

Research Article

Landfill Site Selection for Construction Waste of the Tabriz City with Special Reference to the Geo-environmental Criteria

Leila Fallahi¹, Ghodrat Barzegari^{1*}, Ata-Allah Nadiri³

1- MSc student, Department of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz

2- Associate Professor, Department of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz (Corresponding Author)

3- Associate Professor, Department of Earth Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Keywords: *Construction wastes; Demolition, Landfill selection, Buckley fuzzy hierarchical analysis, TOPSIS, Tabriz.*

1- Introduction

The rapid growth of the construction industry has increased the problems of construction waste management in over the world. The construction industry plays a significant role both in the development of infrastructures and economic sectors of any country (Nagapan et al., 2013). Projections show that the world will have 1.5 billion new urban residents from 2015 to 2035, with nearly 90% of the increase in Asia and Africa leading to unique housing and infrastructure challenges (Duan et al., 2019). Construction waste includes physical wastes are concretes, aggregates, sands, timbers, metals and plastics that are generated from various construction activities (Manoharan et al., 2020). Currently, although the re-use and recycling of construction waste have been promoted by local governments and academic scholars, the most popular waste disposal approach is still landfilling. Landfills occupy land resources and may cause water pollution, harmful gas emission, and have other negative impacts on the environment, thus selecting an appropriate construction waste landfill location is essential for sustainable urban development (Ding et al., 2018). Among the environmental impacts caused by the construction industry are those arising from construction and demolition waste illegal dumping, which can lead to health problems, pollution of water resources and soil, and esthetic damage to cities (Paz et al., 2020). The appropriate site selection for waste disposal is one of the major problems in waste management (Sener et al., 2011). An optimal landfill can be defined as a land use that minimizing negative impact to the environment and society and creates maximum efficiency in terms of economic factors and engineering applications (Beskese et al., 2015). Using spatial data and correct analysis of this data is very important for use in site selection the location of construction waste landfills (Tabatabaei and Aghsaei, 2016).

2- Material and methods

In this research, the optimal site selection of landfill construction waste for Tabriz city was investigated using AHP method. Tabriz city is located in the Northwest of Iran with a total area of 250,590 km².

The Analytical Hierarchy Process (AHP) method is a basic multi-criteria decision-making (MCDM) method based on pairwise comparisons introduced by Saaty (Yildiz and Kahraman, 2019). The AHP method is used by many researchers to find the relative importance (weights) of criteria and sub-criteria. The use of fuzzy set theory in AHP (applying fuzzy numbers instead of a simple number) helps in capturing the vagueness in preference (Mathew et al., 2020).

* Corresponding author: Gbarzegari@tabrizu.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2021.37877.2236

Received 2021-07-11

Accepted 2021-08-17

Buckley proposed a new fuzzy AHP method based on trapezoidal membership functions. Buckley's invention of the fuzzy hierarchical analysis process method is generalized form classical hierarchical analysis process method. In this method, trapezoidal fuzzy numbers are used for pairwise comparison of options and the geometric averaging method is used to obtain weights and preferences. This method has been introduced as an alternative to Chang's method because Chang's method had disadvantages such as zero and negative weight (Porkhabaz et al., 2018).

The technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) is another MCDM method, which also selects the best alternative among many. Alternatives that have the least distance from the best or positive ideal result (Behzadian et al., 2012).

3- Results and discussions

The management of construction waste in Tabriz is in the form of collecting all the construction and demolish wastes from the city and transferring them to the scattered places in different parts of the city. However, people dump their construction waste on the outskirts and on highways to reduce distances and relevant costs. Due to low public awareness of the people about the destructive impacts of construction waste, easy access to the sand resources as construction materials, and the high cost of recycling facilities, on the other hand, there is no management plan to reduce production, recycling and reuse of demolish. The only action is the separation of the metal parts.

However, the re-use and recycling of construction waste, in addition to improving environmental conditions, reduces costs and energy, creates employment, economic benefits and prevents greenhouse gas emissions.

In order to optimal management of construction waste, they are separated into healthy and non-healthy construction wastes and principal selection of sites for landfills are investigated to reduce the distance and cost of demolishing. According to the composition of healthy and non-healthy construction waste (Figs. 1, 2 and 3) and their type of pollution, management that should be done for healthy construction waste is in the form of filling the excavated lands due to borrowing material, and using for land grading and leveling for new constructions by compaction for preventing settlements of the new structures founded on them. In addition to the activities that might be adopted by the government to reduce non-healthy construction waste, re-use and recycling, for preventing their destructive environmental effects, It is recommended to select landfill for construction waste in accordance with environmental standards considering geological, socio-economic, principles and engineering criteria.

In this study, a number of 15 environmental, geological and socio-economic criteria were applied in order to select suitable landfill sites for the healthy and non-healthy construction waste of the Tabriz city. Buffers applied were provided for each of the healthy and non-healthy wastes due to different environmental effects. Buckley fuzzy hierarchical analysis approach was employed to calculate the weight of the criteria. Then, using TOPSIS approach, the selected options were weighted based on greater importance. Finally, the final locations for healthy and non-healthy construction waste disposal in Tabriz city were selected, which are shown in Figs. 4 and 5.

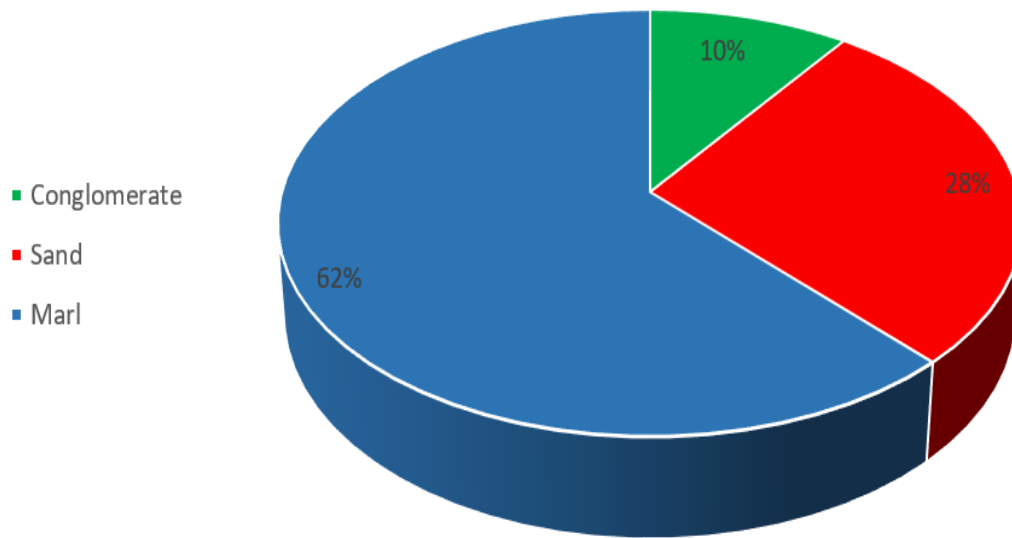


Fig. 1. The composition percentage of Tabriz healthy construction and demolition waste

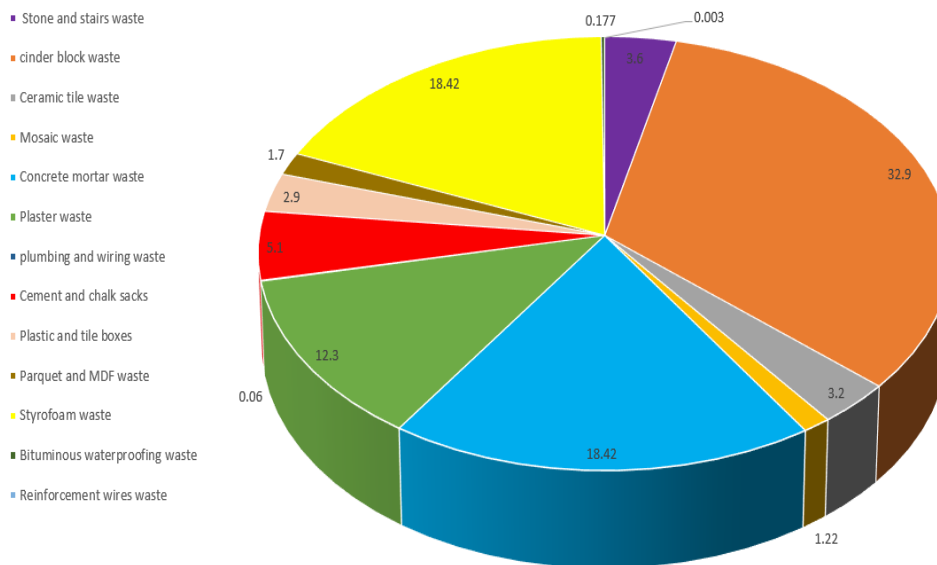


Fig. 2. The composition and volume percentage of construction and demolition waste due to destruction

