University of Sistan and Baluchestan

Geography and Territorial Spatial Arrangement

Print ISSN: 2345 - 2277 Online ISSN: 2783 - 5278

Association of Geography and Planning of Border Areas of Iran

Zoning of Urban Lands Based on the Effective Indicators on the Seismicity Potential (Case Study: District 5 of Tabriz Municipality)

Yosef Hazrati Leilan [1], Hassan Satari Sarbangoli [2]✉, Mir Saeed Mousavi [3]

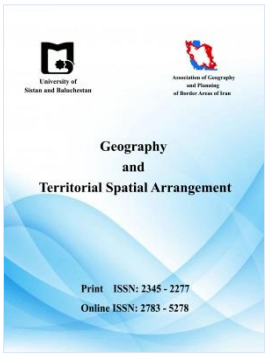
1. PhD student in the Department of Urban Planning, International Campus, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: hazrati_yosef@yahoo.com
2. Associate Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. ✉ E-mail: sattari@iaut.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Architecture and Urban Planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran. E-mail: ms.moosavi@iaut.ac.ir

How to Cite: Hazrati Leilan, Y; Satari Sarbangoli, H & Mousavi, M.S. (2023). Zoning of Urban Lands Based on the Effective Indicators on the Seismicity Potential (Case Study: District 5 of Tabriz Municipality). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 13 (48), 141-146.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2023.45177.3104

Article type:
Research Article

Received:
04/04/2023
Received in revised form:
06/06/2023
Accepted:
27/11/2023
Publisher online:
04/12/2023



Keywords:
urban land zoning, seismicity risk, Fuzzy ANP, Zone 5 of Tabriz Municipality.

ABSTRACT

The place where people live has occupied a major share of urban land use levels. In small cities, more than 60 percent and in big cities about 40 percent of the city surface is allocated to urban settlements. Some urban settlements in the great city of Tabriz are in the vicinity of the active fault in the north of Tabriz and have been exposed to natural destructive factors such as seismicity. The settlement situation in the urban lands of the 5th region of Tabriz municipality and the need for detailed planning for physical development or segmentation in the future, make the zoning of urban lands necessary, especially in big cities. The aim of this research is to determine the current status of the pattern of urban land uses in Zone 5 of Tabriz municipality and zoning of the studied area based on the basic effective indicators of seismicity in vulnerable areas based on the standards of urban land uses. In this research, multi-criteria evaluation methods based on Fuzzy ANP hierarchical network analysis with GIS integration have been used to produce and analyze maps and different layers. The results showed that out of the total area of 3617 hectares of the study area about 210 hectares have a very low standard level in the northwest regions, 2130 hectares have a low standard level in mainly eastern, northeastern and southern regions, 823 hectares have an average standard level in the regions They have mainly south and south-west, 348 ha have high standard level in south and mainly south-west and 104 ha have very high standard level mainly in south.

© the Author(s).

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

Usually, more than 90 percent of damages are related to replacement and incorrect location of buildings and structures (Rjaey, 2003). While the city develops, not only the land surface changes, but also new landforms are created which have irreparable effects on the natural environment of the city (Rostaie, 2013). Paying attention to the factors affecting environmental risks makes it necessary to pay attention to the influence of morphogenetic phenomena in decisions that lead to the presentation of construction plans (Mokhtari, 2015). The most important urban environmental risks mainly include earthquakes, floods, mass movements, falls, mud flows, debris flows, subsidence, layered creep and dissolution (Hosseinzade Dalir, 2002). The plans for the construction of fragmented scattered settlements and the transfer of land by municipalities and official and legal institutions have led to the very rapid development of the city of Tabriz and this development has also led to the aggravation of instability and the change of the dynamic situation governing these areas (Pourmohammadi et al., 2010). Considering the importance of environmental hazards such as earthquakes and the need for accurate urban planning, the purpose of this research is zoning urban land use in District 5 of Tabriz municipality based on the factors affecting seismicity for the establishment of urban settlements using Fuzzy ANP and GIS models.

Study Area

District 5 of Tabriz municipality with an area of about 3617 hectares is located in the northeast of Tabriz in the geographical position of 46-20 to 46-28 east longitude and 0-38 to 38-5 north latitude.

Material and Methods

A) Data collection

In this research, 12 variables including population, building, building blocks, number of building floors, age of structures, distance from fault, slope, geology, quality of structures, land use, type of construction materials and access to road network according to land use layer The city of Tabriz is used. ArcGIS 10.1 software and Fuzzy ANP model have been used to prepare the database of the mentioned layers.

B) Data analysis

Hierarchical network analysis related to the Fuzzy ANP model is used in the process of solving problems in strategic decision-making (Tolga, 2004: 90). In this research, this analysis along with GIS is used in a combined form.

C) Production of the final map

The final zoning map related to urban land based on seismicity risks was produced in three stages. In the first step, the main maps effective in the model were prepared in real scales. In the second step, these maps were converted into proportional ranking maps according to the importance of each class in numerical scales. In the third step, according to the level of priority of the layers to each other, the scores of each map were calculated and together with the extraction of the final weights, these layers were merged with each other in the form of a fuzzy hierarchical model.

Result and Discussion

In the city of Tabriz, development has been towards high-risk areas and construction is also expanding towards these areas. In the city of Tabriz, the establishment of urban settlements faces obstacles and risks such as height mismatch, slope, domain instability, threats of fault activity and geological structure mismatch. In some of the developed areas of Tabriz city, settlements are located in urban land on high points (such as hills) or on weak formations with non-resistant and detached lithology. In addition to causing serious changes in natural landforms, this situation also changes the surface of the earth and its effects are evident in stimulating dangerous geomorphic factors, especially during local and seasonal heavy rains. The presence of a large active fault in the north and northeast of Tabriz city indicates the continuation of geological activities in the region. Also the presence of slope ruptures and the subsidence of layers and the lack of vegetation on the slopes show that this region has not yet reached a state of equilibrium in terms of geological movements and these movements continue in it. The presence of Avnebenali heights in the northern part which is west-east, often threatens the studied area in terms of environmental risks caused by floods, debris falls and surface water fluctuations.

According to the geological and lithological suitability layer in the northern and northeastern lands, the alternation of Marni layers with lime and salt and conglomerate sandstones during an earthquake causes instability and mass displacement and causes serious damage to the foundations of structures. The formations

of the region include red marl with layers of sand with chalk and salt, alluvium and alluvium terrace and weak alluvial ridges. These formations have expanded widely in the north, northeast and northwest and the passage of the active fault in the north of Tabriz (170 km long) with its branches in the northwest and southeast has increased the risks of possible earthquakes. Some of the geological issues and challenges caused by this factor include: severe slope, especially in the subsidence area in the north and northeast of the region and the path of the active fault line in the north of Tabriz, risks of subsidence, collapse, creep and landslide. Therefore, the northern and northeastern parts are a very inappropriate area in the vicinity of the northern fault of Tabriz with the marni lands with a slope for the development of urban lands. In this area, things like mountain fall, subsidence of the earth in Marni formations and dissolution phenomenon are inevitable. Also land subsidence and the possible depression of residential units due to the intensification of long-term dissolution in the limestone and Marni formations in the bed of this area is one of the potential threats. The cracking of the walls and the bending of some buildings in the heights are evidence of the instability of the bed in this formation so the continuation of construction in this area should be avoided.

Conclusion

Urban land use zoning in District 5 of Tabriz municipality was extracted in the form of 17 degrees of risk. According to the final urban land zoning map, out of the total area of 3617 hectares of the studied area about 210 hectares have a very low standard level in the northwest areas, 2130 hectares have a low standard level in the mainly eastern, northeastern and southern areas, 823 hectares have a standard level They have medium in mainly south and southwest areas, 348 ha have high standard level in south and mainly southwest and 104 ha have very high standard level mainly in south. Therefore according to similar comparisons, it is suggested that the construction and development of urban land be directed towards the relatively safer areas of the south and southwest. According to the urban land use map, we conclude that the expansion of the city was based on the comprehensive plan. This comprehensive plan determines the urban boundaries and different land uses. It should be noted that the expansion of the city in dangerous areas is not an irregular expansion because these areas have a specific structure which means that they have been expanded based on the master plan or plans presented by the relevant organizations. The construction of relatively tall towers in the fault zone or dangerous zones as well as the construction in the northern and northeastern slopes of the city which is still ongoing, show that this procedure is according to the plan. Therefore the hypothesis that this entire expansion is without regard to urban development laws is a completely false hypothesis.

Urban land use zoning in District 5 of Tabriz municipality was extracted in the form of 17 degrees of risk. According to the final urban land zoning map, out of the total area of 3617 hectares of the studied area, about 210 hectares have a very low standard level in the northwest areas, 2130 hectares have a low standard level in the mainly eastern, northeastern and southern areas, 823 hectares have a standard level They have medium in mainly south and southwest areas, 348 ha have high standard level in south and mainly southwest and 104 ha have very high standard level mainly in south. Therefore according to similar comparisons, it is suggested that the construction and development of urban land be directed towards the relatively safer areas of the south and southwest. According to the urban land use map, we conclude that the expansion of the city was based on the comprehensive plan. This comprehensive plan determines the urban boundaries and different land uses. It should be noted that the expansion of the city in dangerous areas is not an irregular expansion because these areas have a specific structure which means that they have been expanded based on the master plan or plans presented by the relevant organizations. The construction of relatively tall towers in the fault zone or dangerous zones as well as the construction in the northern and northeastern slopes of the city which is still ongoing, show that this procedure is according to the plan. Therefore, the hypothesis that this entire expansion is without regard to urban development laws is a completely false hypothesis.

It is also suggested that the relevant organizations, especially the deputy of urban planning and architecture of Tabriz city (preparer and implementer of comprehensive plans) should strictly avoid issuing building permits in dangerous areas and changing the use of land through the relevant commissions and apply fundamental changes in these plans so that any action in this regard is in safe areas or at least with little risk and based on zoning prepared by experts.

Key words: urban land zoning, seismicity risk, Fuzzy ANP, Zone 5 of Tabriz Municipality.

References

Ansari, Azadeh, 2014, evaluation and location of physical development directions of the city using the fuzzy logic model of the studied area of Hamadan city, the second national conference of geography and geology, Tehran. *(In Persian)*

Ayoubi, Shams A..., Jalalian, Ahmed, 2015, Assessment of agricultural land uses and natural resources, Isfahan University of Technology Publications. *(In Persian)*

Eastman, Ronald, 2006, translated by Abdul Rasool Salman Mahini, Hamidreza Ghayab. Remote Sensing and Applied Geographical Information Systems with Idrisi Software - Tehran: Mehr Mahdis, 2018. *(In Persian)*

Farajzadeh, Manouchehr; Forough insight. 2015. Sensibility zoning of geological formations against earthquake forces in Shiraz region using GIS, Geographical Research Magazine, Institute of Geography, University of Tehran, No. 55. Spring 2015, pp. 59-72. *(In Persian)*

https://www.sid.ir/paper/5554/fa

Geological Organization of the country, Geological Organization of East Azarbaijan Province. *(In Persian)*

Hosseinzadeh Delir, Karim. 2013. Regional Planning, Tehran: Samit Publications. *(In Persian)*

Hwang, Heung-Suk. 2004. Web-based multi-attribute analysis model for engineering project evaluation, Journal of Computer & industrial engineering. No 46. Vol. 46, Issue 4, July, pp 669-678.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835204000658).

