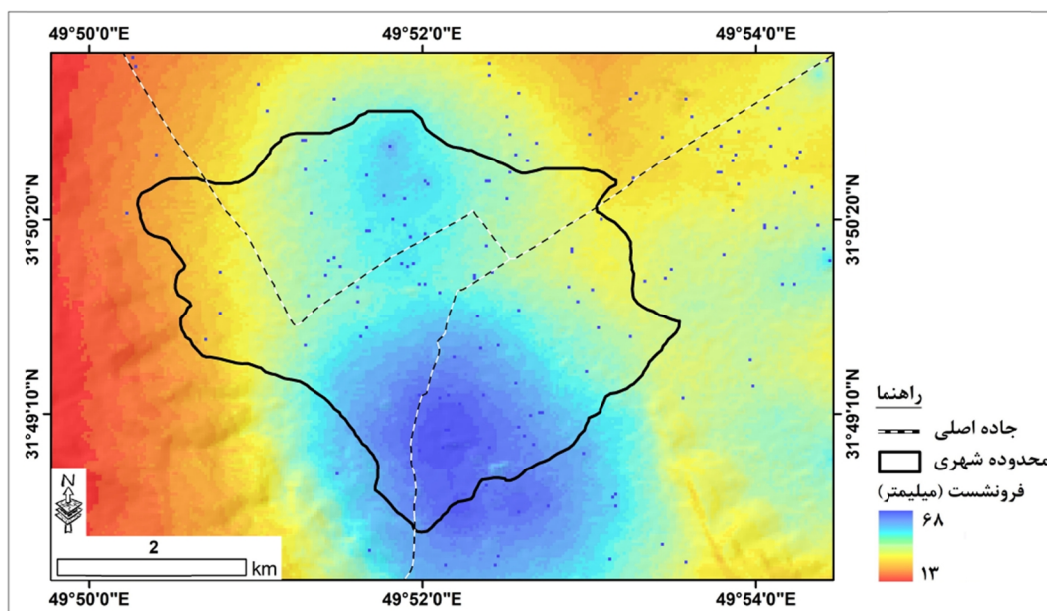
لیتولوژی، شیب، نوع کاربری اراضی، فاصله از فضاهای باز و فاصله از جاده‌های اصلی استفاده شده است. انتخاب پارامترهای بر اساس تحقیقات پیشین، نظرات کارشناسان و همچنین وضعیت منطقه بوده است. در این مرحله پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی فازی سازی شده‌اند. پس از فازی سازی لایه‌ها، با استفاده از نظرات ۵ کارشناس و مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به لایه‌های اطلاعاتی وزن داده شده است. پس از وزن دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن به دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی باهم تلفیق شده و نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین لرزه تهیه شده است.

مرحله سوم (شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی شهر ایذه): در این مرحله به منظور شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی-کالبدی شهر ایذه در سال‌های آتی، از ۱۰ پارامتر شامل ارتفاع، شیب، واحدهای ژئومورفولوژی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، لیتولوژی، فاصله از محدوده شهری، فاصله از جاده اصلی، کاربری اراضی و پتانسیل فرونشست منطقه استفاده شده است. لازم به ذکر است که انتخاب پارامترها بر مبنای وضعیت منطقه، تحقیقات پیشین و نظرات کارشناسان (۵ کارشناس برنامه‌ریزی شهری و ۵

¹Temporal Baseline



شکل ۲- نقشه‌های اینترفروگرام منطقه بر مبنای زوج تصاویر انتخابی



شکل ۳- نقشه فرونشست منطقه از تاریخ ۲۰۲۰/۰۱/۱۰ تا ۲۰۲۲/۰۱/۱۵

۲-۳- شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین لرزه

با توجه به اینکه یکی از مخاطرات پیش روی شهر ایذه، زمین‌لرزه است، در این پژوهش به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر این مخاطره پرداخته شده است. به‌منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطره زمین‌لرزه از ۶ پارامتر فاصله از گسل، نوع لیتولوژی، شیب، نوع کاربری

داشته است. آنالیز مکانی فرونشست رخ داده بیانگر این است که بیش‌ترین میزان فرونشست مربوط به مناطق جنوبی و جنوب شرقی محدوده شهری ایذه بوده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که محدوده شهری ایذه سالانه دارای حداکثر ۳/۴ سانتی‌متر فرونشست است که رقم قابل‌توجهی است و این میزان در طی دوره زمانی چندین سالانه می‌تواند سبب بروز خسارات زیادی به زیرساخت‌های این شهر شود.

اراضی، فاصله از فضاهای باز و فاصله از جاده‌های اصلی استفاده شده است. پس از تهیه لایه اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر، به منظور تهیه نقشه نهایی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی فازی سازی شده است.