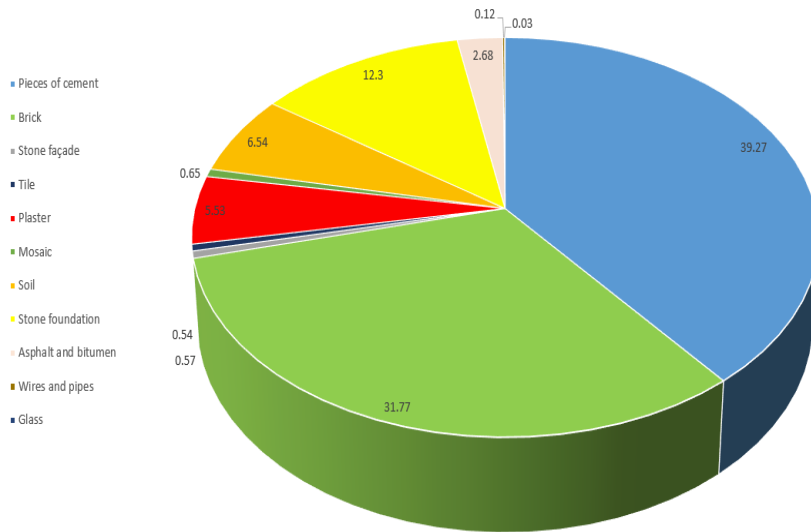


Fig. 3. The composition and volume percentage of construction and demolition waste due to construction

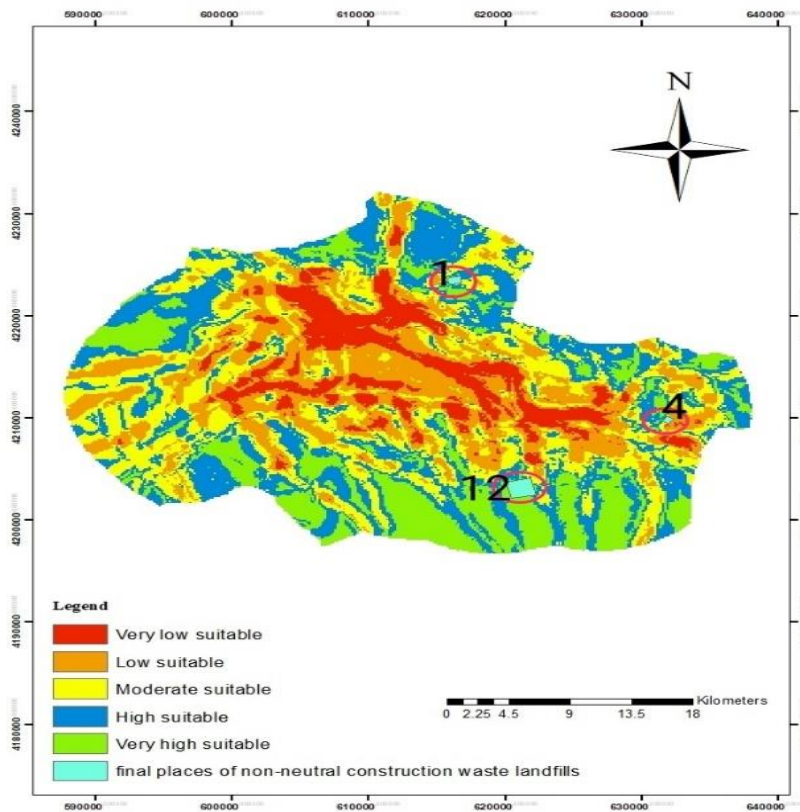


Fig. 4. Final map of landfill classification for non-neutral construction waste

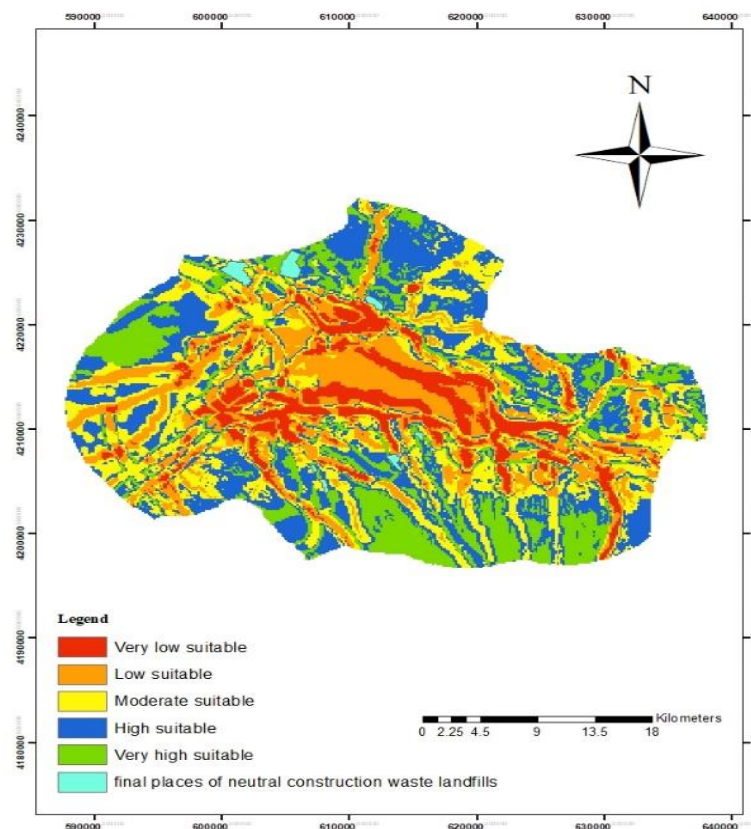


Fig. 5. Final map of landfill classification for healthy construction waste

4- Conclusion

Considering the fact that in developing countries such as Iran, all the construction waste are not recycling due to weak management, people ignorance and abundance of sand resources. Therefore, construction wastes were dumped illegally in scattered parts of the city, including highways, thoroughfares, rivers, canals etc. Therefore, principal site selection is the essential plans to dispose and bury this wastes in the viewpoint of urban management. In this study, using GIS and multiple criteria decision-making Buckley fuzzy hierarchical analysis and TOPSIS methods, site selection was determined for healthy and non-healthy construction and demolition waste of the Tabriz city considering 15 criteria including 4 environmental, 4 geological and 7 socio-economic factor. Finally, for the non-healthy wastes, three zones were selected according to the criteria of saving time and transportation costs in three parts of north, south and east of the city. For the healthy construction waste, due to employing different buffers, separate sites were selected in the north and south of the city.

5- References

- Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M., Ignatius, J., 2012. A state of the art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with applications* 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Beskese, A., Demir, H.H., Ozcan, H.K., Okten, H.E., 2015. Landfill site selection using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS: a case study for Istanbul. *Environmental Earth Sciences* 73(7), 3513-3521. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3635-5>
- Ding, Z., Zhu, M., Wu, Z., Fu, Y., Liu, X., 2018. Combining AHP-entropy approach with GIS for construction waste landfill selection a case study of Shenzhen. *International journal of environmental research and public health* 15(10), 2254. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102254>

- Duan, H., Miller, T.R., Liu, G., Tam, V.W., 2019. Construction debris becomes growing concern of growing cities. *Waste Management* 83, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.044>
- Mathew, M., Chakraborty, R.K., Ryan, M.J., 2020. A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 96, 103988. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103988>
- Nagapan, S., Rahman, I.A., Asmi, A., Adnan, N.F., 2013. Study of site's construction waste in Batu Pahat, Johor. *Procedia Engineering* 53, 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.015>
- Paz, D.H.F., Lafayette, K.P.V., Sobral, M.C.M., 2020. Management of construction and demolition waste using GIS tools. In *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*. Woodhead Publishing, 121-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819055-5.00008-5>
- Porkhabaz, H.R., Kmani, S., Javanmardi, S., Yosefi Khangah, S.H., 2018. Ecological modeling of urban development using AHP and Fuzzy AHP Buckley interactive decision models- a case study of Arak. *Journal of Planning and Space logistics* 21(1), 133-165. <http://hsmmsp.modares.ac.ir/article-21-1073-fa.html>
- Şener, Ş., Sener, E., Karagüzel, R., 2011. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. *Environmental monitoring and assessment* 173(1), 533-554. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1403-x>
- Tabatabaei, J., Aghsaei, H., 2016. Locating of the optimal site for construction waste disposal using weighted linear composition method: a case study of Isfahan, Iran. *Journal of Health System Research*, 307-314. <https://hsr.mui.ac.ir/article-1-879-en.html>
- Yildiz, N., Kahraman, C., 2019. Evaluation of social sustainable development factors using Buckley's fuzzy AHP based on Z-numbers. In *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems*. Springer, Cham, 770-778. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1_92

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Fallahi, L., Barzegari, G., Nadiri, A., 2023. Landfill Site Selection for Construction Waste of the Tabriz City with Special Reference to the Geo-environmental Criteria, *Adv. Appl. Geol.* 12(4), 682-708.