Khairulmaini, o.2015. Urban Environmental Hazard and its Impact on the Urban Dwellers-A Model for the Klang Valley Region , MALASIA.Jornal of Environmental Management and Coopeation in SouthEast ASIA. VOL 2. PP 43-57.

Liu Jie, Ye Jing, Yang Wang, Yu Shu-xia. 2010. Environmental Impact Assessment of Land Use Planning in Wuhan City Based on Ecological Suitability Analysis. Journal of Procedia Environmental Sciences.Vol. 2, pp 185-191.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000551?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1).

Makhdoom, Majid; Darvish Safat, Ali Asghar; Jafarzadeh, Horfer; Makhdoom, Abdul Reza. 2013. Environmental assessment and planning with geographic information systems (GIS), Tehran: Tehran University Press. *(In Persian)*

Maleczews, Yachek. 1385. Geographic information system and multi-criteria decision analysis, translated by Akbar Parhizkar and Ata Ghafari Gilande, Tehran: Samit Publications. *(In Persian)*

Meng Yunliang, Malczewski Jacek, Boroushaki Soheil. 2011. A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta. Journal of Journal of Geographic Information System. Vol.3 No.1, January 2011. pp 50-61.

(https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=3705)

Ministry of Housing and Urban Development, Housing and Urban Development Organization of East Azarbaijan Province. *(In Persian)*

Ministry of Roads and Urban Development, High Council of Urban Planning of East Azarbaijan Province. *(In Persian)*

Mohammadi Dehchashmeh, Mustafa. 2013. Measuring the permeability of Karaj urban fabric against hazards. Space Planning and Design Quarterly, Tarbiat Modares University, 18th period. Number 3. Series 85. Autumn 2013. pp. 53-77. *(In Persian)*

https://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-9198-fa.html

Mokhtari, Dawood. 2014. Vulnerability of human settlements from fault activity and the necessity of their relocation (case example: villages located along the Northern Mishu fault), Geographical Research Quarterly, No. 53. Spring 2014. pp. 71-86. *(In Persian)*

https://journals.ut.ac.ir/article_17758.html

Mokhtari, Dawood; Emamikia, Vahid. 2013. Urban land use zoning in Aram town of Tabriz based on the basic indicators of geomorphic hazards. The Journal of Geographical Survey of Space, Golestan University, 4th term. Number 12, September 2013. pp. 149-172. *(In Persian)*

https://gps.gu.ac.ir/article_7509.html

Mokhtari, Mehdi; Safai Asl, Arash; Rangzan, Kazem; Firuzi Mohammad Ali. 2015. Modeling the development of urban functions and the use of environmental models in GIS software to determine suitable areas for the physical development of the city, the third conference on spatial information systems, Tehran. *(In Persian)*

Muhamad, Nurfashareena, Lim Choun-Sian, Hasan Reza Mohammad Imam, Pereira Jacqueline. 2015. Urban Hazards Management : A case study of Langut river basin,Peninsular Malaysia. Proceeding of the 2015 International Conference on Space science and Communication (Icon space). 10-12 August 2015. Langkawi Malaysia . PP 438-443.

(https://www.academia.edu/25614284/Urban_Hazards_Management_A_Case_Study_of_Langat_River_Basin_Peninsular_Malaysia).

Ogujiuba, Kanayo K, Ehigiamusoe Kizito Uyi, . et al. 2013. The challengers and Implications of sustainable Development in Africa: Policy options for Nigeria. Journal Economic Cooperation Development. VOL 32. NO 4. PP 77-112.

(https://www.researchgate.net/publication/287305854_The_challenges_and_implications_of_sustainable_development_in_Africa_Policy_options_for_Nigeria)

Pourmohammadi, Mohammadreza; Jamali, Firoz; Taghipour, Ali Akbar. 1389. Locating urban services with a combination of GIS and ANP model (case study: primary schools in Shahrood city), Geographic Space Quarterly, Islamic Azad University, Ahar Branch, No. 31. Fall 2019, pp. 118-91. *(In Persian)*

https://www.sid.ir/paper/91524/fa

Qudsipour, Hassan. 2014. ANP Hierarchical Analysis Process, Tehran, Amir Kabir University of Technology Publications. *(In Persian)*

Rahmani, Mohammad Taghi. 2019. Collection of topics and methods of urban planning: Geography. 5th edition, Iranian Architecture and Urban Planning Studies and Research Center. *(In Persian)*

Rajaei, Abdul Hamid. 2012. Application of geomorphology in environmental management. Tehran: Qoms Publications. *(In Persian)*

Rural, Shahram; Sari Saraf Behrouz. 2016. Zoning of environmental hazards effective in the physical development of Tabriz city, Sarzemin Geographical Journal. Islamic Azad University Science and Research Unit, third volume. Number 2. Serial 10. Summer 2015. pp. 110-127. *(In Persian)*

https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_5955.html

Saberifar, Rostam. 2013. The study of the physical development of Birjand city with the criterion of environmental hazards. Urban Ecology Research Quarterly. Payam Noor University, third term. Number 6. Serial number 6. pp. 93-102. *(In Persian)*

https://grup.journals.pnu.ac.ir/article_1060.html

Sepehr, Adel; Kavian Ahangar, Raheel. 2013. Classification of tolerance of urban areas of Mashhad metropolis to environmental hazards using SIMUS periodic interaction linear programming. , Environmental hazards. Ferdowsi University of Mashhad, third term. Number 1. Serial number 9. May 2019. pp. 125-141. *(In Persian)*

https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1043211.html

Soyoung Park , Seongwoo Jeon , Shinyup kim, Chuluong Choi. 2011. Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea, Journal of Landscape and Urban Planning. Volume 99, Issue 2, 28 February 2011, Pages 104-114 .

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204610002367

Tharvati, Mohammadreza; Khazri, Saeed. Rahmani Tawfiq 2018. Investigating the natural bottlenecks of the physical development of Sanandaj city, natural geography researches, University of Tehran, volume 41, number 67, spring 2018, pp. 13-29. *(In Persian)*

https://journals.ut.ac.ir/article_21393.html

Tolga Ethem, Demircan Murat Levent, Kahraman Cengiz. 2004. Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, International Journal of Production Economics, Volume 97, Issue 1, 18 July 2005, Pages 89-117.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527304002804).

Vafaiyan, Mahmoud. 1371. Rock Mechanics. Yazd: Yazd University Publications, Ministry of Housing and Urban Development, Housing and Urban Development Organization of East Azerbaijan Province. *(In Persian)*

Yaakup Ahris, Johar Foziah, Maidin Mohd Anuar, Ahmad Ezrein Faizal. 2004. GIS and Decision Support Systems for Malaysian Development Plan Studies, Conference or Workshop Item.

(http://eprints.utm.my/630/2/GIS_AND_DECISION_SUPPORT_SYSTEMS%28%29Ahris_Yaakup.pdf)

Yu Chian-Son. 2002. A GP-ANP method for solving group decision-making fuzzy ANP problems, Journal of Computer & Operation Research. No 29. Vol 29, Issue 14, December, pp 1969-2001.

(https://www.researchgate.net/publication/222516958_A_GP-AHP_method_for_solving_group_decision-making_fuzzy_AHP_problems)

Zangiabadi, Ali; Mohammadi Jamal; Safai Homayun; Zero leadership. 2017. Analysis of vulnerability indicators of urban housing against earthquake risk (case example: Isfahan city housing), Geography and Development Journal. University of Sistan and Baluchistan, period 6. Serial 12. Mehr 2017. pp. 61-79. *(In Persian)*

https://gdij.usb.ac.ir/article_1243.html

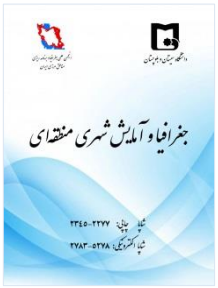
جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای
شاپا چاپی: ۲۳۴۵-۲۲۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۷۸
دانشگاه سیستان و بلوچستان

پهنه‌بندی اراضی شهری براساس شاخص‌های تأثیرگذار بر پتانسیل لرزه‌خیزی (نمونهٔ موردی: منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز)

یوسف حضرتی لیلان [۱]، حسن ستاری ساربانقلی [۲*]، میرسعید موسوی [۳]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای
زمستان ۱۴۰۲، سال ۱۳، شمارهٔ ۴۹
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۶
صفحات : ۱۶۴-۱۴۱



واژه‌های کلیدی:
پهنه‌بندی اراضی شهری، مخاطرهٔ لرزه‌خیزی، ANP Fuzzy، منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز.

چکیده

محل زندگی انسان‌ها سهم عمده‌ای از سطوح کاربری اراضی شهری را به خود اختصاص می‌دهد؛ در شهرهای کوچک بیش از ۶۰ درصد و شهرهای بزرگ حدود ۴۰ درصد از سطح شهر تحت پوشش اراضی سکونتگاه‌های شهری است. اغلب سکونتگاه‌های شهری در کلان‌شهر تبریز بعضاً در مجاورت گسل فعال شمال تبریز و در معرض عوامل مخاطرات طبیعی ازجمله لرزه‌خیزی قرار گرفته‌اند. وضعیت استقرار سکونتگاه‌ها در اراضی شهری منطقهٔ مورد مطالعه و لزوم برنامه‌ریزی دقیق درجهت توسعهٔ فیزیکی یا قطاعی آتی، پهنه‌بندی اراضی شهری را مخصوصاً در کلانشهرها در این خصوص بسیار ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق، تعیین وضعیت فعلی الگوی استقرار کاربری‌های اراضی شهری در منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز و پهنه‌بندی منطقهٔ مورد مطالعه براساس شاخص‌های اساسی مؤثر بر مخاطرهٔ لرزه‌خیزی در مناطق آسیب‌پذیر، با استانداردهای کاربری‌های اراضی شهری است. در این پژوهش از روش‌های ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر تحلیل شبکه‌ای سلسله‌مراتبی ANP Fuzzy[1] با تلفیق GIS برای تولید و تجزیه‌وتحلیل نقشه‌ها و لایه‌های مختلف استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد از کل مساحت ۳۶۱۷ هکتاری منطقهٔ مورد مطالعه، حدود ۲۱۰ هکتار با استاندارد خیلی‌کم در مناطق شمال غرب، ۲۱۳۰ هکتار با استاندارد کم در مناطق عمدتاً شرق، شمال شرق و جنوب، ۸۲۳ هکتار با استاندارد متوسط در مناطق عمدتاً جنوب و جنوب غرب، ۳۴۸ هکتار با استاندارد زیاد در جنوب و عمدتاً جنوب غرب و ۱۰۴ هکتار با استاندارد خیلی زیاد عمدتاً در جنوب استقرار یافته‌اند.

مقدمه

مطالعات اولیه درجهت پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری برای شناسایی بهتر مناطق توسعهٔ شهری در برنامه‌ریزی محیطی از یک طرف و مدیریت شهری از طرف دیگر، نقش اساسی برعهده دارد.

معمولاً خرابی‌های وارده به بناها و ساختمان‌ها، اغلب به عملیات مهندسی و معماری مربوط نیست، بلکه بیش از ۹۰ درصد خسارت‌ها به جایگزینی و مکان‌یابی نادرست ساختمان‌ها و بناها بستگی دارد (رجایی، ۱۳۸۲: ۲۰۹).