به منظور فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی، به کاربری نواحی سکونتگاهی، مناطق دور از فضاهای باز، مناطق دور از جاده‌های اصلی، مناطق نزدیک به خطوط گسلی، مناطق دارای شیب زیاد و مناطق دارای لیتولوژی آبرفتی، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای کاربری فضای باز، مناطق نزدیک به فضاهای باز، مناطق نزدیک به جاده اصلی، مناطق دور از خطوط گسلی، مناطق دارای شیب کم و همچنین مناطق دارای لیتولوژی آهکی، ارزش نزدیک به صفر داده شده است (جدول ۳ و شکل ۴).

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، برای وزن دهی به آنها از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای (شکل ۵) و با توجه به رابطه درونی و بیرونی معیارها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۶ سطر و ۶ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیر معیارها استفاده شده است. به منظور امتیازدهی به معیارها از طریق پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر (۵ کارشناس برنامه‌ریزی شهری و ۵ کارشناس ژئومورفولوژی) استفاده شده است. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده و پس از به دست آوردن وزن‌های نهایی هر کدام از معیارها (شکل ۶)، در نرم‌افزار Arc GIS بر روی لایه‌های فازی شده، اعمال شده است.

پس از فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی، وزن به دست آمده از طریق مدل ANP، بر روی تمامی معیارها اعمال شد و در نهایت لایه‌های اطلاعاتی

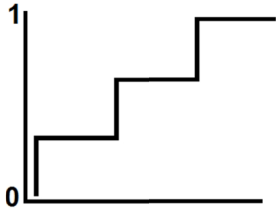
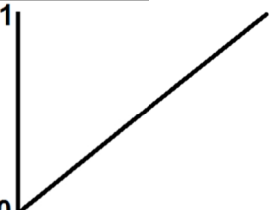
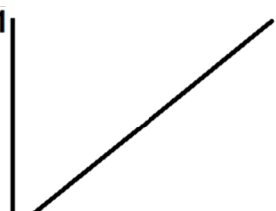
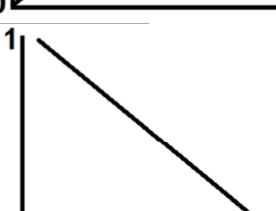
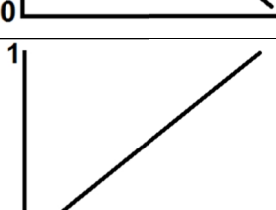
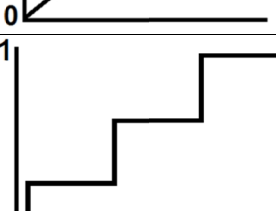
با استفاده از عملگر گامای فازی باهم ترکیب شده و نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر زمین‌لرزه در ۵ کلاس تهیه شده است (شکل ۷). بر اساس نقشه تهیه شده، بخش‌های مرکزی شهر ایذه به دلیل نوع کاربری، دور بودن از فضاهای باز و جاده‌های اصلی، پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر مخاطره زمین‌لرزه دارند.

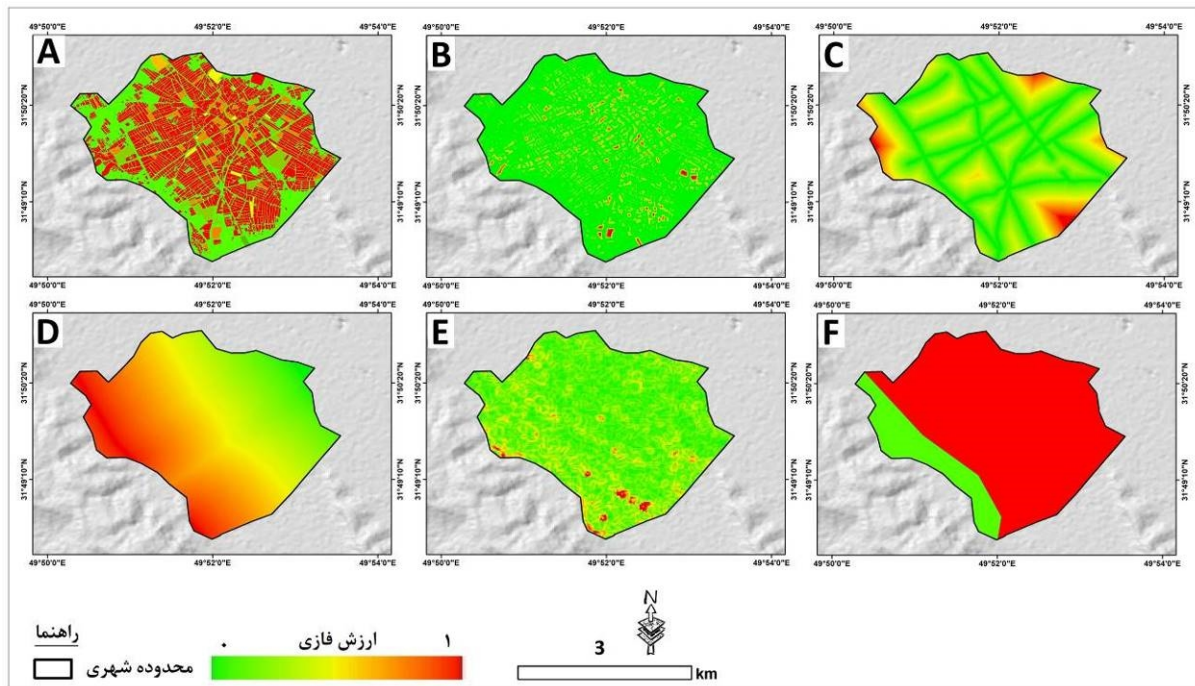
۳-۳- شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی شهر ایذه