DOI: 10.22055/AAG.2021.37877.2236

URL: https://aag.scu.ac.ir/article_17052.html

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

مکانیابی اصولی دفع نخاله‌های ساختمانی شهر تبریز با تاکید بر عوامل زمین‌شناسی زیست محیطی

لیلا فلاحی

دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی زیست محیطی، گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز

قدرت برزگری*

دانشیار گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز (نویسنده مسئول)

عطالله ندیری

دانشیار گروه علوم زمین، دانشگاه تبریز، تبریز

* Gbarzegari@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۲۶

چکیده

با توسعه روزافزون شهرنشینی، تولید عظیم نخاله‌های ناشی از ساخت و تخریب به تهدیدی جدی برای توسعه پایدار شهرها تبدیل شده است. اگرچه تلاش‌هایی در جهت استفاده مجدد و بازیافت نخاله‌های ساختمانی انجام شده است اما همچنان دفن پسماندها به عنوان متداول‌ترین روش برای دفع زائدات ساختمانی محسوب می‌گردد. از این رو، مکان‌یابی و یافتن مکان بهینه جهت دفن نخاله‌های ساختمانی یکی از مهمترین جنبه‌های مدیریت این پسماندها می‌باشد. با توجه به اثرات مخرب زیست محیطی نخالگاه، انتخاب محل دفن باید با دقت مضاعف و طی یک فرایند علمی انجام گیرد. در این تحقیق، با منظور نمودن معیارهای زمین‌شناسی (گسل، سنگ‌شناسی، ریخت‌شناسی و شیب)، زیست محیطی (منابع آب سطحی، منابع آب- زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی و مناطق حفاظت شده) و اقتصادی- اجتماعی (مناطق مسکونی، فرودگاه، مناطق صنعتی، خطوط ارتباطی، معادن، خطوط انتقال نیرو و کاربری اراضی) از طریق قابلیت‌های نرم‌افزار GIS و با استفاده از تلفیق روش‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی و گزینه ایده‌آل، محل‌های مناسب برای دفع نخاله‌های سالم و ناسالم شهر تبریز تعیین شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده مکان‌های مشخصی به تفکیک برای دفع نخاله‌های ساختمانی ناسالم و سالم در شمال، جنوب و شرق شهر تبریز انتخاب گردید.

واژه‌های کلیدی: نخاله‌های ساختمانی، تخریب، مکان‌یابی، تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی، TOPSIS، تبریز

۱- مقدمه

دارد. تخمین زده می‌شود که جهان هر ساله حدود ۷-۱۰ میلیارد تن زباله تولید می‌کند، که شامل ۳۶ درصد زباله ساخت و تخریب، ۳۲ درصد زباله تجاری و صنعتی، ۲۴ درصد زباله جامد شهری و ۸ درصد زباله خانگی می‌باشد (Duan et al., 2019). نخاله‌های ساختمانی عبارت‌اند از موادی که به شکل ناخواسته، تصادفی و بلااستفاده در عملیات گودبرداری، تخریب و ساخت و ساز عملیات عمرانی تولید می‌شوند. این ضایعات شامل مصالح ساختمانی از قبیل تکه‌های آجر، بتن، بلوک‌های سیمانی، گچ، خاک، موزاییک، مواد پلاستیکی، عایق‌بندی مثل ایزوگام، فولاد، سیم برق، میلگرد و همچنین ضایعات حاصل از فرآیند آماده-سازي مقدماتی محل پروژه مانند مصالح لایروبی، کنده درختان و قلوه‌سنگ‌ها می‌باشد. این نخاله‌ها ممکن است حاوی سرب،

صنعت ساخت و ساز نقش اساسی در توسعه اقتصادی و اجتماعی هر کشور دارد. امروزه صنعت ساختمان به دلیل افزایش سطح زندگی، تقاضای پروژه‌های زیرساختی، تغییر در عادات مصرفی و همچنین افزایش طبیعی جمعیت به سرعت در حال رشد است. این رشد در تولید پسماند بسیار مؤثر بوده است و برای هر ملتی به یک مشکل جدی تبدیل شده است (Nagapan et al., 2013). پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که جهان از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۳۵، یک و نیم میلیارد نفر از ساکنان شهری جدید را در خود جای خواهد داد که ۷۷ درصد آن در آسیا و آفریقا خواهد بود. با چنین رشد سریع شهرها و شهرنشینی، تولید در بخش صنعت ساخت و ساز همچنان ادامه

پارامترها باید تجزیه و تحلیل و سازماندهی دقیق شود (Chamchali et al., 2019). امروزه محققین زیادی از قابلیت GIS (سیستم اطلاعات جغرافیایی) برای مکان‌یابی محل دفن پسماندها استفاده می‌کنند. چراکه سیستم اطلاعات جغرافیایی قادر به تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از لایه‌های اطلاعاتی است. همچنین استفاده از ابزار GIS در مسائل زیست محیطی طی دهه گذشته افزایش چشمگیری داشته است. انتخاب چندین فاکتور بر اساس تعدد لایه‌های اطلاعاتی در مسئله یافتن مکان‌های مناسب برای دفن پسماند، تصمیم‌گیرندگان را به انتخاب سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا و سهولت کار از نظر سرعت عمل نیز کارآمد باشد و بتواند بسیاری از محدودیت‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی را شبیه‌سازی و مدیریت کند (Rahimi et al., 2020).

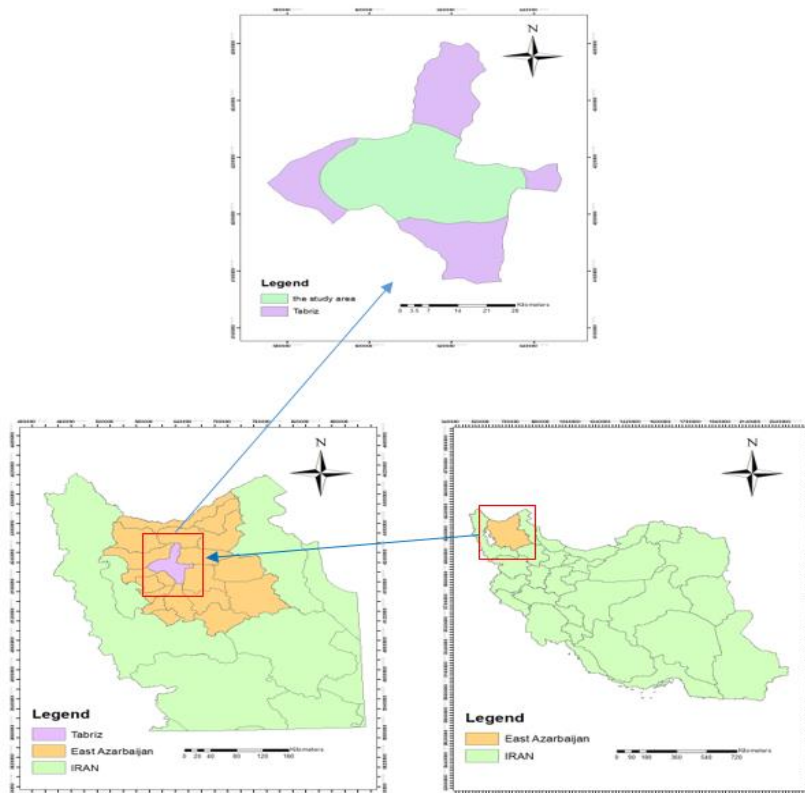
در پژوهش حاضر علاوه بر معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی از معیارهای زمین‌شناسی همچون فاصله از گسل و ریخت‌شناسی استفاده شده است. به منظور انتخاب محل‌های مناسب در نقاط مختلف شهر و امکان کاهش فاصله دسترسی، نخاله‌های سالم و ناسالم به تفکیک با معیارهای مختلف و وزن‌دهی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. برای وزن‌دهی معیارها از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی (بهبود یافته) به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر، عدم نارسایی‌هایی از جمله وزن صفر و منفی و قابلیت بالاتر در مکان‌یابی و از روش TOPSIS برای انتخاب گزینه‌های ایده‌آل استفاده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر تبریز با جمعیت تقریبی بالغ بر یک میلیون و ششصد نفر و با وسعت تقریبی ۲۵۰/۵۹۰ کیلومتر مربع، واقع در شمال غرب کشور، از شمال به شهرستان ورزقان، از جنوب به شهرستان مراغه و اسکو، از شرق به شهرستان بستان‌آباد و هریس و از غرب به شهرستان شبستر محدود می‌شود. موقعیت جغرافیایی این شهر منطبق بر ۴۶ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع متوسط حدود ۱۳۴۰ متر از سطح دریا است (Asghari et al., 2015). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، فاصله ۱۰ کیلومتری از حریم شهر می‌باشد که در شکل ۱ نمایش داده شده است (شکل ۱).