همچنان که شهر توسعه پیدا می‌کند، نه‌تنها سطح زمین را دگرگون می‌کند، بلکه لندفرم‌های جدیدی را ایجاد می‌کند که تأثیرات جبران‌ناپذیری را بر محیط طبیعی شهر می‌گذارد. ظهور چنین چشم‌اندازی باعث تغییر و تبدیل وسیعی در بیلان انرژی، آب و مواد شده و اثرات آن در تحریک و حتی تغییر فرایندهای زمین منعکس می‌شود (روستایی، ۱۳۹۲: ۲).

1. Analytical Network Process Fuzzy

۱- دانشجوی دکتری گروه شهرسازی، پردیس بین الملل، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. hazrati_yosef@yahoo.com
۲- دانشیار گروه معماری و شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. (نویسنده مسئول) sattari@iaut.ac.ir
۳- استادیار گروه معماری و شهرسازی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران. ms.moosavi@iaut.ac.ir

توجه به عوامل مؤثر بر مخاطرات محیطی، تأثیر پدیده‌های مورفوژنتیک بر تصمیم‌گیری‌هایی که منجر به تهیهٔ طرح‌های عمرانی می‌شود، ضرورت دارد (مختاری، ۱۳۹۴: ۷۱). در بسیاری از مطالعات شهری به تبیین شاخص‌های پایداری مناطق شهری پرداخت می‌شود، اما انواع شاخص‌های مربوط به زمین‌شناسی و مخاطرات محیطی ناشی از آن، نادیده گرفته می‌شود. مهم‌ترین مخاطرات محیطی شهری عمدتاً انواع زلزله، سیلاب‌ها، انواع حرکات توده‌ای سریع و آرام، ریزش، جریانات گلی، جریانات واریزه‌های سنگی و خاکی، نشست، خزش لایه‌ای و انحلال است (حسین‌زاده دلیر، ۱۳۸۳). مهاجرت زیاد از حومهٔ شهر، افزایش شدید جمعیت خود کلانشهر تبریز، طرح‌های احداث شهرک‌های پراکندهٔ قطاعی و واگذاری زمین از طرف شهرداری‌ها و سازمان‌های رسمی و قانونی، پاسخگوی پیامدهای جمعیت‌پذیری و تراکم انسانی و ساختمانی نبوده و منجر به گسترش و توسعهٔ بسیار سریع کلانشهر تبریز در جهات عمدتاً شرق و شمال شده است و این گسترش، منجر به تشدید ناپایداری و تغییر دینامیک حاکم بر این مناطق شده است (پورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). عوامل طبیعی و تنگناهای ناشی از آن در گسترش شهر، در حیطهٔ مطالعات مخاطرات شهری قرار دارد؛ به این ترتیب برخی تنگناها، وضوح و شفافیت بسیاری دارد که برای عموم لمس‌شدنی است و در قالب مسائل توسعهٔ شهر مطالعه می‌شود، اما بسیاری از مشکلات در گسترش شهر، بطئی و نامرئی بوده و مطالعهٔ دقیق متخصصان را می‌طلبد؛ بنابراین در حیطهٔ علم مذکور، تنگناهای توسعهٔ فیزیکی شهر را در یک دسته‌بندی و در قالب مخاطرات محیطی می‌توان مطالعه کرد. با توجه به توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی دربارهٔ گردآوری، ذخیره، ویرایش، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی، ابزار مفیدی برای برنامه‌ریزان محیطی بوده و در زمینهٔ ارزیابی تناسب محیطی استفاده می‌شود (مختاری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۵۲). پس با توجه به اهمیت مخاطرات محیطی همچون مخاطرهٔ لرزه‌خیزی و لزوم برنامه‌ریزی‌های مطلوب و دقیق در پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری، در پژوهش حاضر از این سیستم استفاده شده است. هدف از پژوهش حاضر، پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز براساس عوامل مؤثر بر مخاطرهٔ لرزه‌خیزی درجهت شناسایی مناطق مطلوب یا حداقل با ریسک خطرپذیری کم به‌منظور استقرار سکونتگاه‌های شهری است؛ بنابراین با توجه به این نکتهٔ مهم که کلانشهر تبریز به‌دلیل تنگناهای طبیعی، به توسعهٔ قطاعی، احداث و ساخت شهرک‌های اقماری در اطراف شهر روی آورده، لزوم پهنه‌بندی و مکانیابی اراضی مطلوب درجهت احداث و توسعهٔ پایدار شهری در شهرک‌های مذکور بسیار ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

پیشینهٔ تحقیق

پژوهش‌های مختلفی در ایران و جهان دربارهٔ دیدگاه‌های مختلف مخاطرات شهری با استفاده از مدل پیشنهادی صورت پذیرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

لیو[1] و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برنامه‌ریزی استفاده از زمین در شهر وهان، براساس تحلیل عوامل محیطی»، تأثیر مستقیم الگوهای استفاده از زمین‌های منطقه‌ای و کیفیت محیط‌زیست منطقه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مدل ارتفاعی رقومی، شیب و سایر پارامترهای زیست‌محیطی برای تعیین مناسبت توسعهٔ صنعتی زمین‌های شهری براساس تحلیل همپوشانی در محیط ArcGIS را بررسی کرده و با تعیین سه کلاس نسبتاً مناسب، مناسب و نامناسب، توسعهٔ اکولوژیک‌محور شهر وهان را مشخص کردند.

1. Liu, et al

سویونگ و همکاران[1] (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان «کاربرد شاخص‌های تناسب اراضی برای پیش‌بینی و مقایسهٔ رشد شهری با استفاده از GIS و RS در کرهٔ جنوبی»، به مقایسهٔ شاخص مناسب‌بودن زمین برای توسعهٔ شهری پرداختند. در این تحقیق از روش‌های رگرسیون لجستیک (LR)[2] و فرایند تحلیل شبکه‌ای سلسله‌مراتبی (ANP) به بررسی اراضی مناسب توسعهٔ شهری از دیدگاه مخاطرات شهری پرداختند. در این تحقیق از لایه‌های مختلف زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، توپوگرافی و عوامل محیطی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، مانند ارتفاع، شیب، فاصله از جاده‌ها، استفاده از زمین، امتیاز زیست‌محیطی و محدودیت‌های قانونی استفاده شده و درنهایت مشخص شده است که در کرهٔ جنوبی روش‌های ANP و LR به ترتیب نقشه‌های مشابهی برای شاخص تناسب اراضی تولید می‌کنند.

یاکوپ[3] و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان «سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای طرح‌های توسعهٔ مالزی» به بررسی سناریوهای تخصیص زمین برای کاربری مسکونی با استفاده از نرم‌افزار What if و پارامترهای مختلفی نظیر شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکهٔ راه‌ها، فاصله از رودخانه در طرح محلی پکن پرداخته و اراضی مستعد توسعهٔ مسکونی مغایر با استانداردهای ساخت‌وساز مسکونی را مشخص کردند.

اگوجیوبا[4] و همکاران (۲۰۱۳) در مقاله‌ای به چالش‌ها و مفاهیم توسعهٔ پایدار محیطی در کشور نیجریه با رویکرد سیاست‌های آزادی‌طلبانه پرداخته است. آن‌ها در این مقاله از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کرده‌اند و از ۹ شاخص برای بررسی مفاهیم مربوط استفاده کرده‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از بین شاخص‌های تأثیرگذار، شاخص‌های مخاطرات محیطی و تغییرات آب‌وهوایی بالاترین تأثیر را در توسعهٔ پایدار این منطقه دارد. همچنین آن‌ها ثابت کردند که توسعهٔ پایدار پشتوانه‌ای برای ضمانت در پایداری محیطی و پیشبرد اهداف اقتصادی است.

موحامد[5] (۲۰۱۵) در پژوهشی به مطالعه و پهنه‌بندی مخاطرات محیطی اراضی شهری، ناشی از رودخانهٔ لانگات من جمله سیلاب و لغزش، در منطقهٔ پنین سولار کشور مالزی به کمک فناوری GIS پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استخراج، توسعه و پهنه‌بندی مخاطرات منطقهٔ مورد مطالعه و داده‌ها و نقشه‌های فضایی واضح در مقیاس‌های وابسته به اطلاعات سطحی و زیرسطحی می‌تواند در کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی و اجتماعی و خطر حوادث چندگانه سودمند باشد.

خیرالمایینی[6] (۲۰۱۵) در پژوهشی به مخاطرات محیطی شهری و فشار آن بر سکونتگاه‌های شهری با استفاده از تکنولوژی GIS&RS به‌عنوان مدلی برای ایالت کلانگ کشور مالزی پرداختند. ایشان این تحقیق را بیشتر در ناحیهٔ فقیرنشین شهر کوآلالامپور مورد مطالعه قرار دادند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در بین عوامل تأثیرگذار بر تشدید مخاطرات محیطی منطقهٔ مورد مطالعه، شاخص افزایش جمعیت در سال‌های اخیر بیشترین نقش را در مخاطرات محیطی منطقه دارد.

1. Soyoung, et al
1. Logistic regression
3. Yaakup, et al
4.Ogujiuba, et al
5.Muhamad
6.Khairulmaini

زنگی‌آبادی و اسماعیلی (۱۳۹۱) با استفاده از فرمول کوکران و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات و داده‌های آماری در محیط SPSS، اقدام به ارزیابی تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان در برابر خطرات بلایای طبیعی کردند و نهایتاً با مقایسهٔ آسیب‌پذیری وضع موجود در مناطق چهارده‌گانهٔ شهر، شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن اولویت‌بندی شد. نتایج پژوهش نشان داد که میزان آسیب‌پذیری مساکن شهر در برابر خطر بلایای طبیعی بسیار زیاد بوده، متغیرهای آماری «دسترسی به ساختمان» و «قدمت بنا»، بیشترین تأثیر را بر آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان دارد.