در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی-کالبدی شهر ایذه در سال‌های آتی، از ۱۰ پارامتر شامل ارتفاع، شیب، واحدهای ژئومورفولوژی، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، لیتولوژی، فاصله از محدوده شهری، فاصله از جاده اصلی، کاربری اراضی و پتانسیل فرونشست منطقه استفاده شده است. پس از تهیه لایه اطلاعاتی مربوط به پارامترهای مورد نظر، به منظور تهیه نقشه نهایی، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی فازی سازی شده است.

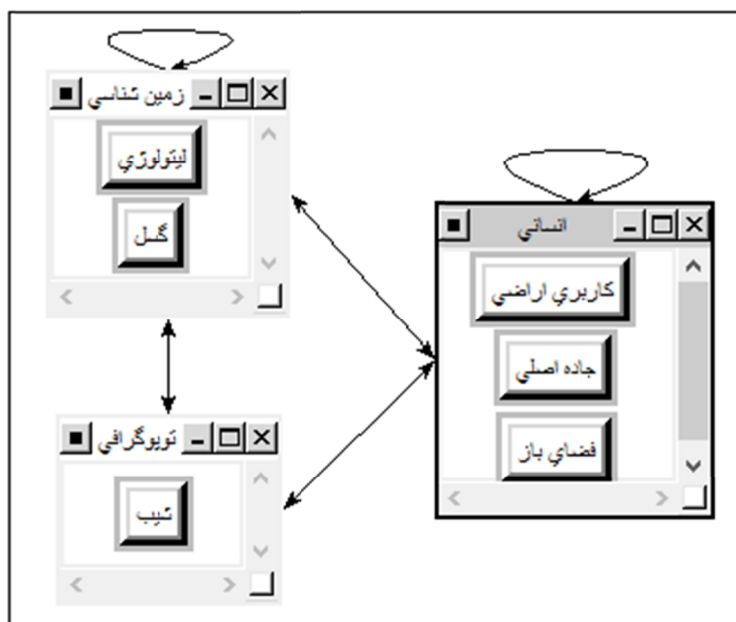
به منظور فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی، به مناطق کم ارتفاع، کم شیب، واحد دشت، دور از رودخانه، دور از خطوط گسلی، لیتولوژی آهکی، نزدیک به جاده اصلی، نزدیک به محدوده شهری، کاربری اراضی بایر و مراتع و همچنین مناطق دارای حداقل فرونشست، ارزش نزدیک به ۱ داده شده است. همچنین به مناطق مرتفع، پرشیب، واحد کوهستان، نزدیک به رودخانه، نزدیک به خطوط گسلی، لیتولوژی مواد آبرفتی، دور از جاده اصلی، دور از محدوده شهری، کاربری کشاورزی و باغات و همچنین مناطق دارای حداکثر فرونشست، ارزش نزدیک به صفر داده شده است (جدول ۴ و شکل ۸).

جدول ۳- نحوه فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی

شماره شکل	تابع عضویت	نحوه استانداردسازی	معیار
A		- سکونتگاهی دارای ارزش ۰/۹ - آموزشی و مذهبی دارای ارزش ۰/۷ - صنعتی دارای ارزش ۰/۵ - خدماتی دارای ارزش ۰/۴ - ورزشی دارای ارزش ۰/۳ - فضاهای سبز دارای ارزش ۰/۲ - فضاهای باز دارای ارزش ۰/۱	کاربری اراضی
B		مناطق دور از فضاهای باز، پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر زمین‌لرزه دارند.	فضاهای باز
C		مناطق دور از جاده‌های اصلی، پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر زمین‌لرزه دارند.	جاده اصلی
D		مناطق نزدیک به خطوط گسلی، پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر زمین‌لرزه دارند.	گسل
E		مناطق پرشیب، پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر زمین‌لرزه دارند.	شیب
F		- مواد آبرفتی دارای ارزش ۰/۹ - آهک و شیل دارای ارزش ۰/۷ - آهک دارای ارزش ۰/۵	لیتولوژی