آزبست، یا سایر مواد خطرناک نیز باشند (Soltani Lorgani and Nabizadeh., 2017). نخاله‌های ساختمانی یا به وسیله فرآیندهای طبیعی تولید می‌شوند (نظیر زلزله‌ها، طوفان‌ها، گردبادها، سیلاب‌ها و ...) و یا حاصل عملیات ساخت و تخریب می‌باشند (Hafezi Moghadas et al., 2013). حجم نخاله‌های ساختمانی به حدی است، که در کشورهای پیشرفته نیز به یک مشکل اجتماعی و زیست محیطی تبدیل شده‌است؛ در کشورهای در حال توسعه‌ای همچون ایران، بخش عمده‌ای از پسماندهای شهری را نخاله‌های ساخت و تخریب به خود اختصاص می‌دهند؛ که علاوه بر هزینه‌های بسیار برای دفع آن، عواقب نامطلوبی را نیز بر محیط‌زیست در پی دارند (Nasri and Ranjbar, 2018). پسماندهای ساختمانی و عمرانی اگرچه خطرات کمتری نسبت به مواد زائد شهری برای سلامت بشر و محیط زیست دارند؛ ولی دفع بی‌رویه و مدیریت ناصحیح این پسماندها پس از دفع، میزان خطر این نخاله‌ها را تشدید می‌کند (Jafari Mansoryian et al., 2013). مدیریت صحیح مواد زائد نیز نیازمند آگاهی از چگونگی جمع‌آوری، بازیافت، دفع و همچنین شناخت ترکیبات نخاله‌های ساختمانی می‌باشد (Entezarion and Ahari Salmasi., 2018). در حال حاضر، اگرچه استفاده مجدد و بازیافت پسماندهای ساختمانی توسط دولت‌های محلی و محققان دانشگاهی ارتقاء یافته است؛ با این حال، کشورهای در حال توسعه همچنان در بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای ساختمانی باز مانده‌اند و همچنان در این کشورها، محبوب‌ترین روش دفع پسماند، دفن است (Ding et al., 2018). پسماندهای ساختمانی منابع زمین را اشغال می‌کنند و ممکن است باعث آلودگی آب، خاک، انتشار گازهای مضر و اثرات منفی دیگری بر محیط‌زیست شوند. بنابراین انتخاب محل مناسب برای دفن نخاله‌های ساختمانی برای توسعه پایدار شهر ضروری است (Paz et al., 2020). انتخاب بهترین مکان برای محل دفن پسماند، نیاز به یک فرآیند ارزیابی گسترده دارد. این مکان باید با الزامات قانونی و مقررات دولتی مطابقت داشته باشد؛ علاوه بر این، باید هزینه‌های اقتصادی را به حداقل برساند، کمترین تأثیرات جانبی را بر محیط زیست و جامعه داشته باشد و باید توسط اکثر افراد پذیرفته شود. در نتیجه مکان‌یابی محل دفن پسماند مستلزم پردازش داده‌های فضایی مختلف و معیارهای مختلف است و



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

Fig. 1. The geographical location of the study area.

با استفاده از اعداد و محاسبات فازی، که توسط مقایسه زوجی معیارها صورت می‌گیرد و به دو صورت فازی مثلثی و فازی ذوزنقه‌ای نشان داده می‌شود.

۲-۳- روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی ابداع باکلی، شکل تعمیم یافته‌ای از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک است. در این روش از اعداد فازی ذوزنقه‌ای برای مقایسات زوجی گزینه‌ها و از روش میانگین‌گیری هندسی برای بدست آوردن وزن‌ها و ارجحیت‌ها استفاده می‌شود. این روش را در واقع جایگزینی برای روش چانگ معرفی کرده‌اند، زیرا روش چانگ نارسایی‌هایی از جمله وزن صفر و منفی داشت (Porkhabaz et al., 2018). در اولین مرحله روش AHP فازی باکلی بر اساس معادله ۱، میانگین هندسی سطرها محاسبه می‌شوند. چون اعداد در هر سطر فازی هستند میانگین هندسی درایه‌های اول، درایه‌های دوم، درایه‌های سوم و درایه‌های چهارم در نظر گرفته می‌شوند.

۲-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از اساسی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) جهت وزن‌دهی معیارها و مبتنی بر مقایسات زوجی می‌باشد، که در دهه ۱۹۸۳ توسط توماس ال ساعتی ارائه شده است (Yildiz and Kahraman, 2019). بسیاری از محققان از AHP برای یافتن اهمیت نسبی معیارها و زیرمعیارها استفاده می‌کنند. استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی در AHP (استفاده از یک عدد فازی به جای یک عدد ساده) به رفع ابهام در تصمیم‌گیری کمک می‌کند (Mathew et al., 2020). به دلیل پیچیدگی و عدم اطمینان موجود در مشکلات تصمیم‌گیری در دنیای واقعی، ممکن است ارزیابی دقیق معیارها و گزینه‌های متناقض برای تصمیم‌گیرندگان امکان‌پذیر نباشد. بنابراین، تصمیم‌گیرندگان ممکن است به جای قضاوت قطعی، از قضاوت‌های میانی طرفداری کنند (Boral et al., 2020). با این حال، عوامل مبتنی بر قضاوت انسان همیشه مستلزم ذهنیت و ابهام است و در این شرایط، روش AHP انتخاب مناسبی نیست (Feili et al., 2017). در واقع FAHP عبارت است از فازی‌سازی روش AHP کلاسیک

که در آن V ماتریس بی‌مقیاس موزون و W ماتریس قطری از وزن‌های به‌دست آمده برای معیارها توسط روش AHP می‌باشد.

$$V = N_D \times W_{n \times n} \quad (\text{رابطه ۵})$$

مرحله سوم محاسبه‌ی ایده آل مثبت و منفی است که توسط روابط ۶ و ۷ بدست می‌آید.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} \mid j \in J_1), (\min v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i=1,2,\dots,m\} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} \mid j \in J_1), (\max v_{ij} \mid j \in J_2) \mid i=1,2,\dots,m\} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$A_i^- = (v_{i1}^-, v_{i2}^-, \dots, v_{in}^-) \quad A_i^+ = (v_{i1}^+, v_{i2}^+, \dots, v_{in}^+)$$

بطوریکه:

$$J_1 = \{1, 2, \dots, n \mid \text{عناصر مثبت شاخص ها}\}$$

$$J_2 = \{1, 2, \dots, n \mid \text{عناصر منفی شاخص ها}\}$$

مرحله چهارم محاسبه فاصله از ایده‌آل‌های مثبت و منفی توسط روابط ۸ و ۹ می‌باشد.

(رابطه ۸)

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^+)^2)^{1/2} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

(رابطه ۹)

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n ((v_{ij} - v_j^-)^2)^{1/2} \quad (i=1,2,\dots,m)$$

مرحله پنجم محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده‌آل می‌باشد که با استفاده از رابطه ۱۰ انجام می‌گیرد.

(رابطه ۱۰)

$$C_i = d_i^- / (d_i^- + d_i^+) \quad (i=1,2,\dots,m)$$

مقدار C_i بین صفر و یک می‌باشد و هر گزینه‌ای که به راه حل ایده‌آل نزدیک باشد مقدار C_i آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود.

مرحله شش رتبه‌بندی گزینه‌ها می‌باشد که بر اساس ترتیب نزولی C_i می‌توان گزینه‌های موجود را بر اساس بیشترین اهمیت رتبه‌بندی کرد (Pengyu Chen., 2021).

$$w_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad (i=1,2,\dots,m) \quad (\text{رابطه ۱})$$

در گام بعد ابتدا میانگین هندسی که در مرحله قبل محاسبه شده است را با هم جمع کرده، سپس هر میانگین هندسی در معکوس این مجموع ضرب می‌شوند (رابطه ۲).

$$w_i = (r_1 + r_2 + \dots + r_m)^{-1} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در ادامه وزن‌های فازی بدست آمده در مرحله قبل، با استفاده از رابطه ۳، غیرفازی می‌شوند.

$$w_{\text{Crisp}} = \frac{L+2m+u}{4} \quad (\text{رابطه ۳})$$

در پایان هر وزن غیرفازی شده مرحله قبل را بر مجموع اوزان تقسیم کرده تا وزن نرمال شده حاصل شود.