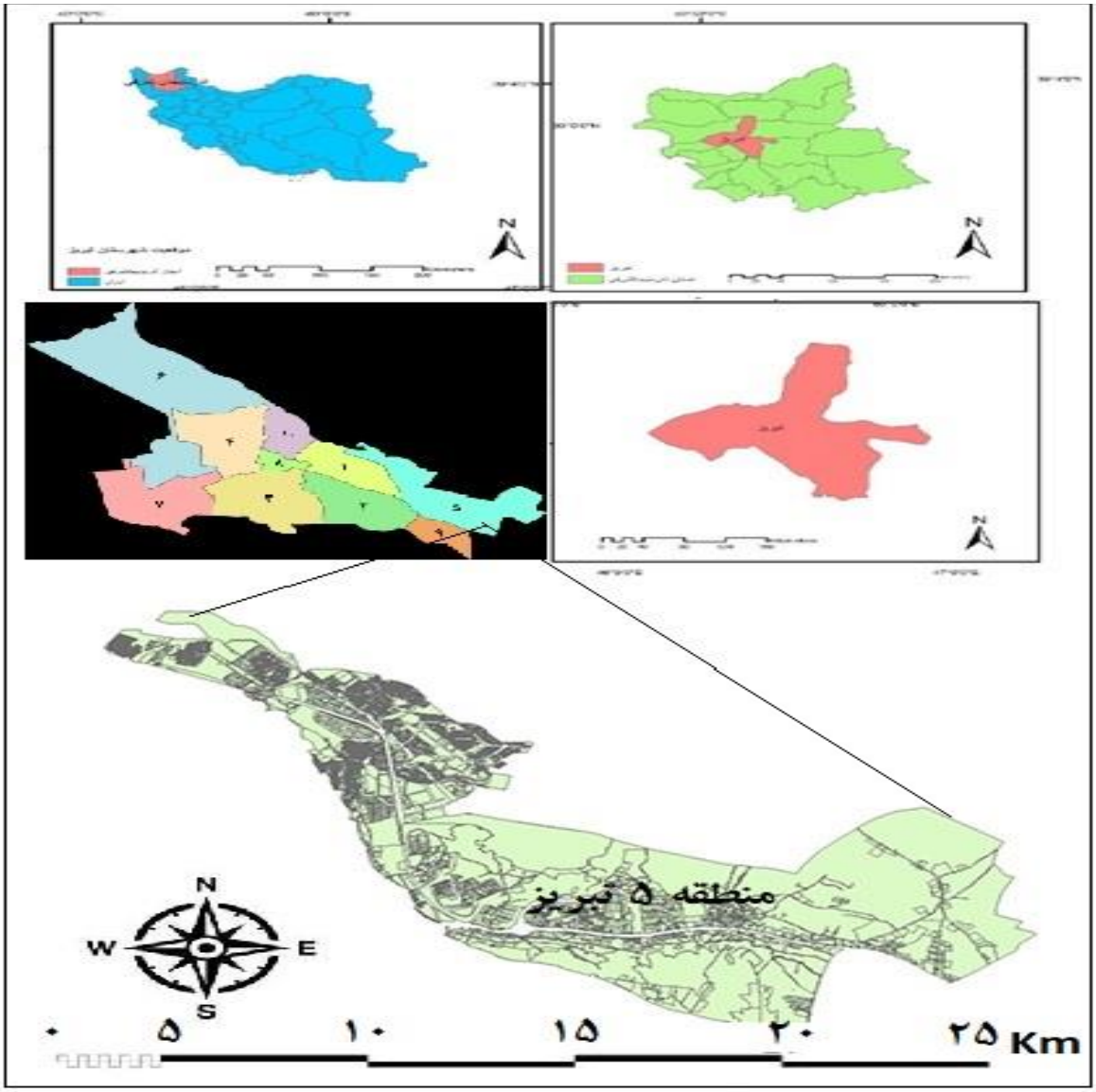
صابری‌فر (۱۳۹۲) در تحقیقی به بررسی وضعیت رشد فیزیکی شهر بیرجند و چگونگی پیشروی این شهر پرداختند. ایشان داده‌های گردآوری‌شده را به‌وسیلهٔ مدل‌های آنتروپی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار دادند. نتایج این تحقیق بیانگر آن است که با توسعهٔ این شهر به مراکز استان، نه‌تنها توسعهٔ فیزیکی شهر تشدید می‌شود، بلکه تراکم عمودی ساخت‌وسازها نیز افزایش پیدا می‌کند و افزایش این تراکم بدون توجه به عوامل خطرساز و پهنه‌های خطرناک به انجام رسیده است.

محمدی ده‌چشمه (۱۳۹۳) در مقاله‌ای با استفاده از GIS و مدل ANP و شاخص‌های هشت‌گانهٔ سرانهٔ شبکهٔ معابر، الگوی بافت شهری، عدم‌دسترسی، دسترسی مؤثر به شبکهٔ معابر، جابه‌جایی، تراکم بن‌بست‌ها، تعداد پل‌ها و دسترسی به فضاهای باز شهری با روش دلفی نقشهٔ نهایی نفوذپذیری بافت شهری شهر کرج را در نواحی این شهر استخراج کردند. ایشان با تبیین مفهوم نفوذپذیری، دربارهٔ مخاطرات شهری شاخص‌های وابسته را استخراج و معرفی کردند.

سپهر و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی با ارائهٔ نقشهٔ تحمل‌پذیری مناطق شهری کلانشهر مشهد به مخاطرات محیطی بر پایهٔ برنامه‌ریزی خطی و ارائهٔ راهبردهای مدیریتی درجهت توسعهٔ پایدار شهری بر حسب درجهٔ حساسیت پرداختند. ایشان درجهت نیل به این هدف از ۴ معیار مخاطرهٔ طبیعی شامل روانگرایی، زمین‌لرزه، گسل و فرونشست و ۵ معیار محیط‌زیستی شامل آلودگی هوا، آلودگی آب، تغییر کاربری تراکم جمعیت و اسکان غیررسمی را براساس روش دلفی استفاده کردند. سپس با کمک الگوریتم خطی تعامل تناوبی سیموس درجهٔ حساسیت‌پذیری و تحمل‌پذیری مناطق ۱۳ گانهٔ شهری را نسبت‌به مخاطرات محیطی تعیین کردند. نتایج تحقیق نشان داد که مناطق ۱ و ۴ به‌ترتیب رتبهٔ اول حساسیت‌پذیری را دارند و مناطق۳، ۵، ۶، ۷، ۱۰ و ۱۱ به‌ترتیب دارای کمترین میزان حساسیت پذیری نسبت‌به مخاطرات محیطی هستند.

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز به‌عنوان یکی از مناطق ده‌گانهٔ شهرداری کلانشهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین مادرشهر شمال غرب ایران با وسعتی حدود ۳۶۱۷ هکتار در موقعیت جغرافیایی ´۲۰ـ°۴۶ تا ´۲۸ـ°۴۶ طول شرقی و ´۰ـ°۳۸ تا ´۵ـ°۳۸ عرض شمالی در شمال شرقی شهر تبریز واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۷۴۰ متر از سطح دریا است از نظر ارتفاعی کمترین ارتفاع منطقه ۱۴۸۰ متر و بیشترین ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در سمت غربی منطقه است (شکل ۱).



شکل ۱.موقعیت کلانشهر تبریز در ایران، استان آذربایجان شرقی و شهر تبریز

روش تحقیق

- گردآوری داده‌ها

در این پژوهش از ۱۲ متغیر که شامل متغیرهای میزان تراکم جمعیت، میزان تراکم ساختمان، اندازۀ بلوک‌های ساختمانی، تعداد طبقات ساختمانی، عمر ابنیه، فاصله از گسل، شیب، زمین‌شناسی، کیفیت ابنیه، کاربری اراضی، نوع مصالح ساختمانی و دسترسی شبکۀ معبر در تطابق با لایۀ کاربری اراضی کلانشهر تبریز براساس بررسی منابع محققان صاحب‌نظر در این نوع تحقیقات با ذکر منابع لایه‌های استفاده‌شده در این روش در ذیل (جدول ۱) استفاده شده است. برای تهیه و آماده‌سازی بانک اطلاعاتی لایه‌های یادشده از نرم‌افزار ArcGIS10.1 و مدل Fuzzy ANPاستفاده شده است.

جدول ۱. لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده

لایه	منبع و مأخذ مورد استفاده
میزان تراکم ساختمان، بلوک‌های ساختمان، کاربری اراضی	تحلیل عکس هوایی منطقه (مشخصات: WLID 30/4 NAT-S NO. 17126,303.41) تصاویر ماهواره‌ای منطقه (مشخصات: Landsat 7، سنجنده +ETM، نوع تصویر PAN با قدرت کیفیت ۳۰ متر با ۶ باند رنگی - (سازمان نقشه‌برداری)
شیب و جهات شیب	لایهٔ مدل رقومی ارتفاع (DEM)- (سازمان نقشه‌برداری)
گسل	رقومی‌سازی نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی کشور)
شبکهٔ معابر	لایهٔ کاربری اراضی (سازمان مسکن و شهرسازی)
کیفیت ابنیه	سازمان نظام مهندسی استان آذربایجان شرقی، کلانشهر تبریز
ساختار زمین‌شناسی	رقومی‌سازی نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (سازمان زمین‌شناسی کشور)
تراکم جمعیت، تعداد طبقات، عمر ابنیه، نوع مصالح ساختمانی	سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تبریز- نقشهٔ جامع شهرسازی و معماری

منابع استخراج لایه‌های تأثیرگذار: (مخدوم، ۱۳۸۳: ۱۸۵-۲۱۹)، (ثروتی، ۱۳۸۸: ۲۰)، (وفاییان، ۱۳۷۱: ۳۰)، (رهنمایی، ۱۳۸۹: ۳۳)، (فرجزاده، ۱۳۸۵: ۶۶)

- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

مدل ANP Fuzzy روشی جامع برای حل مشکلات تصمیم‌گیری چندمعیاری است. فرایند تحلیل شبکه‌ای سلسله‌مراتبی مدل فازی، چه در واقعیت و چه در تئوری، در فرایند حل مشکلات تصمیم استراتژیک به کار گرفته می‌شود (Tolga, 2004: 90). استفادهٔ ترکیبی ازGISو تحلیل‌های چندمعیاری به‌طورکلی سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی نامیده می‌شود. این سیستم دربارهٔ مسائل مکانی پیچیده به‌طور گسترده استفاده می‌شود و یک روش بسیار خوب برای تصمیم‌گیری است.

در سال ۱۹۷۱ ساعتی، ANP را به‌عنوان ابزاری تحلیلی-تصمیمی وسیع برای مشکلات مدل‌های بی‌ساختار، همانند سیاست، اقتصاد، اجتماع و علم مدیریت به‌وجود آورد که براساس آن، ارزش‌ها برای مجموعه‌ای از اهداف به صورت دوبه‌دو مقایسه می‌شوند (Yu, 2002: 1970) (مالچفسکی، ۱۳۸۵). در سال ۲۰۰۱ ساعتی و وارگس، با به‌کارگیری هر دو مفهوم عقلانیت و شهود، ANP Fuzzy را برای انتخاب بهترین راه‌حل ممکن از میان چندین راه‌حل به‌کار گرفتند (Tolga, 2004: 90).

ارزیابی کارایی راه‌حل‌های عمده در مدل ANP Fuzzy دارای مراحل زیر است:

الف- ایجاد ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو برای معیارهای شبکه‌ای تصمیم‌گیری

ب- محاسبهٔ ارجحیت معیارها نسبت‌به یکدیگر

ج- تحلیل پایداری (Hwang, 2004: 672)

انواع تابع عضویت منطق فازی در ارزیابی

منطق فازی درواقع نظریه‌ای درجهت اقدام در شرایط عدم‌اطمینان است. این نظریه به محقق این امکان را می‌دهد که بسیاری از مفاهیم و متغیرهای سیستم‌هایی را که مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی کند و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری فراهم کند.

سه نوع اصلی از توابع عضویت قابل‌استفاده در ارزیابی شامل توابع زنگوله‌ای‌شکل[1]، ذوزنقه‌ای‌شکل[2] و مثلثی‌شکل[3] است. توابع زنگوله‌ای به سه نوع تقسیم می‌شوند: تابع Sشکل، تابع کوچی[4] و تابع کندل[5]. انتخاب مدل فازی مناسب مناسب برای ارزیابی بستگی به درجهٔ تغییرات خصوصیت یا کیفیت مورد بررسی در ناحیهٔ انتقالی و مرز کلاس‌ها دارد. مدل‌های زنگوله‌ای، متداول‌ترین شکل مدل‌های مورد استفاده در ارزیابی هستند. تابع عضویت، اساس نظریهٔ مجموعهٔ فازی را تشکیل می‌دهد و نشان‌دهندهٔ این است که درجات عضویت به‌صورت تدریجی و پیوسته تغییر می‌کنند. پس از انتخاب نوع مدل، تعیین عرض ناحیهٔ انتقالی یکی از مهم‌ترین و بحرانی‌ترین مراحل تصمیم‌گیری در مدل‌سازی فازی است و دقت نتایج مدیون این تصمیم‌گیری است (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۵: ۲۸۸-۲۹۲).