شکل ۴- نقشه فازی سازی شده پارامترها (A) کاربری اراضی (B) فاصله از فضاهای باز (C) فاصله از جاده (D) فاصله از گسل (E) شیب (F) لیتولوژی

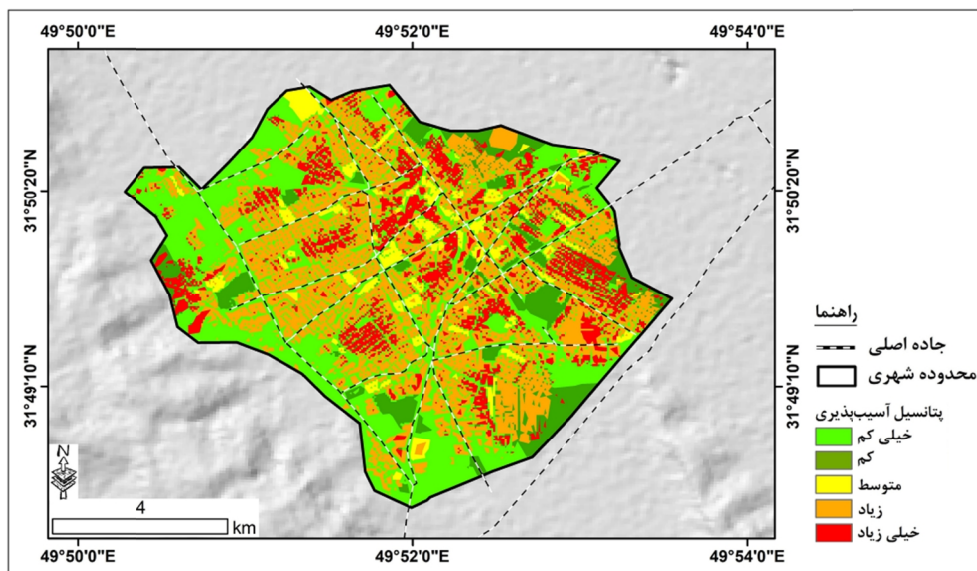


شکل ۵- ساختار شبکه‌ای ANP

The inconsistency index is 0.0434. It is desirable to have a value of less than 0.1

جاده اصلي		0.173281
شيب		0.109160
فضاي باز		0.218320
ليتولوژي		0.086640
كاربري اراضي		0.275066
گسل		0.137533

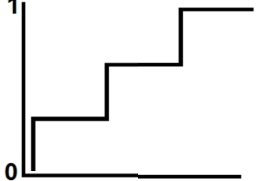
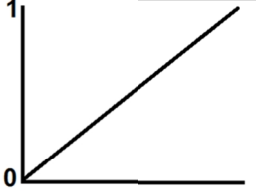
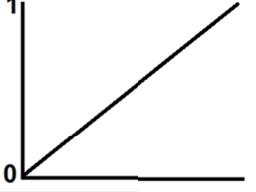
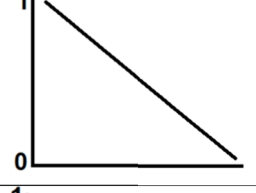
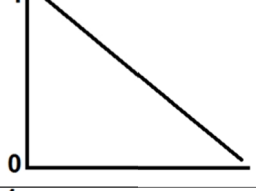
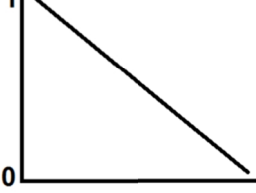
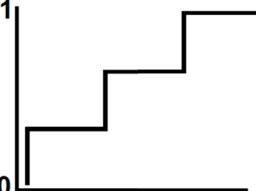
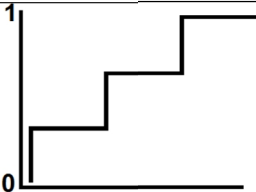
شکل ۶- وزن نهایی معیارها بر اساس مدل ANP