۲-۴- روش گزینه ایده‌آل (TOPSIS)

یکی از رایج‌ترین روش‌های MCDM، روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) می‌باشد که اولین بار توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ مطرح شده و در دهه‌های گذشته به طور گسترده‌ای با نتایج رضایت بخش مورد استفاده قرار گرفته است. این روش سعی می‌کند گزینه‌ها را با محاسبه فاصله آن‌ها از راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی رتبه‌بندی کند و گزینه مطلوبی را انتخاب می‌کند که همزمان باید کوتاه‌ترین فاصله را از حد ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله را از حد ایده‌آل منفی داشته باشد (Chen., 2021). روش TOPSIS همراه با نظریه مجموعه‌های فازی کمک می‌کند تا تصمیم‌گیرندگان در محاسبات نتایج قابل اطمینان‌تری داشته باشند (Mathew et al., 2020). مراحل انجام روش TOPSIS به شرح زیر می‌باشد. مرحله اول تشکیل ماتریس تصمیم و نرمال‌سازی آن به روش برداری می‌باشد که توسط رابطه ۴ انجام می‌شود.

$$v_{ij} = \frac{v_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m v_{ij}^2}} \quad (\text{رابطه ۴})$$

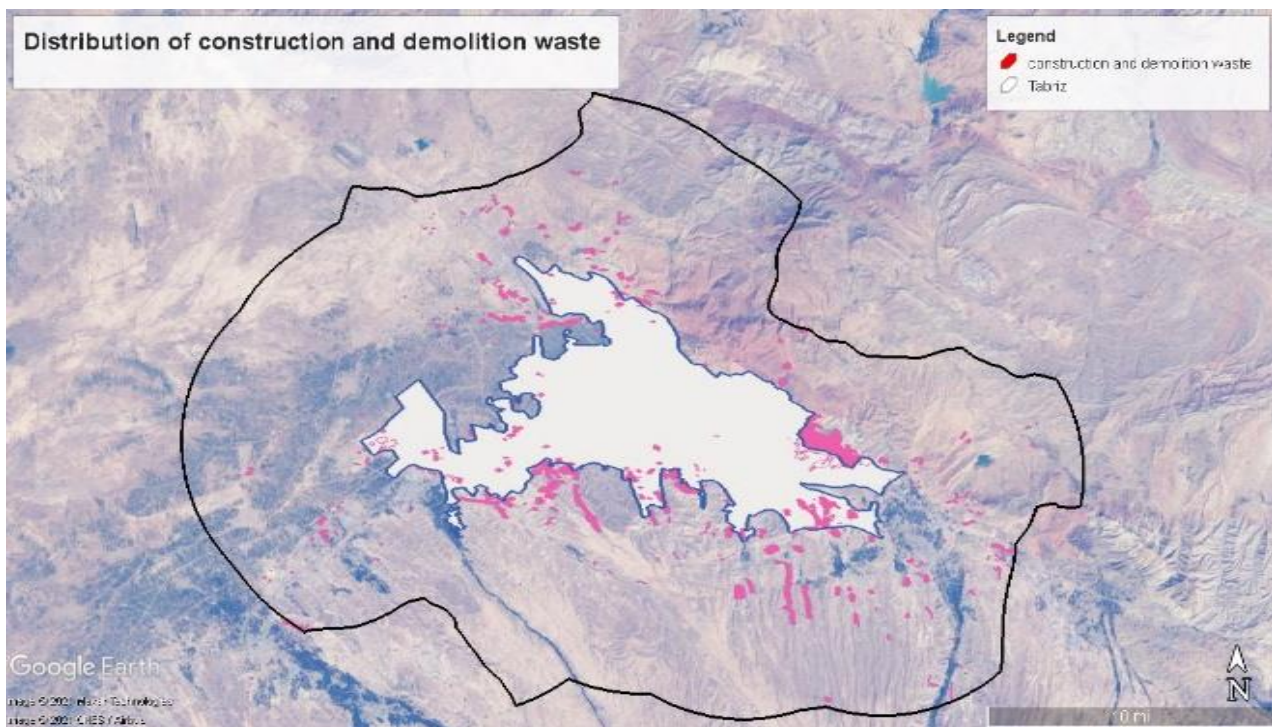
مرحله دوم تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون می‌باشد که به کمک روش‌هایی نظیر آنتروپی شانون یا روش بردار ویژه محاسبه می‌شود. ماتریس مورد نظر از رابطه ۵ بدست می‌آید.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- آثار زیست محیطی نخاله‌های ساخت و تخریب

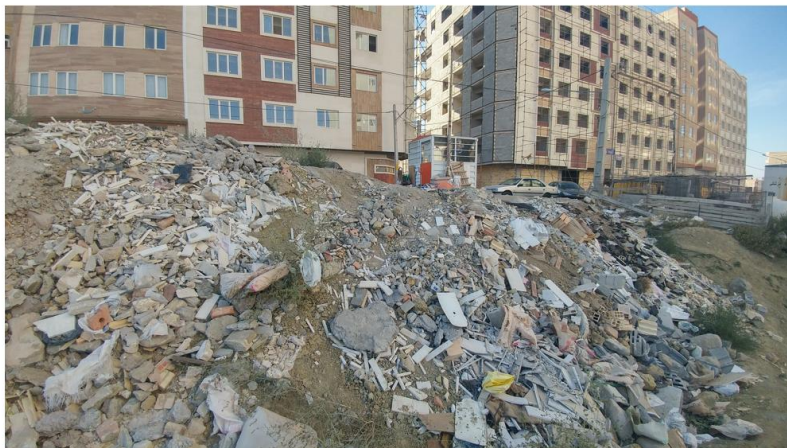
با توجه به افزایش ساخت و سازها در کشور و اینکه بیشتر این ساخت و سازها در محیط شهری صورت می‌گیرد، همواره میزان قابل توجهی نخاله‌های ساخت و تخریب به جا می‌ماند، که به علت نبودن ضوابط و معیارهای مشخص باعث ایجاد مشکلات محیط‌زیستی در محیط شهری می‌شود. تبریز یکی از کلان شهرهای قدیمی ایران می‌باشد، که به دلیل گسترش روز افزون شهر، مرمت و بازسازی بافت‌های قدیمی شهر و حفاری بسیاری از پروژه‌های زیرساختی از جمله خطوط مترو، تولید نخاله‌های ساخت و تخریب در این شهر رشد صعودی دارد. بر اساس تحقیق صورت گرفته میزان تولید نخاله‌های ساختمانی در بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۴، حدود ۷۲۴/۵ هزار تن در سال برآورد

شده است و روند تغییرات تولید سرانه نخاله‌های ساختمانی به صورت افزایشی می‌باشد (Taghizadeh., 2018). در ترکیب نخاله‌های ساختمانی، ضایعاتی همانند وسایل عایق، سیم، کابل، لامپ و... وجود دارد که حاوی مواد خطرناک، از جمله آزبست، برم، جیوه، سرب می‌باشد، که در صورتی که به درستی دفع نشوند به مرور زمان و طی واکنش‌های شیمیایی باعث آلودگی منابع آب، خاک می‌شود (Yu et al., 2018). همان‌طور که در شکل‌های ۲ تا ۴ نمایش داده شده است، عدم مدیریت نخاله‌های ساخت و تخریب باعث توزیع نخاله‌های انبار شده در داخل و حاشیه حریم شهر تبریز شده است که به تبع آن منجر به آثار مخرب زیست‌محیطی همچون آلودگی آب، خاک، هوا، ظاهر نامطلوب شهر، نشست نامتقارن سازه‌ها و آسیب دیدگی آن‌ها و در مواقعی نیز به دلیل انباشته شدن در مسیر مسیل‌ها باعث ایجاد سیلاب می‌گردد.



شکل ۲- نقشه توزیع نخاله‌های ساخت و تخریب در منطقه مورد مطالعه.

Fig. 2. Distribution map of construction and demolition waste of the study area.



شکل ۳- انباشت نخاله‌های ساختمانی در داخل شهر تبریز.

Fig. 3. Accumulation of construction waste inside the city of Tabriz.



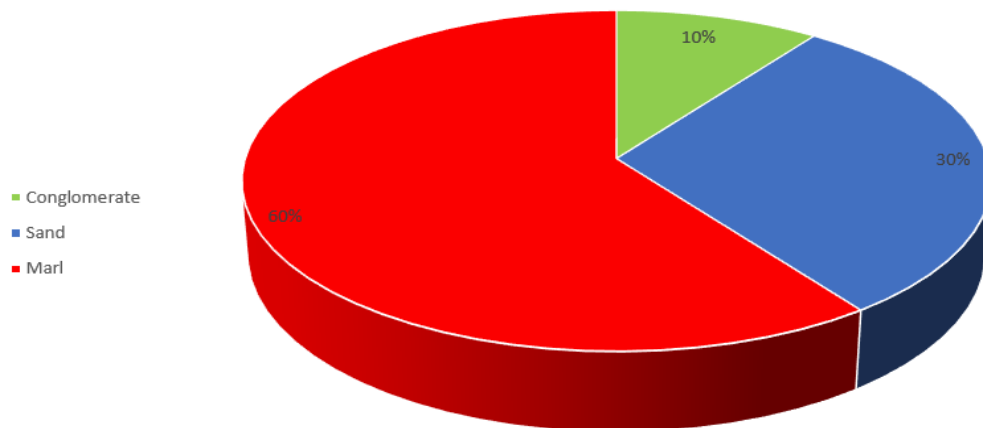
شکل ۴- انباشت نخاله‌های ساختمانی در حاشیه جاده‌ها.