مراحل ارزیابی مبتنی بر روش فازی در این پژوهش عبارت‌اند از:

تعیین لایه‌های مختلف و انتخاب خصوصیات و کیفیات آن‌ها براساس هدف پروژه.

انتخاب توابع عضویت مناسب.

انتخاب وزن مناسب برای اهمیت نسبی کیفیات یا خصوصیات مختلف با توجه به کاربرد مورد نظر.

انتخاب یک معادلهٔ ترکیب‌کنندهٔ نهایی مناسب برای ارزیابی نهایی.

مراحل عملی این روش را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف: تهیهٔ ماتریس خصوصیات

ب: برقراری ماتریس اوزان (تعیین فاکتور وزنی به‌صورت رگرسیون چندمتغیره به روش رگرسیون مرحله‌ای یا مدل نسبی فازی[6] صورت می‌گیرد).

ج: ترکیب ماتریس اوزان و خصوصیات (ایوبی و جلالیان، ۱۳۸۵: ۲۹۳-۲۹۶).

مدل‌های فازی و به‌طورکلی سیستم استنتاج فازی با به‌تصویرکشیدن یک واقعیت دارای یک ساختار ثابت با سه قسمت مجزاست که عبارت‌اند از:

یک مجموعهٔ ورودی ترد (Crisp) که به‌وسیلهٔ توابع عضویت فازی این مجموعهٔ ترد ورودی فازی شده.

یک مجموعه قوانین فازی که برای تحلیل ورودی‌ها، میزان تأثیر ورودی‌ها بر همدیگر و ارتباط آن‌ها با خروجی‌های سیستم به‌کار می‌رود.

یک مجموعه خروجی که با استفاده از روش‌های دی‌فازی Defuzzy خروجی سیستم را به یک خروجی ترد تبدیل می‌کند (اعداد ترد اعداد مشخص و معینی مانند ۳، ۴ یا مقادیر مشابه هستند که درمقابل اعداد نامعیّن یا فازی قرار می‌گیرند) (شکل ۱).

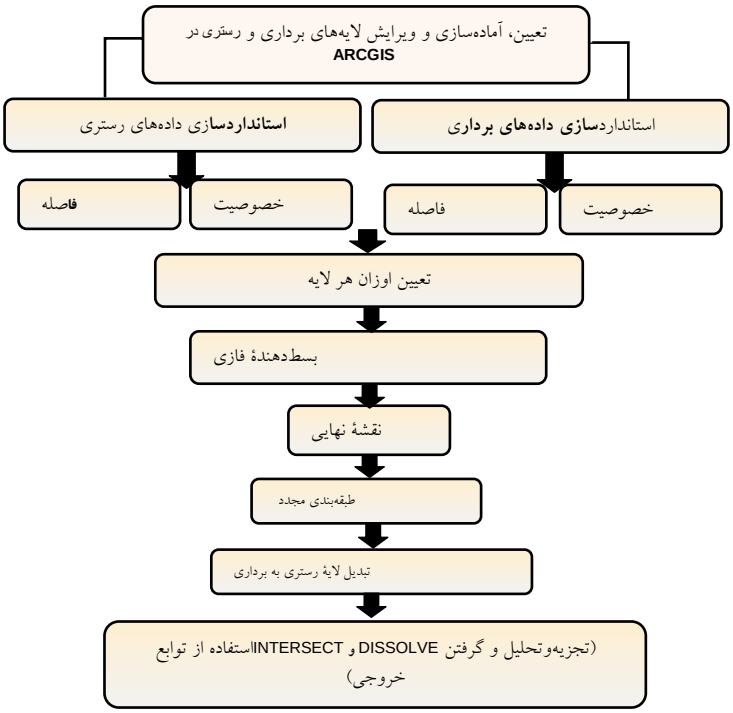
- نتایج حاصل از ساختار روش

برای رسیدن از یک مجموعه ورودی ترد به یک مجموعه یا یک عدد خروجی ترد در مدل فازی ممکن است از عمل‌گرهای مختلف ترکیب گزاره‌ها و روش‌های مختلف استدلال و استنتاج فازی و روش‌های متفاوت دی‌فازی

1 - Bell Shape
2 - Trapezoidal
3 - Triangular
4 - Cauchy
5 - Kandel
6 - Fuzzy relational model

براساس طبیعت مسئلهٔ مورد بحث استفاده شود (انصاری، ۱۳۹۴: ۱۱۱). باید توجه داشت کـه مجموعـه‌هـای فـازی فوق‌العاده در مسائل تصمیم‌گیری در مواجهه با GIS رایج هستند. آن‌ها الگوهای عدم‌قطعیت را نشان می‌دهنـد، امـا ارزیابی عدم‌قطعیت نیستند. فاکتورهای هم‌پیوسته تصمیم‌گیری چندمعیاره، تابع عضـویت مجموعـه فـازی هسـتند، درحالی‌که هم‌پیوسته‌های فازی بولین تابع عضویت ترد هسـتند. عبـارت‌هـای فـاکتور و محـدودیت بیشـتر از توابـع عضویت ترد یا فازی به‌کار می‌روند (Eastman, 2006: 128).

در این پژوهش نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی اراضی شهری براساس مخاطرات لرزه‌خیزی، طی سه مرحله تولید شده اسـت. در مرحلهٔ اول نقشه‌های اصلی که در مدل مؤثر هستند، در مقیـاس‌هـای واقعـی تهیـه شـدند، در مرحلـهٔ دوم ایـن نقشه‌ها با توجه به میزان اهمیت هر طبقه در مقیاس‌های عددی به نقشه‌های رتبه‌بندی تناسب‌شده تبدیل می‌شوند، در مرحلهٔ سوم با توجه به میزان ارجحیت لایه‌ها نسبت‌به یکدیگر امتیازات هر نقشـه محاسـبه و بـا اسـتخراج اوزان نهایی، در قالب مدل سلسله‌مراتبی فازی با هم ادغام شدند.



شکل ۲. فلوچارت و مراحل انجام تحقیق
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

یافته‌های تحقیق

در بسیاری از کلانشهرها همچون تهران، اصفهان، شیراز و... که کلانشهر تبریز نیـز از ایـن قاعـده مسـتثنی نیسـت، می‌توان گفت گسترش شهر به سمت مناطق پرخطر، پیش از پیشرفت علوم وابسته به مطالعات مخاطرات محیطـی و انسانی اتفاق افتاده است و در آن مرحله، امکان و بستر مناسب برای جلوگیری از این روند وجود نداشت؛ امـا اکنـون با پیشرفت علوم مختلف در این زمینه و امکانات و تجهیزات بسیار پیشـرفته و مجهـز و مطالعـات انبـوه و تخصصـی محققان و پژوهشگران علوم جغرافیایی و زمین‌شناسی، جای بسی تأسف است که در عرض چند سال اخیر، منـاطقی

که کاملاً خالی از سکنه بوده‌اند، با توجه به مشخص‌شدن محل‌های دقیق پرمخاطره با ریسک بالا و دلایل و مستندات علمی کافی مبنی بر فعالیت آن‌ها، ساخت‌وساز به این سمت‌ها هدایت شده و در حال گسترش است؛ برای مثال گسل شمال تبریز که زمانی حداقل سه کیلومتر از شهر فاصله داشت، درحال‌حاضر از داخل یا حریم شهرک‌هایی همچون ارم، باغمیشه، ولی‌امر و یوسف‌آباد عبور می‌کند که محققان و پژوهشگران به‌شدت از آن انتقاد می‌کنند و مخاطرات ناشی از آن همواره در مجامع علمی مطرح و گوشزد می‌شود.

در کلانشهر تبریز، استقرار سکونتگاه‌های شهری عمدتاً درجهت‌های مختلف با موانع و مخاطراتی چون عدم‌تناسب ارتفاع، شیب، ناپایداری دامنه‌ای، تهدیدات فعالیت گسلی و عدم‌تناسب ساختار زمین‌شناسی مواجه بوده و خواهد بود. در برخی از مناطق توسعه‌یافتهٔ کلانشهر تبریز سکونتگاه‌ها در اراضی شهری بعضاً روی نقاط ارتفاعی (تپه‌ها) انجام گرفته که گاهی شیب این تپه‌ها، حدود سی درصد یا بیش از آن است (شکل ۳ و ۴). در برخی اراضی شهری نیز مشکل ناپایداری دامنه به‌صورت جدی مطرح است که با تکنیک استریوسکوپی در لایهٔ ساختار زمین‌شناسی تعیین و همپوشانی شده است. یکی‌دیگر از مخاطرات تهدیدکنندهٔ اراضی شهری، ساخت‌وساز روی سازندهای سست با لیتولوژی نامقاوم و منفصل است که علاوه‌بر اینکه تغییرات جدی در لندفرم‌های طبیعی ایجاد می‌کند، سطح زمین را نیز دگرگون کرده، موجب تغییر و تبدیل وسیعی در بیلان انرژی و آب و مواد می‌شود که اثرات آن در تحریک عوامل پرمخاطرهٔ ژئومورفیک (جریانات واریزه‌ای، جریانات گلی، خزش لایه‌ای، انحلال، افتادن سنگ‌ها و...) به‌ویژه هنگام وقوع بارش‌های موضعی و فصلی شدید، بسیار مشهود است که طی بررسی نقشهٔ زمین‌شناسهٔ منطقهٔ مورد مطالعه در لایهٔ تناسب ساختار زمین با توجه به ساختار لیتولوژیکی منطقه تفکیک و وزن‌دهی مناسب شده است (شکل‌های ۵، ۷ و ۸).

وجود گسل فعال بزرگ شمال تبریز و عبور این گسل از شمال و شمال شرق کلانشهر تبریز، نشان از ادامهٔ فعالیت‌های زمین‌ساخت در منطقه است (شکل ۶). با توجه به این شکل، وجود گسیختگی‌های دامنه‌ای و فروافتادگی متعدد لایه‌ها و نبود پوشش‌های گیاهی در پای دامنه‌ها، حاکی از این حقیقت است که این منطقه از لحاظ حرکات زمین‌ساخت به حالت تعادل نرسیده و حرکات زمین‌ساخت در آن ادامه دارد. از طرف دیگر، مسئلهٔ خطر شیب تند و سازند سست و منفصل مارنی و رسی، تشدید امواج زلزله هنگام رویداد یک زلزلهٔ محتمل ناشی از گسل شمال تبریز که چندان هم دور از انتظار نیست، خسارات وسیع و گستردهٔ مالی و جانی اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به نقشهٔ تناسب ارتفاعی و توپوگرافیکی کلانشهر تبریز مشخص می‌شود که وضعیت توپوگرافی از قسمت شمال غرب از کد ارتفاعی ۱۳۶۰ متر به سمت شمال شرق به کد ارتفاعی ۱۵۱۰ متر متغیر است که شیب منطقه در محدودهٔ میانی، فرکانس متغیر بیشتری دارد (۱۵ تا ۳۰ درصد) و دامنهٔ ارتفاعات غالباً پرشیب و گاه به‌صورت پرتگاهی دیده می‌شود که به سمت شمال غرب از شیب منطقه کاسته می‌شود.