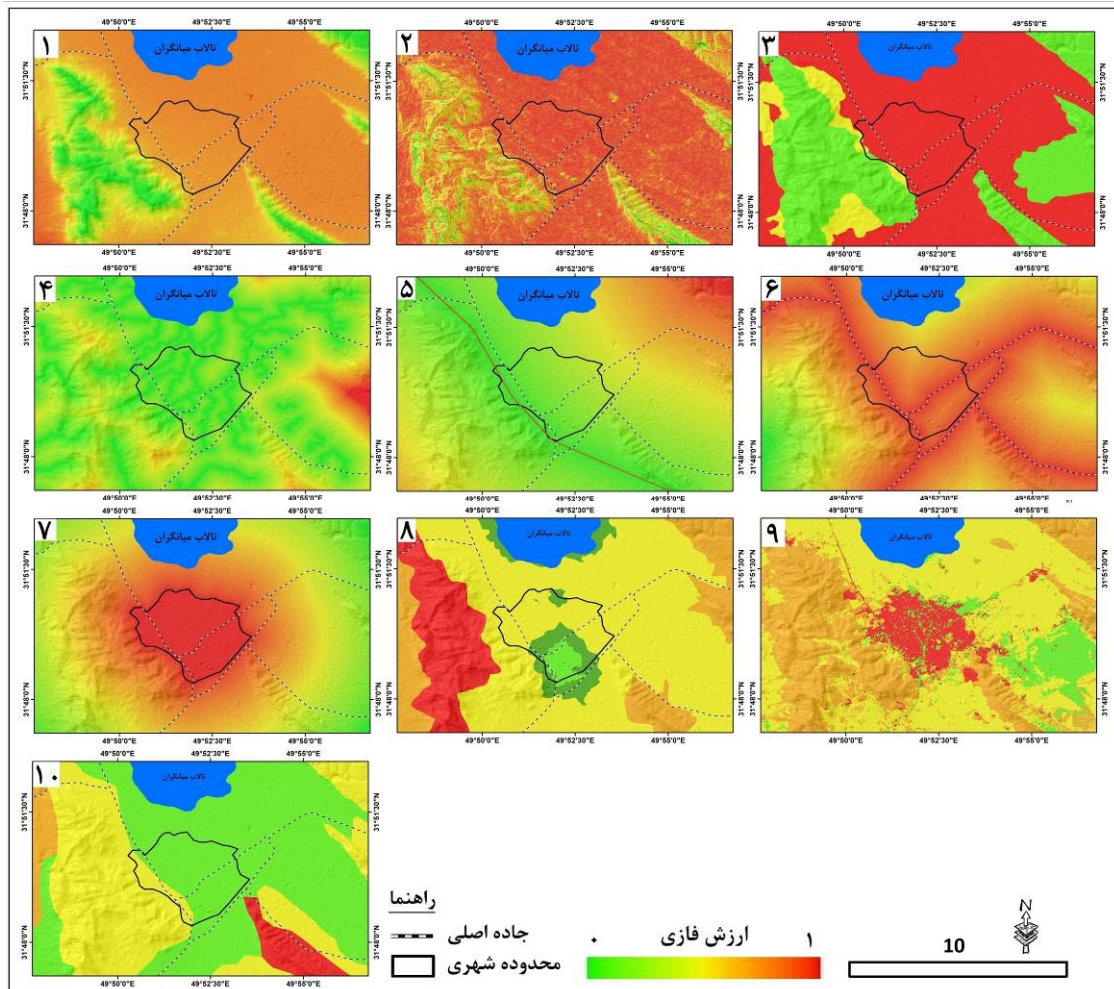


شکل ۷- نقشه پتانسیل آسیب‌پذیری شهر ایزه در برابر مخاطره زمین‌لرزه

جدول ۴- نحوه فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی

شماره شکل	تابع عضویت	نحوه استانداردسازی	معیار
۱		مناطق کم ارتفاع، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	ارتفاع
۲		مناطق کم شیب، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	شیب