Fig. 4. Accumulation of construction waste on the side of roads.

زمان تخلیه از ماشین‌آلات و یا در روزهای بادی و طوفانی در فصل پاییز است. با توجه به گسترش شهر تبریز به سمت شرق شهر، در این مناطق حجم‌های عظیمی از نخاله‌های سالم انباشت شده مشاهده می‌شود (شکل ۶). با توجه به تراکم پایین این نخاله‌ها (خاک‌های دستی) و ضخامت متفاوت آن‌ها، ساخت و ساز بر روی این نخاله‌ها، باعث با نشست‌های نامتقارن و در نتیجه آسیب‌دیدگی سازه‌های احداث شده بر روی آن‌ها مواجه می‌گردد. بنابراین با تعیین محل مناسب برای دفع این نخاله‌ها، می‌توان از آثار زیست‌محیطی آن‌ها همچون نشست‌های نامتقارن، آلودگی هوا و ایجاد ریزگردها جلوگیری کرد.

۳-۱-۱- نخاله‌های سالم

نخاله‌های سالم که از لحاظ مهندسی جز خاک‌های مسئله‌دار می‌باشند، عمدتاً حاصل تسطیح محل ساخت و سازهای شهری با ترکیب سنگ، شن و ماسه هستند که درصد تقریبی آن‌ها در شکل ۵ نمایش داده است. حجم قابل توجهی از نخاله‌های شهر تبریز بویژه در سمت شرقی شهر که توسعه شهری و ساخت و ساز از آن قسمت اتفاق می‌افتد را نخاله‌های سالم تشکیل می‌دهند. به دلیل عدم ایجاد شیرابه و آلودگی آب و خاک توسط این نوع نخاله‌ها، این نخاله‌ها به عنوان نخاله‌های سالم در نظر گرفته می‌شوند. عمده آلودگی این نخاله‌ها ایجاد گرد و غبار در



شکل ۵- ترکیب نخاله‌های سالم شهر تبریز.

Fig. 5. The composition of Tabriz healthy construction waste.



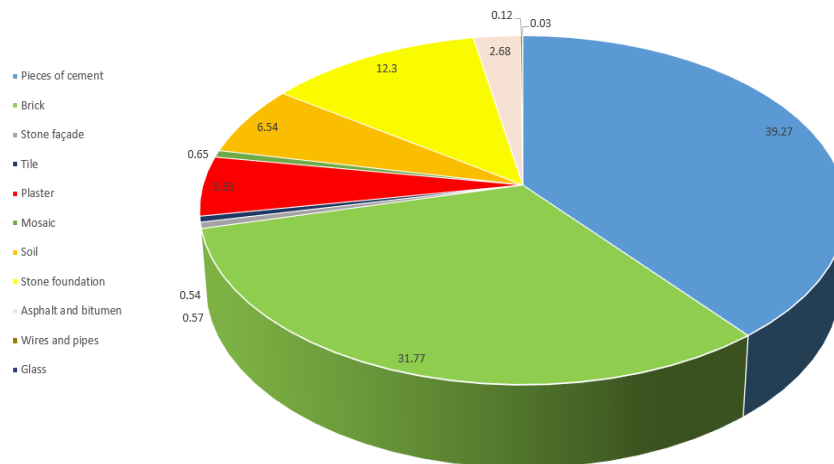
شکل ۶- حجم عظیم نخاله‌های سالم در شرق شهر تبریز.

Fig. 6. Large volume of healthy construction waste in the east of Tabriz.

این نخاله‌ها و تاثیر منفی آنها بر محیط‌زیست، غیر سالم در نظر گرفته شده‌اند. حجم و ترکیب برآورد شده نخاله‌های ایجاد شده در ساخت ساختمان‌های جدید و تخریب ساختمان‌های قدیمی با ۲۰۰ متر زمین و ۱۲۰ متر ساخت در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده است.

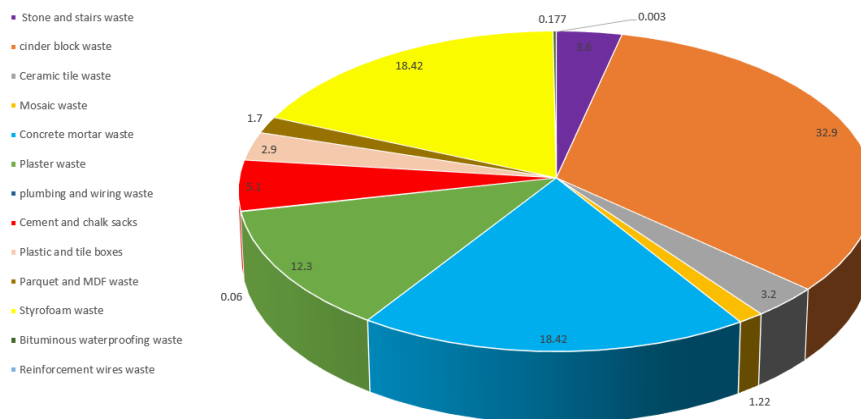
۳-۱-۲- نخاله‌های ناسالم

نخاله‌های غیر سالم شامل نخاله‌های بجا مانده از تخریب و مرمت ساختمان‌های قدیمی و ساخت و سازهای جدید هستند که به دلیل ایجاد آلودگی توسط عناصر مضر موجود در اجزای



شکل ۷- ترکیب و حجم نخاله‌های ناشی از تخریب ساختمان قدیمی.

Fig. 7. Composition and volume of the demolition waste due to destruction.



شکل ۸- ترکیب و حجم نخاله‌های ناشی از ساخت ساختمان نو ساز.

Fig. 8. The composition and volume of construction and demolition waste due to construction.

(شکل ۹). همچنین انباشت نخاله‌ها در حاشیه رودخانه، در مواقع بارندگی امکان آلودگی آب رودخانه به فلزات سنگین، افزایش مواد جامد محلول آب، افزایش سختی و هدایت الکتریکی آب می‌شود. در حالی که از آب این رودخانه‌ها برای مصارف کشاورزی استفاده می‌گردد (شکل ۱۰). آلودگی آب و خاک ایجاد شده توسط نخاله‌های ساخت و تخریب باعث ورود فلزات سنگین به چرخه زندگی انسان‌ها می‌گردد، که از منظر زمین‌شناسی پزشکی ورود این عناصر در بدن و افزایش آن، باعث تجمع این عناصر در ارگان‌های مختلف بدن شده و انواع بیماری‌ها را در پی دارد.

در صورت عدم دفع و دفن اصولی و مهندسی این نوع نخاله‌ها، به دلیل وجود شیرابه‌های حاوی عناصر سنگین می‌توانند باعث آلودگی آب، خاک، هوا و محیط‌زیست شوند. به عنوان مثال رهاسازی و انباشت پسماندهای ساختمانی سالم و ناسالم در حاشیه و داخل حریم شهر علاوه بر ظاهر نامطلوب شهر، باعث تجمع جوندگان موذی و حشراتی مانند پشه‌خاکی در فصل گرما می‌شود که عامل بیماری سالک یا لیشمانیوز پوستی می‌باشد. از دیگر اثرات مخرب آن چرای دام‌ها در مناطق حاشیه‌نشین شهر تبریز، که خاک آن به دلیل ازدیاد نخاله و زباله، به فلزات سنگین ناشی از شیرابه‌های زباله‌ها و نخاله‌ها آلوده می‌باشد



شکل ۹- چرای گوسفندان در خاک‌های آلوده منطقه حاشیه نشین شهر تبریز.

Fig. 9. Sheep grazing in contaminated soils in the suburbs of the Tabriz.



شکل ۱۰- انباشت نخاله‌های ساختمانی در حاشیه رودخانه آجی‌چای تبریز.

Fig. 10. Accumulation of construction waste in adjacent to Aji-Chay River.

ساخته شده است، از جمله پیشگیری به عنوان گزینه اولویت، بعد از آن استفاده مجدد، بازیافت و در نهایت کمترین اولویت دفع پسماند می‌باشد (Manoharan et al., 2020). ولی در کشورهای در حال توسعه همچون ایران، نادیده گرفتن آثار زیست‌محیطی نخاله‌ها، برنامه‌ریزی ضعیف، فقدان منابع مالی و آگاهی کم شهروندان منجر به ضعف مدیریت نخاله‌های ساخت

مدیریت نخاله‌های ساخت و تخریب به منظور جلوگیری از آثار زیست‌محیطی این نخاله‌ها از الزامات هر جامعه‌ای می‌باشد. برای مدیریت نخاله‌ها، از مفهوم سلسله مراتب مدیریت پسماند استفاده می‌شود که بوسیله دستورالعمل پسماندهای اتحادیه اروپا و استراتژی اجتماع کمیسیون اروپا در سال ۱۹۷۵ تهیه شده است. مفهوم سلسله مراتب مدیریت پسماند از چند مرحله

مناسب برای دفع نخاله‌ها می‌باشد. با این‌وجود برای ایجاد نخالگاه الویت با مکان‌های بدون آبخوان می‌باشد.