وجود ارتفاعات عون‌بن‌علی در بخش شمالی که جهت‌گیری غربی-شرقی دارد، اغلب محدودهٔ مورد مطالعه را از لحاظ مخاطرات محیطی ناشی از سیلاب، ریزش‌های واریزه‌ای و سنگی و تغییرات در نوسانات آب‌های سطحی، در کنار سایر عوامل مؤثر تهدید می‌کند، به نحوی که طی نوسانات فصلی، آب‌های سطحی و زیرسطحی منطقه از نظر مخاطرات هیدرولوژیکی (انحلال‌های لیتولوژیکی به‌ویژه در قسمت‌های آهکی و فرونشست‌های بطئی زمین) نیز قابل‌توجه است. آب‌های سطحی تهدیدکننده را نیز برخی کانال‌های احداثی به سمت رودخانه‌ای به‌نام آجی‌چای (رودخانه‌ای در بالادست قسمت شمال شهر) هدایت می‌کند که این راه‌کار شاید شرط لازم برای تعدیل این مخاطره

باشد، اما کافی نیست. در کدهای ارتفاعی ۱۲۲۰ تا ۱۵۱۰ متر در ناحیهٔ میانی، گاه در طبقات ارتفاعی خاص، هدایت آب‌های جاری را در بارندگی‌های سنگین اجتناب‌ناپذیر می‌کند. در منطقهٔ مورد مطالعه با افزایش درجهٔ شیب، ضریب ناپایداری نیز زیاد می‌شود که در این محدوده به‌دلیل نوسانات آن همواره منطقهٔ بی‌خطر معمولاً در شیب‌هایی تا سقف ده درجه با ضریب صفر در نظر گرفته شده است که این ضریب در خط‌الرأس‌ها افزایش چشمگیری پیدا می‌کند.

با توجه به لایهٔ تناسب زمین‌شناسی و لیتولوژیکی در اراضی شمالی و شمال شرق مشاهده می‌شود که تناوب لایه‌های مارنی آهک‌دار و نمک‌دار و ماسه‌سنگ‌های کنگلومرائی هنگام تکان‌های زمین‌لرزه احتمالی، موجب ناپایداری و جابه‌جایی توده‌ای و نیز روان‌گراشدن آن‌ها (پدیدهٔ تیکسوتروپی) شده و به فونداسیون بناها آسیب‌های جدی می‌رساند. از طرفی وضعیت سازندهای مذکور در این ناحیه نیز موجب تشدید پدیده‌های مورفودینامیک (گسیختگی، رانش، خزش، ریزش‌های سنگی و جریانات گلی و فرونشست) خواهد شد.

جنس سازندهای منطقه شامل مارن قرمز رنگ با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌های گچ‌دار و نمک‌دار و آبرفت‌های عصر حاضر و پادگانه‌های آبرفتی و پشته‌های آبرفتی که قدرت تحمل کم‌تری دارند، است. این سازندها گسترش وسیعی در بخش شمال، شمال شرقی و شمال غرب دارند که عبور گسل فعال شمال تبریز (به طول ۱۷۰ کیلومتر) با شاخه‌های فرعی آن با جهت شمال غرب- جنوب شرق، خطر بالفعل و بالقوه شدید ناشی از زمین‌لرزه احتمالی را بیشتر کرده است. شیب زیاد به‌ویژه در نشستگاه بخش شمال و شمال شرق منطقه با توجه به شیب لایه‌های زمین‌شناسی با حد خمیرایی بالا و مسیر خط گسل فعال شمال تبریز، مخاطرات نشست، ریزش، خزش و رانش زمین ازجمله مسائل زمین‌شناسی و تنگناهای حاد ناشی از این عامل است؛ بنابراین بخش‌های شمالی و شمال شرقی، محدوده‌ای بسیار نامناسب در مجاورت گسل شمالی تبریز با اراضی مارنی شیب‌دار برای توسعهٔ اراضی شهری است. در این بخش، ریزش کوه، نشست پی‌درپی زمین در سازندهای مارنی و پدیدهٔ انحلال، اجتناب‌ناپذیر است. نشست زمین و فرورفتن احتمالی واحدهای مسکونی در اثر تشدید انحلال درازمدت در سازندهای آهکی و مارنی آهک‌دار در بستر این منطقه، یکی از تهدیدهای بالقوه است. ترک‌برداشتن دیوارها و کج‌شدن برخی از ساختمان‌ها در بالای ارتفاعات مستنداتی بارز از ناپایداری بستر در این سازند است که باید از ادامهٔ احداث و ساخت‌وساز در این ناحیه جلوگیری شود.



شکل ۳- نمونه ساخت‌وساز روی تپه‌های با شیب تند بیش از ۳۰ درصد



شکل ۴- نمونهٔ ساخت‌وساز در دامنهٔ تپه‌های منفرد مارنی و رسی با شیب تند و در معرض خطر ناپایداری کامل دامنه‌ای



شکل ۵- نمونهٔ ساخت‌وساز روی سازندها با لیتولوژی نامقاوم و منفصل که در ترانشه ایجادشده تناوب مارن‌های آهک‌دار و ماسه‌سنگ با میان لایه‌های آهکی مشهود است ساختوسازهای فوق دقیقاً در ضلع جنوبی سازند فوق است.



شکل ۶-(1) نمونه‌ای از گسیختگی‌های متعدد (2) فروافتادگی لایه‌ها در امتداد گسل شمال تبریز که هر دو حاکی از عدم‌تعادل و ادامهٔ حرکات زمین‌ساخت است.



شکل ۷- نمونه‌ای از جریانات گلی پای دامنه که با حرکت به‌مرور زمان موجب دفن نیم‌طبقهٔ اول مجتمع شده است.

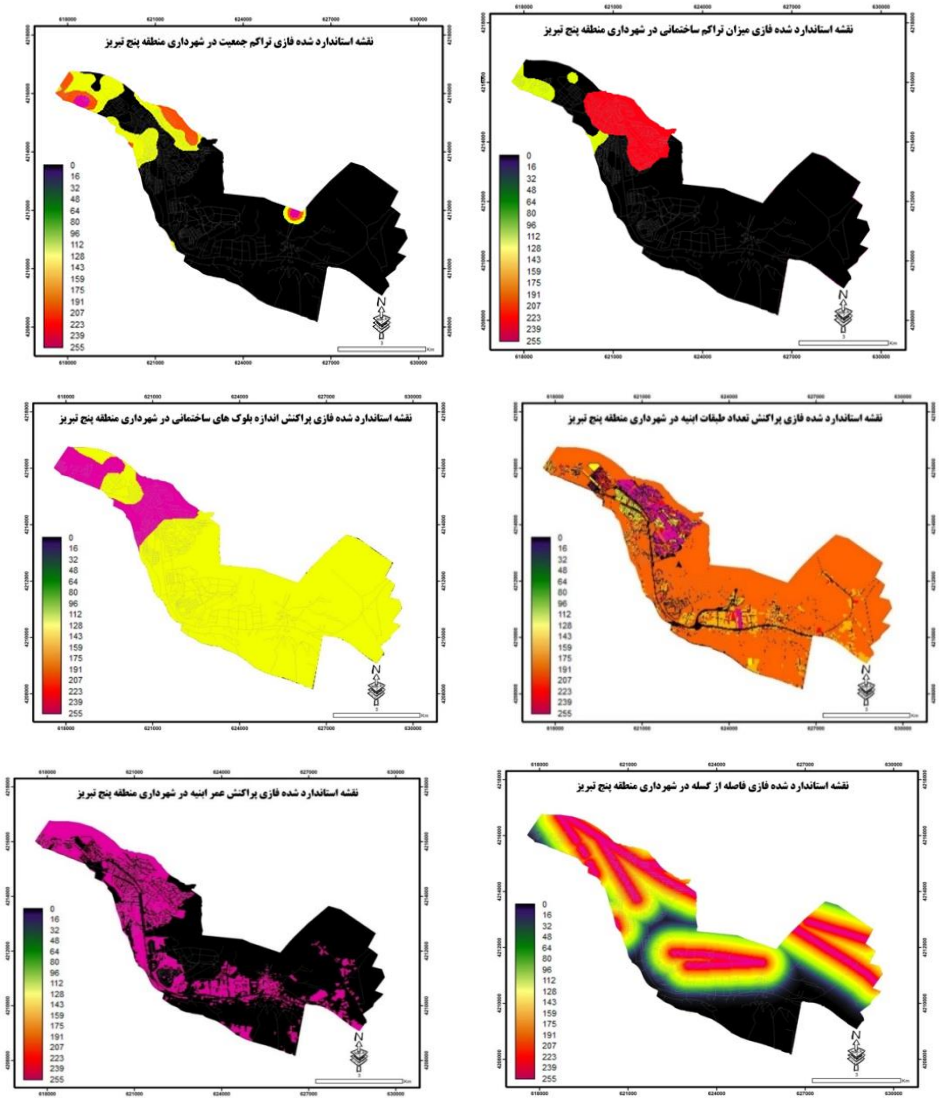


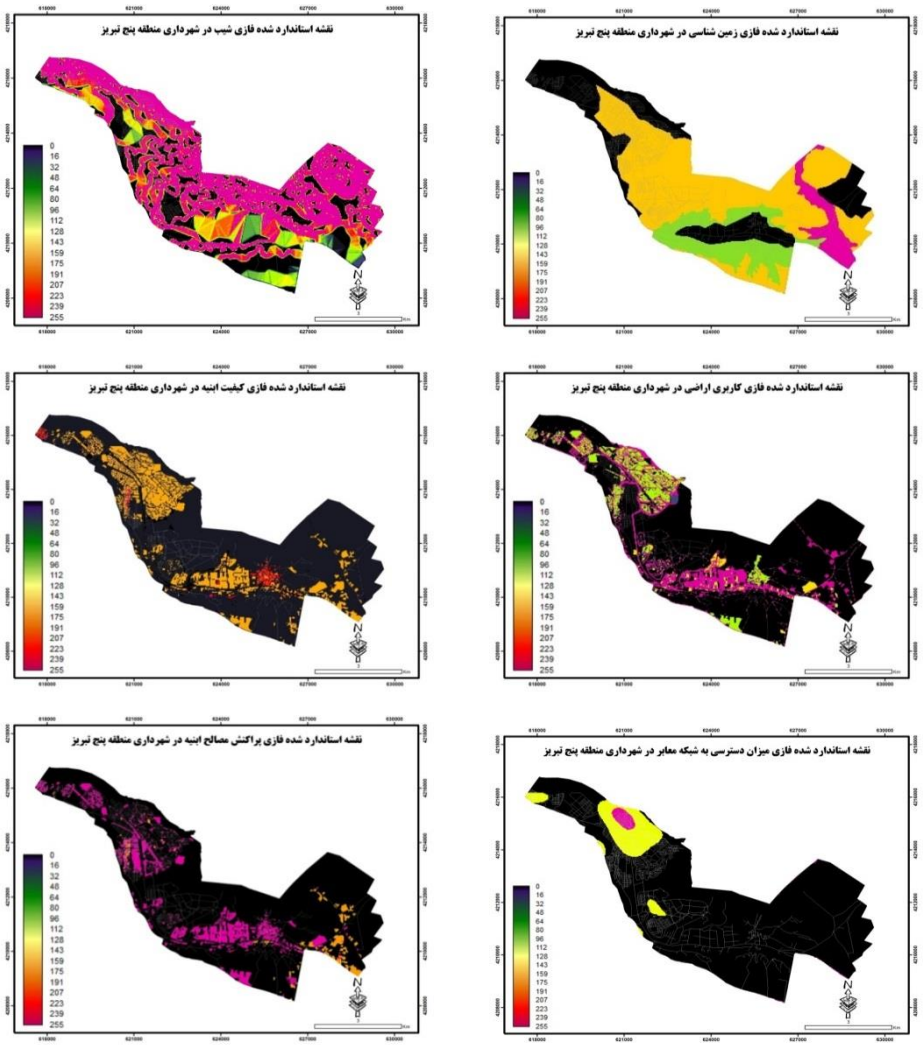
شکل ۸- نمونه‌ای از ساخت‌وساز غیرمجاز که نشانهٔ دخالت انسان در تشدید فرایندهای مربوط به ناپایداری است.