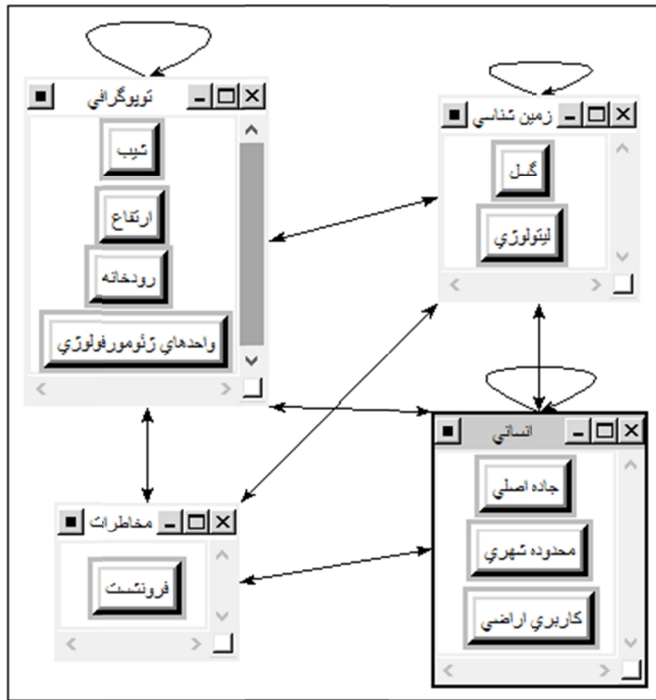
شماره شکل	تابع عضویت	نحوه استانداردسازی	معیار
۳		- واحد دشت دارای ارزش ۰/۹ - واحد تپه‌ماهور دارای ارزش ۰/۲ - واحد کوهستان دارای ارزش ۰/۱ - واحد تالاب دارای ارزش صفر	واحدهای ژئومورفولوژی
۴		مناطق دور از رودخانه، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	فاصله از رودخانه
۵		مناطق دور از خطوط گسلی، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	فاصله از گسل
۶		مناطق نزدیک به جاده اصلی، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	فاصله از جاده اصلی
۷		مناطق نزدیک به محدوده شهری، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	فاصله از محدوده شهری
۸		مناطق دارای حداقل فرانشست، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی-کالبدی شهری دارند.	فرانشست
۹		- محدوده شهری دارای ارزش ۰/۹ - اراضی بایر و مراتع دارای ارزش ۰/۵ - کشاورزی دارای ارزش ۰/۳ - باغات دارای ارزش ۰/۱	کاربری اراضی
۱۰		- آهک دارای ارزش ۰/۹ - آهک و شیل دارای ارزش ۰/۷ - آهک و مارن دارای ارزش ۰/۵ - مواد آبرفتی دارای ارزش ۰/۳	لیتولوژی



شکل ۸- نقشه فازی سازی شده لایه‌های اطلاعاتی (۱) ارتفاع (۲) شیب (۳) واحدهای ژئومورفولوژی (۴) فاصله از رودخانه (۵) فاصله از گسل (۶) فاصله از جاده اصلی (۷) فاصله از محدوده شهری (۸) پتانسیل فرونشست (۹) کاربری اراضی (۱۰) لیتولوژی

پس از فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی، وزن به‌دست‌آمده از طریق مدل ANP، بر روی تمامی لایه‌ها اعمال شد. پس از اعمال وزن به‌دست آمده، همانند مرحله قبلی، لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر گامای فازی باهم ترکیب شده و در نهایت نقشه نهایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی-کالبدی شهر ایزده برای سال‌های آتی تهیه شده است (شکل ۱۱). بر اساس نتایج حاصله، بخش‌های شمال شرقی محدوده شهری ایزده، پتانسیل بیش‌تری برای توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی دارد.

در این بخش نیز پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، برای وزن دهی به آنها از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. برای این منظور پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای (شکل ۹) و با توجه به رابطه درونی و بیرونی معیارها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۱۰ سطر و ۱۰ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این معیارها و زیرمعیارها استفاده شده است و در نهایت وزن نهایی از پارامتر محاسبه شده است (شکل ۱۰).