۳-۲-۴- مناطق حفاظت شده

مکان‌یابی نخالگاه‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که سبب تخریب محیط‌زیست و مناطق حفاظت‌شده نگردد. با توجه به داده‌های اخذ شده از سازمان حفاظت محیط‌زیست شهر تبریز، در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه، منطقه حفاظت شده سهند قرار دارد. همچنین مناطق نظامی موجود در منطقه نیز جز مناطق حفاظت شده در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۵- سنگ شناسی

از نظر سنگ‌شناسی منطقه، قسمت اعظم محدوده شامل نهشته‌های آبرفتی و تناوبی از لایه‌های ماسه‌سنگ، کنگلومرا، مادستون و مارن می‌باشد که نفوذپذیری متفاوتی دارند. همچنین وجود چشمه در این لایه‌ها، این محدوده را برای دفن نخاله‌های ساختمانی نامناسب نشان می‌دهد.

۳-۲-۶- فاصله از گسل

شهر تبریز از جمله شهرهایی است که دارای گسل‌های متعددی می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه علاوه بر گسل فعال شمال تبریز، گسل‌های تسوج، گسل‌های شمال و جنوب میشو وجود دارند که حریم‌هایی برای این گسل‌ها اعمال شده است. برای نخاله‌های ناسالم بدلیل وجود شیرابه برای تمامی گسل‌های منطقه حریم منظور شده است. در حالیکه برای نخاله‌های سالم که فاقد شیرابه می‌باشند حریم اعمال شده فقط برای گسل‌های اصلی و فعال می‌باشد.

۳-۲-۷- شیب

از نظر زمین‌شناسی مهندسی از عوامل مهم در پایداری استاتیکی و دینامیکی زمین، شیب اراضی می‌باشد. اراضی با شیب‌های تند در صورت بارندگی و لرزش‌های ناشی از زمین‌لرزه مستعد لغزش می‌باشند. در این فرآیند مکان‌یابی، به محدوده‌هایی که شیب بیشتری دارند، به‌دلیل نیاز این مناطق به خاک‌برداری و خاکریزی بیشتر و مقرون به صرفه نبودن از جنبه اقتصادی، امتیاز کمتری تعلق گرفته است.

۳-۲-۸- ریخت‌شناسی

ریخت‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل کوه و تپه، فلات و پادگانه، دشت سیلابی و دشت دامنه‌ای می‌باشد. چون رسوبات منطقه همه از رسوبات نرم و ناپایدار در برابر عوامل فرساینده و

تخریب می‌شود. با توجه به اینکه همچنان در این کشورها روش دفن و دفع رایج می‌باشد، مکان‌یابی مناسب و اصولی محل دفن نخاله‌های ساختمانی با توجه به قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌های اقتصادی، استفاده از داده‌های مکانی، تحلیل درست این داده‌ها برای بهره‌گیری در مکان‌یابی و استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از الزامات مدیریت نخاله‌ها می‌باشد که هدف اصلی این پژوهش را تشکیل می‌دهد.

۳-۲-۹- معیارهای مکان‌یابی نخاله‌های ساخت و تخریب

۳-۲-۱- فاصله از آب‌های سطحی

از رودخانه‌های مهم در این منطقه می‌توان به رودخانه آجی‌چای اشاره کرد که از شمال غرب تبریز عبور کرده و به دریاچه ارومیه می‌ریزد. نهند و گمناج چای از رودخانه‌های مهم دیگری هستند که به آجی‌چای می‌پیوندند. مهران رود نیز از منطقه شرق و جنوب شرق تبریز سرچشمه می‌گیرد و پس از گذشتن از میان شهر در غرب تبریز به آجی‌چای می‌پیوندد.

۳-۲-۲- فاصله از منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه، قنات)

به‌دلیل وجود آبخوان گسترده در قسمت غرب شهر، منابع آب-های زیرزمینی در این مناطق بیشتر است. با توجه به احتمال آلودگی چاه‌ها و چشمه‌های منطقه، در این تحقیق، حریم ۱۵۰ متری برای نخاله‌های سالم و ۵۰۰ متری برای نخاله‌های ناسالم منظور شده است.

۳-۲-۳- عمق آب زیرزمینی

عمق آب زیرزمینی نیز یکی از پارامترهای مهم در مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی می‌باشد. هرچه عمق آب-زیرزمینی زیاد باشد، احتمال اینکه در اثر نشت شیرابه‌های حاصل از پسماندهای ساختمانی آلوده شود کمتر خواهد بود. در غرب منطقه مورد مطالعه تراز آب‌های زیرزمینی بالا بوده و حتی باعث بالازدگی آب و پر شدن زیرزمین ساختمان‌ها در منطقه می‌شود به همین دلیل در این مناطق هرگونه گودبرداری نیاز به پمپاژ و خشک‌اندازی دارند. از طرفی در قسمت‌های جنوب‌شرقی، شرقی و جنوب، تراز آب‌های زیرزمینی به‌دلیل وجود اراضی باغی و افزایش بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بسیار پایین است و از نظر سطح آب زیرزمینی نسبتاً

۳-۲-۱۴- کاربری اراضی

با توجه به اینکه انتخاب مکان دفن نخاله‌های ساخت و تخریب، برای برخی از کاربری‌های دیگر محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند، کاربری‌های موجود در منطقه بر اساس میزان و شدت این محدودیت‌ها اولویت بندی شده‌اند. هرچه محل دفن از ارزش اقتصادی پایین‌تری برخوردار باشد و کاربرد خاصی نداشته باشد (زمین بایر و شور منطقه)، برای احداث محل دفن مناسب‌تر است.

۳-۲-۱۵- فاصله از خطوط انتقال نیرو

بر اساس ضوابط زیست‌محیطی سازمان محیط‌زیست، محل‌های منتخب برای دفع نخاله‌های ناسالم باید حداقل ۵۰۰ متر و برای نخاله‌های سالم ۱۰۰ متر از خطوط انتقال نیرو فاصله داشته باشند (East Azarbaijan Province Environmental Guidelines., 2019).

با توجه به معیارهای شرح داده شده مناطق ممنوعه جهت دفن نخاله‌های ساختمانی در منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

۳-۲-۱۶- روش تحقیق

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک مسئله، ساختن نمودار سلسله مراتبی است که شامل: هدف، معیارها و زیرمعیارها می‌باشد، که در شکل ۱۲ نمایش داده شده است.

پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی در هر مساله تصمیم‌گیری، به منظور تعیین اهمیت نسبی معیارها در هر مرحله، سلسله مراتب ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد. روش انتخاب شده برای تصمیم‌گیری چندمعیاره روش تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی می‌باشد. پس از ایجاد ماتریس مقایسات زوجی، پرسشنامه ایجاد شده، توسط تیم خبرگان با استفاده از طیف-های فازی AHP تکمیل گردید. از مراحل مهم در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه نرخ ناسازگاری می‌باشد. این نرخ همواره باید از ۰/۱ کوچکتر باشد تا مقایسه زوجی معیارها دارای سازگاری مناسب باشند و چنانچه این نرخ از ۰/۱ بزرگتر باشد باید در وزن‌دهی تجدیدنظر شود. پس از این مرحله، مقایسات به‌وسیله روش میانگین هندسی ادغام و تبدیل به یک ماتریس مقایسه زوجی شدند. وزن معیارها که با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی بدست آمده است در جدول ۱ آورده شده است.

هم رسوبات سخت پایدار تشکیل شده است بدین جهت از نظر ریخت‌شناسی دارای مورفولوژی ناهمگن می‌باشد.

۳-۲-۹- فاصله از مناطق مسکونی

محل دفن پسماندهای ساختمانی به دلیل ایجاد شرایط نامساعد زیست‌محیطی و اجتماعی از یک سو باید در فاصله دورتر از مناطق مسکونی قرار گیرد و از سوی دیگر، از نظر اقتصادی دور بودن بیش از حد محل دفن پسماندها، باعث افزایش هزینه حمل و نقل می‌گردد.