- استانداردسازی لایه‌ها و اجرای مدل تعیین تناسب اراضی

وجود معیارهای مختلف و گاه متضاد برای تصمیم‌گیری، کاربرد روش‌های چندمتغیره را الزامی می‌سازد. در این پژوهش نیز از معیارهای مختلف مؤثر در بررسی مخاطرهٔ لرزه‌خیزی برای رسیدن به هدف استفاده شده است. برای به‌دست‌آوردن وزن‌های مناسب معیارها و زیرمعیارها لزوم اخذ نظر کارشناسی استادان و متخصصان امر بسیار ضروری و مهم است؛ ازاین‌رو در این پژوهش برای رسیدن به این مهم یک پرسشنامهٔ خبره تهیه و در اختیار استادان قرار گرفت و سپس برای همهٔ پاسخ‌های دریافتی ماتریس مقایسهٔ دوتائی تشکیل و ارجحیت لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و ماتریس مقایسه‌ای که دارای کمترین خطای ضریب ناپایداری بود (یعنی کمترین اختلاف ممکن نسبت‌به ۰/۱)، به‌عنوان ماتریس نهایی موردقبول قرار گرفت. برای اجرای مدل، لایه‌های یادشده در جدول ۱ را پس از رقومی‌سازی و تشکیل بانک اطلاعاتی، براساس استانداردهای شهرسازی مندرج در جدول ۴ با ساختار

Integer و فرمت رستری به محیط ArcGIS وارد و استانداردسازی شد. طی این فرایند، ابتدا وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسهٔ دوتایی انجام شد (جدول ۳). با مطالعهٔ تحقیقات صورت‌گرفته، آیین‌نامه‌ها و ضوابط مربوط به شهرسازی استاندارد هر لایه مشخص و اِعمال شد. سپس لایه‌ها، ضوابط مربوط به آن‌ها و منابع استخراج استانداردها در جدولی معرفی شد (جدول ۴). نبود حد آستانه در جدول ۴ به‌دلیل وجود لایه‌هایی همچون زمین‌شناسی و کاربری زمین هستند که ماهیت داشته و با تابع User defined تبدیل به کد عددی شده و فازی می‌شوند. شاخص‌های طبیعی و محیطی مورد نیاز و تأثیرگذار در قالب دوازده شاخص شناسایی شد و در انطباق با لایهٔ کاربری اراضی کلانشهر تبریز تهیه، ویرایش و نهایتاً نقشه‌های تناسب شاخص‌ها تولید و استخراج شد (اشکال ۹).





شکل ۹. مجموعه لایه‌های اطلاعاتی استانداردشده مدل فازی

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۳. نتایج وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسهٔ دوتایی

Compare the relative importance with respect to: Goal: Suitability

	Distance fr	Building De	Population	Building Qua	Material Qua	Building A	Floor Numl	Building Si	Slope	Teraffic Se	landuse	Geology
Distance fi		2.0	2.0	4.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Building D			2.0	3.0	4.0	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Populatio				2.0	3.0	5.0	5.0	6.0	8.0	8.0	8.0	6.0
Building C					2.0	2.0	4.0	5.0	9.0	9.0	5.0	5.0
Material C						2.0	2.0	3.0	7.0	7.0	4.0	4.0
Building A							2.0	2.0	5.0	5.0	2.0	2.0
Floor Num								2.0	4.0	4.0	7.0	2.0
Building S									2.0	3.0	4.0	4.0
Slope										2.0	2.0	2.0
Teraffic Se											2.0	2.0
landuse												
Geology	Incon: 0.07											

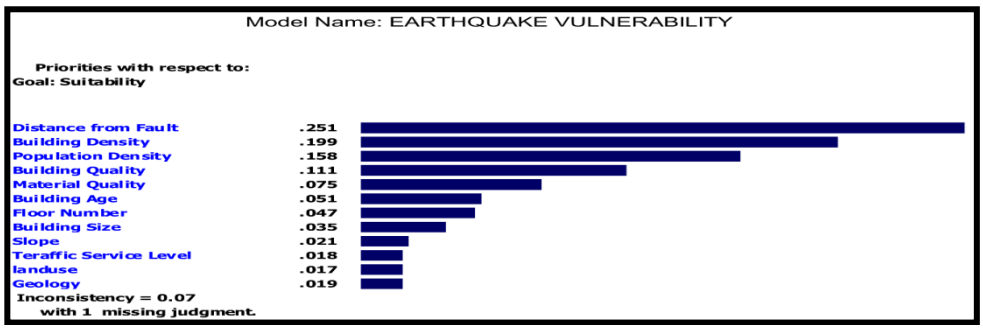
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

جدول ۴. معیارهای مورد استفاده در استانداردسازی نقشه‌ها

لایهٔ نقشه	حد آستانه		نوع تابع فازی	نام تابع فازی
	bیاd	aیاC		
تراکم جمعیت	۳۵۰	۰	افزایشی	**Linear**
تراکم ساختمانی	–	۰	**Symmetric**	**Sigmodial**
اندازه بلوک‌های ساختمانی	۷۰۰	۱۰۰	کاهشی	**Sigmodial**
تعداد طبقات	۷	۰	افزایشی	**Sigmodial**
عمر ابنیه	-	-	**Symmetric**	**Sigmodial**
فاصله از گسله	۱۶۵۳	۰	افزایشی	**Linear**
شیب	۶۵	۰	افزایشی	**Sigmodial**
زمین‌شناسی	-	-	**Symmetric**	**Sigmodial**
کیفیت ابنیه	-	-	**Symmetric**	**Sigmodial**
کاربری اراضی	-	-	**Symmetric**	**Sigmodial**
مصالح ابنیه	-	-	**Symmetric**	**Sigmodial**
میزان دسترسی به شبکهٔ معابر	۳۴	۰	افزایشی	**Linear**

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

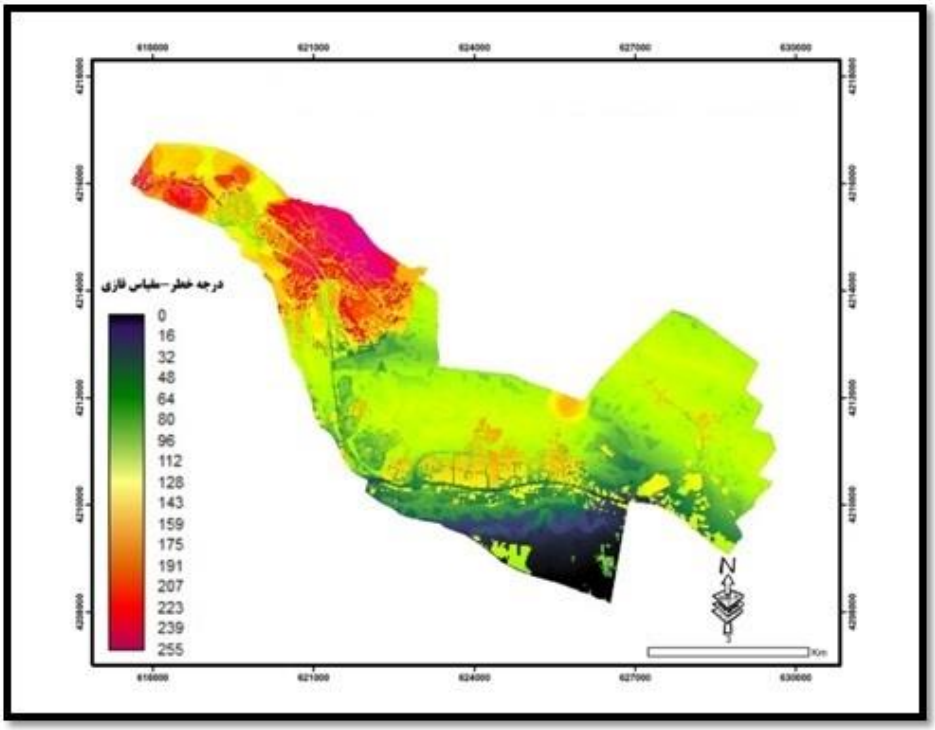
پس از تعیین ضوابط لایه‌ها، محاسبات مربوط به مدل تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت‌به یکدیگر، وزن نهایی هر لایه با ضریب ناپایداری ۰/۰۷ به‌دست آمد که با توجه به کم‌تربودن نتیجه از ۰/۱، مدل نهایی پذیرفتنی است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. درجه ارجحیت، وزن لایه‌ها و ضریب ناسازگاری

(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

با توجه به قابل‌قبول‌بودن ضریب CR از تابع الحاقی، در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.1، نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری مناسب توسعه استخراج شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری براساس مخاطرهٔ لرزه‌خیزی منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۱)

بحث و نتیجه‌گیری

پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری منطقهٔ ۵ شهرداری تبریز، در قالب هفده درجه خطر تهیه و استخراج شد. با توجه به نقشهٔ نهایی پهنه‌بندی اراضی شهری در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود که از کل مساحت ۳۶۱۷ هکتاری منطقه مورد مطالعه، حدود ۲۱۰ هکتار با استاندارد خیلی‌کم در مناطق شمال غرب، ۲۱۳۰ هکتار با استاندارد کم در مناطق عمدتاً شرق، شمال شرق و جنوب، ۸۲۳ هکتار با استاندارد متوسط در مناطق عمدتاً جنوب و جنوب غرب، ۳۴۸ هکتار با استاندارد زیاد در جنوب و عمدتاً جنوب غرب و ۱۰۴ هکتار با استاندارد خیلی زیاد عمدتاً در جنوب استقرار یافته‌اند.

بنابراین با توجه به مقایسه‌های مشابه پیشنهاد می‌شود که احداث و توسعهٔ در اراضی شهری به سمت مناطق نسبتاً امن‌تر جنوب و جنوب غرب هدایت شود. با توجه به پهنه‌بندی منطقهٔ یادشده مشخص می‌شود این فرض که «در هر کجا می‌خواهیم ساخت‌وساز کنیم، اما محکم بسازیم»، امری است که محققان آن را رد کرده‌اند و باید عموماً ساخت‌وسازها و توسعه، در محل‌های امن‌تر یا حداقل با ریسک کم با سازند نسبتاً مقاوم به همراه زیرساخت‌های تقویت‌شده احداث شده و توسعه یابد.