شکل ۹- ساختار شبکه‌ای ANP



شکل ۱۰- وزن نهایی معیارها بر اساس مدل ANP

۳۳

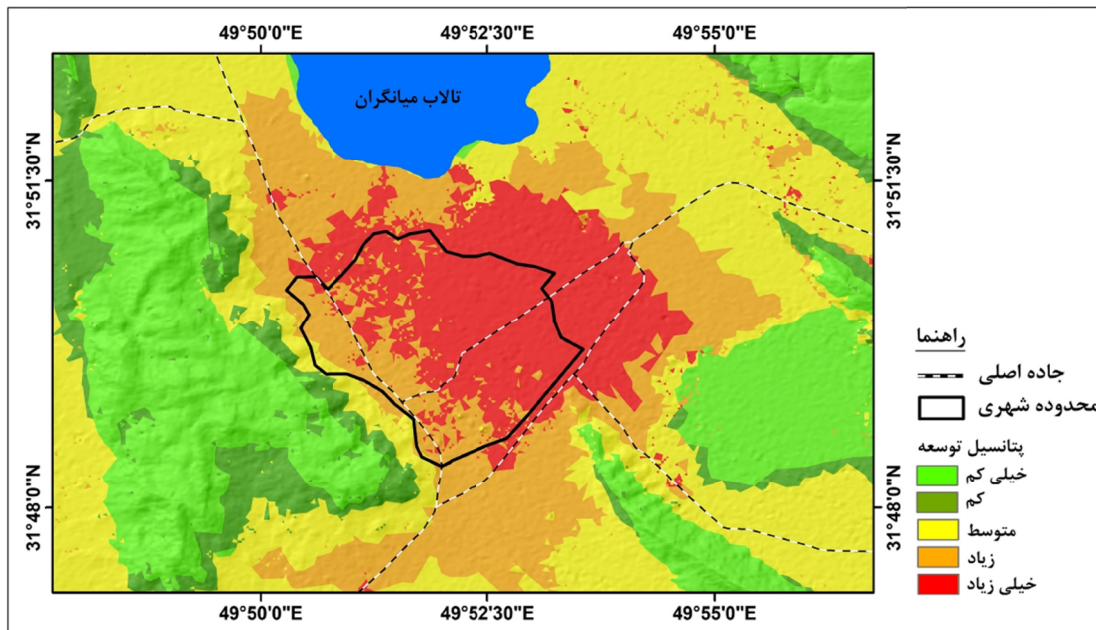
شماره ۲۸

زمستان ۱۴۰۳

فصلنامه علمی

و پژوهشی





شکل ۱۱- نقشه پتانسیل آسیب‌پذیری شهر ایذه در برابر مخاطره زمین‌لرزه

۴- نتیجه‌گیری

روند افزایشی جمعیت و توسعه ساخت‌وسازها، زمینه را برای بروز مخاطرات در محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه فراهم آورده است. نتایج به‌دست‌آمده از تصاویر راداری نشان داده است که محدوده شهری و حاشیه شهری ایذه در طی دوره زمانی ۲ ساله بین ۱۳ تا ۶۸ میلی‌متر فرونشست داشته است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که محدوده شهری ایذه سالانه دارای حداکثر ۳/۴ سانتی‌متر فرونشست است که رقم قابل توجهی است و این میزان در طی دوره زمانی چندین سالانه می‌تواند سبب بروز خسارات زیادی به زیرساخت‌های این شهر شود.

آنالیز مکانی فرونشست رخ داده بیانگر این است که بیش‌ترین میزان فرونشست مربوط به مناطق جنوبی این شهر است. همچنین با توجه به موقعیت زمین‌شناسی شهر ایذه، این شهر دارای پتانسیل لرزه‌خیزی بالایی است. نتایج به‌دست‌آمده از وضعیت آسیب‌پذیری شهر ایذه در برابر مخاطره زمین‌لرزه نشان داده است که حدود ۴۸ درصد از محدوده شهری ایذه به دلیل تراکم

نواحی سکونتگاهی و دور بودن از فضاهای باز و جاده‌های اصلی، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری زیادی در برابر مخاطره زمین‌لرزه هستند. نتایج شناسایی مناطق مستعد توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی نیز نشان داده است که حدود ۴۹ درصد از مناطق حاشیه‌ای شهر ایذه که عمدتاً منطبق بر مناطق شمال شرقی شهر ایذه است، مستعد توسعه فیزیکی است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، شهر ایذه پتانسیل مخاطره‌پذیری بالایی دارد و این مسئله بیانگر ضرورت توجه به عوامل محیطی در برنامه‌ریزی‌های آتی است. بر این اساس، لازم است تا علاوه بر کنترل روند مخاطره‌فرونشست، بر ساخت و سازها و مقاومت آن‌ها در برابر مخاطره زمین‌لرزه توجه ویژه‌ای شود. همچنین از توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی به سمت مناطق آسیب‌پذیر جلوگیری شود.

۵- قدردانی

پژوهشگران از کلیه همکاران و اساتیدی که در تکمیل پرسشنامه مشارکت داشتند و با

راهنمایی‌های خود در انجام پژوهش حاضر نقش آفرینی کردند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

۶- منابع

- ۱- قائدرحمتی، صفر؛ خادم‌الحسینی، احمد؛ سیاوشی، طاهره. (۱۳۹۲). تحلیل میزان ریسک‌پذیری سکونتگاه‌های شهری استان لرستان از خطر زلزله. جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، ۹ (۳)، ۱-۱۴.
- ۲- محمدخان، شیرین؛ گنجائیان، حمید؛ شهری، سمیه؛ عباس‌زاده، امیرعلی. (۱۳۹۸). پیش‌بینی روند توسعه شهری به سمت مناطق مخاطره‌آمیز با استفاده از تصاویر چند زمانه (مطالعه موردی: شهر مریوان). سپهر، ۲۸ (۱۱۰)، ۱۱۷-۱۰۷.
- ۳- پورجعفر، محمدرضا؛ منتظرالحجه، مهدی؛ رنجبر، احسان؛ کبیری، رضا. (۱۳۹۱). بررسی روند توسعه فیزیکی شهر جدید سهند و تعیین محدوده‌های مناسب به‌منظور توسعه آن. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۴ (۱۳)، ۸۱-۹۴.
4. Pelling, M. 2007. Investigating urban risk accumulation in six countries in Africa urban risk analysis network, Natural Hazards, and Earth System Sciences, pp.11-2105.
5. Mas, J. F.; Kolb, M.; Paegelow, M. & Camacho Olmedo, M. T. 2014. Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. Environmental Modelling & software. 51: 94-111.
- ۶- گنجائیان، حمید. (۱۳۹۹). مخاطرات ژئومورفولوژیک مناطق شهری، روش‌های مطالعه و راهکارهای کنترل آن، نشر انتخاب، ۱۴۴ صفحه.
7. Bagan. H., Yamagata. Y., 2012. Landsat Analysis of Urban Growth: How Tokyo became the world's largest megacity during the last 40 years. Remote Sensing of Environment, 127, 210-222.
8. Bakkensen, L. A., Lent, C., Laura, K., Read, L.K., Linkov, I., 2016. Validating Resilience and Vulnerability Indices in the Context of Natural Disasters. Risk Analysis, 37 (5), 982-1004.
9. Serre, D., Barroca, B., Balsells, M., Becue, V. 2016. Contributing to urban resilience to floods with neighbourhood design: the case of Am Sandtorkai/Dalmanckai in Hamburg, Journal of Flood Risk Management, Vol.11, No.s.1, First Published: 18 May2016, PP: 69-83.
10. Dandapat, K., Panda, G. 2018. A geographic information system-based approach of flood hazards modelling, Paschim Medinipur district, West Bengal, India. Juornal of Jamba. 10 (1): 518.
11. Shi, X., Chen, C., Dat, K., Deng, J., Wen, N., Yin, Y., Dong, X. 2022. Monitoring and Predicting the Subsidence of Dalian Jinzhou Bay International Airport, China by Integrating InSAR Observation and Terzaghi Consolidation Theory. Remote Sens. 14 (10).
12. Bokhari, R., Shu, H., Tariq, A., Al-Ansari,

N., Guluzade, R., Chen, T., Jamil, A., Aslam, M. 2023. Land subsidence analysis using synthetic aperture radar data, Heliyon, 9 (10).

۱۳- صفایی‌پور، مسعود؛ امان‌پور، سعید؛ بسطامی‌نیا، ذوالفقار. (۱۳۹۰). تحلیل و بررسی نقش مهاجرت در توسعه کالبدی- فضایی شهر یاسوج (طی سال‌های ۸۵-۱۳۴۵). نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی (جغرافیای انسانی)، ۳ (۴)، ۱۴۵-۱۵۸.

۱۴- صفایی‌پور، مسعود؛ شجاعیان، علی؛ آتش‌افروز، نسرين. (۱۳۹۵). پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP در محیط GIS منطقه مورد مطالعه روستای دره گز قلندران شهر دهدز. جغرافیای طبیعی، ۹ (۳۱)، ۱۱۸-۱۰۵.

۱۵- جوانشیری، مهدی؛ عنایستانی، علی‌اکبر؛ سجاسی قیداری، حمدالله. (۱۳۹۸). بررسی عوامل مؤثر بر تحولات کالبدی- فضایی سکونتگاه‌های روستایی مجموعه شهری مشهد. جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۶ (۲)، ۱۷-۴۷.

۱۶- لاله‌پور، منیژه؛ اسمعیل‌پور، منیژه؛ پهلوانی، فرزانه. (۱۴۰۰). بررسی توسعه کالبدی شهر خرم‌آباد با تأکید بر شاخص‌های توسعه درونی شهر. مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های روستایی، ۱۶ (۴)، ۹۳۴-۹۱۹.

۱۷- آتش‌افروز، نسرين؛ صفائی‌پور، مسعود. (۱۴۰۰). ریز پهنه‌بندی زمین‌لغزش با استفاده از تکنیک دیمتل و AHP فازی (مطالعه موردی: بخش دهدز استان خوزستان)، مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه‌ای، دوره ۲، شماره ۲، صص ۸۱-۶۱.

۱۸- ملکی، سعید؛ ابراهیمی، اعظم. (۱۴۰۲). ارزیابی روند توسعه فیزیکی نواحی سکونتگاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: شهر هندیجان). جغرافیا و توسعه، ۲۱ (۷۲)، ۱۷۷-۱۶۶.

19. Zhang, Y., Liu, Y., Jin, M., Jing, Y., Liu, Y., Liu, Y., Sun, W., Wei, J., Chen, Y. 2019. Monitoring Land Subsidence in Wuhan City (China) using the SBAS-InSAR Method with Radarsat-2 Imagery Data, Sensors, 19, 743.

20. Zhou, Z. 2013. The applications of InSAR time series analysis for monitoring long-term surface change in peatlands, University of Glasgow.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