با توجه به نقشهٔ کاربری اراضی شهری استخراج‌شدهٔ فعلی، این نتیجه‌گیری حاصل می‌شود که گسترش شهر براساس طرح جامع انجام پذیرفته و همه به این موضوع واقف هستند که طرح جامع، محدوده‌های شهری را

مشخص می‌کند و از طرفی کاربری اراضی مختلف را نیز تعیین می‌کند. از جهتی باید توجه داشت که گسترش شهر در مناطق پرمخاطره، گسترشی بی‌رویه نیست، زیرا شاهد ساختارمندبودن این مناطق هستیم که مشخص می‌کند براساس طرح جامع یا طرح‌هایی که سازمان‌های متولی زمین و مسکن تهیه کرده‌اند، انجام پذیرفته است.
ساخت برج‌های نسبتاً بلند دقیقاً در محدودهٔ گسل یا پهنه‌های پرخطر و نیز ساخت‌وسازهایی که هنوز هم با سرعت و شدت هرچه‌بیشتر گسترش آن‌ها بر پای دامنه‌های شمالی و شمال شرقی شهر ادامه دارد، حاکی از برنامه‌مندبودن چنین گسترشی است. پس این فرض که «تمام این گسترش را مردم، بدون درنظرگرفتن قوانین توسعهٔ شهری انجام داده‌اند»، کاملاً رد می‌شود. پس پیشنهاد می‌شود که سازمان‌های متولی امر ازجمله مسکن و شهرسازی، نظام مهندسی و از همه مهم‌تر حوزهٔ معاونت شهرسازی و معماری شهرداری کلانشهر تبریز که مجری تهیه و اجرای طرح های جامع و تفصیلی است، از صدور پروانهٔ ساخت در مناطق نامطلوب و تغییر کاربری اراضی از طریق کمیسیون‌های مربوط (کمیسیون توافقات و کمیسیون مادهٔ ۵ شهرداری‌ها) در پهنه‌های خطر به‌شدت پرهیز کرده، با اِعمال تغییرات اساسی و کارشناسی‌شده در طرح‌های مذکور، ترتیبی اتخاذ کنند تا هرگونه اقدامات در این خصوص در مناطق امن یا حداقل با ریسک خطر کم براساس پهنه‌بندی‌هایی که توسط محققان و پژوهشگران متخصص در این زمینه‌ها تهیه یا تأیید شده‌اند، صورت پذیرد.

منابع

انصاری، آزاده،۱۳۹۴،ارزیابی و مکان یابی جهات توسعه فیزیکی شهر با استفاده از مدل منطق فازی منطقه مورد مطالعه شهر همدان،دومین کنفرانس ملی جغرافیا و زمین شناسی،تهران.

ایستمن، رونالد، ۲۰۰۶، ترجمه عبدالرسول سلمان ماهینی، حمیدرضا کامیاب. سنجش از دور و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی کاربردی با نرم‌افزار ایدریسی- تهران: مهر مهدیس، ۱۳۸۸

ایوبی، شمس ا...، جلالیان، احمد،۱۳۸۵، ارزیابی اراضی کاربری های کشاورزی و منابع طبیعی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

پورمحمدی، محمدرضا؛ جمالی، فیروز؛ تقی‌پور، علی اکبر. ۱۳۸۹. مکان‌یابی خدمات شهری با ترکیب GIS و مدل ANP (مطالعهٔ موردی: مدارس ابتدایی شهر شاهرود)، فصلنامهٔ فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، شمارهٔ ۳۱. پاییز۱۳۸۹، صص۹۱ -۱۱۸.

https://www.sid.ir/paper/91524/fa

حسین‌زاده دلیر، کریم. ۱۳۸۳. برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، تهران: انتشارات سمت.

ثروتی، محمدرضا؛ خضری، سعید. رحمانی توفیق. ۱۳۸۸. بررسی تنگناهای طبیعی توسعهٔ فیزیکی شهر سنندج، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران ، دوره ۴۱. شمارهٔ ۶۷. بهار ۱۳۸۸. صص ۱۳-۲۹ .

https://journals.ut.ac.ir/article_21393.html

سپهر، عادل؛ کاویان آهنگر، راحیل. ۱۳۹۳. طبقه‌بندی تحمل‌پذیری مناطق شهری کلانشهر مشهد به مخاطرات محیطی با استفاده از برنامه ریزی خطی تعامل تناوبی سیموس .(SIMUS) ، مخاطرات محیطی. دانشگاه فردوسی مشهد، دوره سوم. شماره ۱. شماره پیاپی ۹. اردیبهشت ۱۳۹۹. صص ۱۲۵-۱۴۱ .

https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1043211.html

رهنمایی، محمدتقی. ۱۳۸۹. مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: جغرافیا. چاپ پنجم، مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران.

روستایی، شهرام؛ ساری صراف بهروز. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی مخاطرات محیطی مؤثر در توسعهٔ فیزیکی شهر تبریز، نشریه جغرافیایی سرزمین. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، جلد سوم. شماره۲. پیاپی ۱۰. تابستان ۱۳۸۵. صص ۱۱۰-۱۲۷.

https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_5955.html

رجایی، عبدالحمید. ۱۳۸۲. کاربرد ژئومورفولوژی در مدیریت محیط. تهران: انتشارات قومس.

زنگی‌آبادی، علی؛ محمدی جمال؛ صفایی همایون؛ قائر رهبری صفر. ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله (نمونهٔ موردی: مساکن شهر اصفهان)، نشریه جغرافیا و توسعه. دانشگاه سیستان و بلوچستان، دوره ۶. پیاپی ۱۲. مهر ۱۳۸۷. صص ۶۱-۷۹ .

https://gdij.usb.ac.ir/article_1243.html

سازمان زمین‌شناسی کشور، سازمان زمین‌شناسی استان آذربایجان شرقی.

صابری فر، رستم. ۱۳۹۱. مطالعهٔ توسعهٔ فیزیکی شهر بیرجند با معیار مخاطرات محیطی. فصلنامهٔ پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری. دانشگاه پیام نور، دورهٔ سوم. شمارهٔ ۶. شماره پیاپی ۶. صص ۹۳-۱۰۲.

https://grup.journals.pnu.ac.ir/article_1060.html

فرج‌زاده، منوچهر؛ بصیرت فروغ. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقهٔ شیراز با استفاده ازGIS ، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، موسسه جغرافیا، دانشگاه تهران، شمارهٔ ۵۵. بهار ۱۳۸۵. صص ۵۹-۷۲.

https://www.sid.ir/paper/5554/fa

قدسی‌پور، حسن. ۱۳۸۴. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبیANP ، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

مالچفسکس، یاچک. ۱۳۸۵. سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمهٔ اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، تهران: انتشارات سمت.

محمدی ده‌چشمه، مصطفی. ۱۳۹۳. سنجش نفوذپذیری بافت شهری کرج در برابر مخاطرات. فصلنامهٔ برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دانشگاه تربیت مدرس، دورهٔ هجدهم. شمارهٔ ۳. پیاپی ۸۵. پاییز ۱۳۸۳. صص ۵۳-۷۷.

https://hsmsp.modares.ac.ir/article-21-9198-fa.html

مختاری، داوود. ۱۳۹۴. آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های انسانی از فعالیت گسل و ضرورت جابه‌جایی آن‌ها (نمونه موردی: روستاهای واقع در امتداد گسل شمالی میشو)، فصلنامهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۳. بهار ۱۳۸۴. صص ۷۱-۸۶.

https://journals.ut.ac.ir/article_17758.html

مختاری، داوود؛ امامی‌کیا، وحید. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری شهرک ارم تبریز براساس شاخص‌های اساسی مخاطرات ژئومورفیک. مجلهٔ آمایش جغرافیایی فضا، دانشگاه گلستان، دورهٔ چهارم. شمارهٔ ۱۲، شهریور ۱۳۹۳. صص ۱۴۹-۱۷۲.

https://gps.gu.ac.ir/article_7509.html

مختاری، مهدی؛ صفایی اصل، آرش؛ رنگزن، کاظم؛ فیروزی محمدعلی. ۱۳۸۵. مدل‌سازی توسعه‌ی عملکردهای شهری و کاربرد مدلهای محیطی در نرم افزار GIS برای تعیین مناطق مناسب برای‌توسعه‌ی فیزیکی شهر، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، تهران .

مخدوم، مجید؛ درویش‌صفت، علی‌اصغر؛ جعفرزاده، هورفر؛ مخدوم، عبدالرضا. ۱۳۸۳. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیطی با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی(GIS) ، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

وفاییان، محمود. ۱۳۷۱. مکانیک سنگ. یزد: انتشارات دانشگاه یزد، وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

وزارت راه و شهرسازی، شورای عالی شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

References

Hwang, Heung-Suk. 2004. Web-based multi-attribute analysis model for engineering project evaluation, Journal of Computer & industrial engineering. No 46. Vol. 46, Issue 4, July, pp 669-678.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360835204000658).

Khairulmaini, o.2015. Urban Environmental Hazard and its Impact on the Urban Dwellers-A Model for the Klang Valley Region , MALASIA.Jornal of Environmental Management and Coopeation in SouthEast ASIA. VOL 2. PP 43-57.

Liu Jie, Ye Jing, Yang Wang, Yu Shu-xia. 2010. Environmental Impact Assessment of Land Use Planning in Wuhan City Based on Ecological Suitability Analysis. Journal of Procedia Environmental Sciences.Vol. 2, pp 185-191.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000551?ref=cra_js_challenge&fr=RR-1).

Meng Yunliang, Malczewski Jacek, Boroushaki Soheil. 2011. A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta. Journal of Journal of Geographic Information System. Vol.3 No.1, January 2011. pp 50-61.

(https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=3705)

Muhamad, Nurfashareena, Lim Choun-Sian, Hasan Reza Mohammad Imam, Pereira Jacqueline. 2015. Urban Hazards Management : A case study of Langut river basin,Peninsular Malaysia. Proceeding of the 2015 International Conference on Space science and Communication (Icon space). 10-12 August 2015. Langkawi Malaysia . PP 438-443.

(https://www.academia.edu/25614284/Urban_Hazards_Management_A_Case_Study_of_Langat_River_Basin_Peninsular_Malaysia).

Ogujiuba, Kanayo K, Ehigiamusoe Kizito Uyi, . et al. 2013. The challengers and Implications of sustainable Development in Africa: Policy options for Nigeria. Journal Economic Cooperation Development. VOL 32. NO 4. PP 77-112.

(https://www.researchgate.net/publication/287305854_The_challenges_and_implications_of_sustainable_development_in_Africa_Policy_options_for_Nigeria)

Soyoung Park , Seongwoo Jeon , Shinyup kim, Chuluong Choi. 2011. Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea, Journal of Landscape and Urban Planning. Volume 99, Issue 2, 28 February 2011, Pages 104-114 .

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204610002367

Tolga Ethem, Demircan Murat Levent, Kahraman Cengiz. 2004. Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, International Journal of Production Economics, Volume 97, Issue 1, 18 July 2005, Pages 89-117.

(https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527304002804).

Yu Chian-Son. 2002. A GP-ANP method for solving group decision-making fuzzy ANP problems, Journal of Computer & Operation Research. No 29. Vol 29, Issue 14, December, pp 1969-2001.

(https://www.researchgate.net/publication/222516958_A_GP-AHP_method_for_solving_group_decision-making_fuzzy_AHP_problems)

Yaakup Ahris, Johar Foziah, Maidin Mohd Anuar, Ahmad Ezrein Faizal. 2004. GIS and Decision Support Systems for Malaysian Development Plan Studies, Conference or Workshop Item.

(http://eprints.utm.my/630/2/GIS_AND_DECISION_SUPPORT_SYSTEMS%28%29Ahris_Yaakup.pdf)