۳-۲-۱۰- فاصله از فرودگاه

هر چه فاصله نخالگاه از فرودگاه کمتر باشد امکان ایجاد گرد و خاک و ریزگرد بیشتر و در نتیجه بر دید هواپیما تاثیر منفی می‌گذارد. لذا در این مطالعه برای فرودگاه بین‌المللی شهید مدنی تبریز حداقل فاصله ۳ کیلومتر در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۱۱- فاصله از راه‌های ارتباطی (جاده و راه آهن)

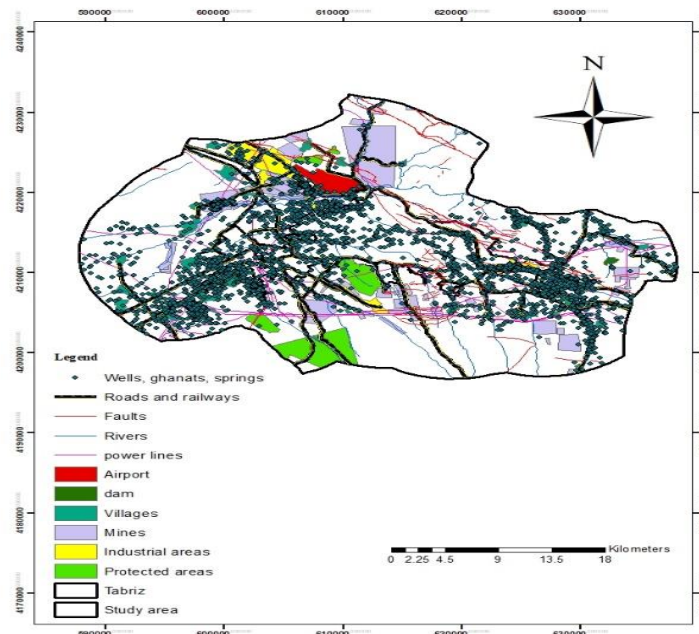
به طور کلی برای سهولت و کاهش زمان حمل و نقل، مکان دفن باید تا حد امکان دارای راه اصلی و جاده بوده و دسترسی به محل آن‌ها آسان باشد. همچنین باید دقت کرد که جاده‌ها از نظر عرض و پهنا برای عبور ماشین‌های سنگین مناسب باشد (Boromandi et al., 2015). نزدیکی بیش از حد محل دفن پسماند به جاده اصلی، از نظر چشم انداز و آلودگی‌های بصری نیز مطرح است.

۳-۲-۱۲- فاصله از مناطق صنعتی

برای مناطق صنعتی به دلیل نزدیکی به شهر، روستا و محل اشتغال مردم، حریم یک کیلومتری برای نخاله‌های سالم و ۴۰۰ متری برای نخاله‌های ناسالم با توجه به محدودیت‌ها برگرفته از حداقل فواصل مجاز برای استقرار واحدهای گروه خدماتی سازمان حفاظت از محیط‌زیست تبریز، در نظر گرفته شده است (East Azarbaijan Province Environmental Guidelines., 2019).

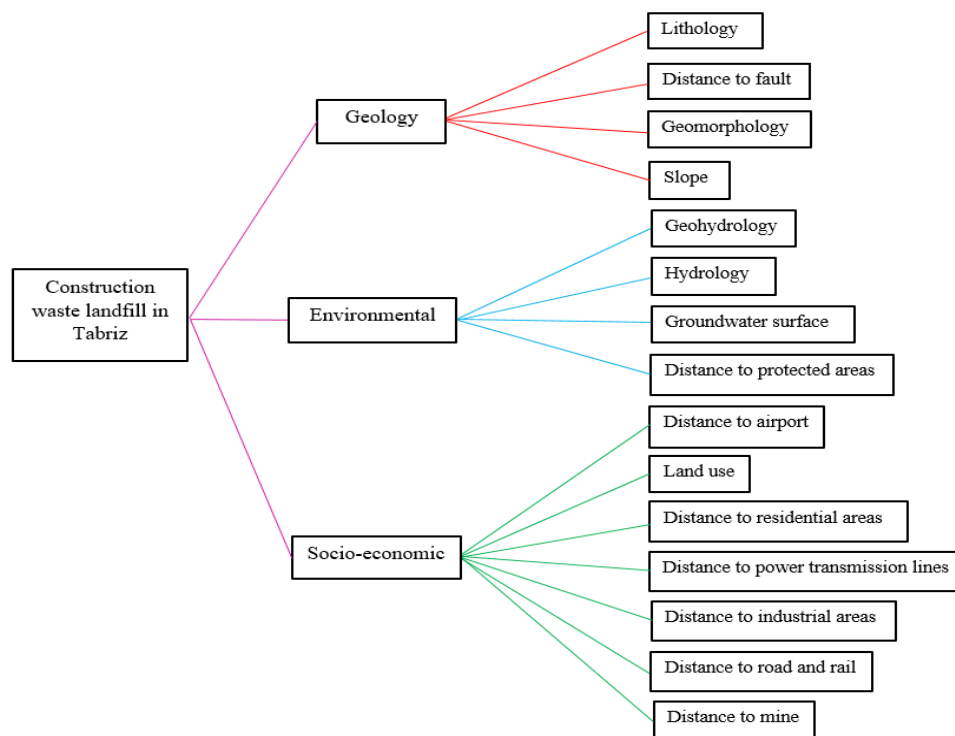
۳-۲-۱۳- فاصله از معادن

با استفاده از نقشه کاداستر معادن، برای معادنی که مجوز برداشت، بهره برداری و اکتشاف داشته‌اند حریم ۳۰۰ متری برای نخاله‌های ناسالم و ۱۰۰ متری برای نخاله‌های سالم در نظر گرفته شده است (East Azarbaijan Province Environmental Guidelines., 2019).



شکل ۱۱- مناطق ممنوعه دفن نخاله‌های ساختمانی منطقه مورد مطالعه.

Fig. 11. Prohibited areas for landfills of construction waste in the study area.



شکل ۱۲- معیارهای مهم برای مکان‌یابی نخاله‌های ساختمانی تبریز.

Fig. 12. Main criteria for site selection of Tabriz construction waste.

پس از انجام فرآیند وزن دهی توسط روش تصمیم گیری چند معیاره، اطلاعات اولیه جمع آوری شده را جهت تجزیه و تحلیل در نرم افزار GIS وارد کرده و پس از تعیین معیارهای حذفی، حریم-هایی برای آنها منظور گردید (جدول ۲).

پس از آماده سازی لایه اطلاعاتی مربوط به این معیارها در محیط GIS، هر کدام از لایه های اطلاعاتی با توجه به میزان اثرگذاری در مکان یابی به ۵ کلاس نامناسب، نسبتا نامناسب، متوسط، نسبتا مناسب و مناسب کلاس بندی شدند (شکل های ۱۳ و ۱۴).

جدول ۱- وزن معیارها در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی.
Table 1. Weights of criteria in FAHP Buckley method.

Criteria	The fuzzy weight of non- healthy construction waste	The final weight of non- healthy construction waste	The fuzzy weight of healthy construction waste	The final weight of healthy construction waste
Hydrology	(1.1,1.54,1.96,2.33)	0.110382526	(2.3, 2.4, 2.5, 2.7)	0.116903552
Geohydrology	(0.62,0.79,0.93,1.1)	0.054938755	(0.33, 0.36, 0.45, 0.51)	0.019533207
Groundwater depth	(0.79,1.03,1.2,1.37)	0.069933602	(0.34, 0.37, 0.43, 0.52)	0.019649371
Distance to protected areas	(0.79,0.95,1.06,1.16)	0.063207995	(1.51, 1.65, 2.01, 2.08)	0.085733965
Land use	(1.05,1.23,1.33,1.36)	0.079076297	(2.78, 2.88, 3.01, 3.05)	0.138314162
Distance to fault	(0.75,0.86,0.93,1.05)	0.057335199	(0.36, 0.38, 0.39, 0.44)	0.018545224
Lithology	(0.92,1.1,1.21,1.27)	0.071550288	(0.5, 0.49, 0.5, 0.51)	0.023590745
Geomorphology	(0.71,0.72,0.714,0.71)	0.045227519	(0.64, 0.63, 0.63, 0.64)	0.029953968
Slope	(0.95,0.94,0.93,0.91)	0.059336206	(1.16, 1.15, 1.13, 1.05)	0.052902876
Distance to residential areas	(1.97,1.78,1.74,1.56)	0.107449304	(4.1, 3.57, 3.38, 3.16)	0.167235559
Distance to airport	(0.99,0.98,0.91,0.82)	0.057941853	(2.96,2.95, 2.94, 2.8)	0.137316792
Distance to road and rail	(1.68,1.66,1.5,1.26)	0.097182233	(2.87, 2.64, 2.07, 1.4)	0.105285946
Distance to mine	(0.67,0.6,0.53,0.46)	0.036134055	(0.28, 0.26, 0.23, 0.21)	0.011528429
Distance to industrial areas	(1.08,0.97,0.83,0.69)	0.057079515	(1.23, 1.07, 0.88, 0.74)	0.046032754
Distance to power transmission lines	(0.69,0.56,0.45,0.37)	0.033224654	(0.74, 0.65, 0.51, 0.44)	0.027473449

پس از محاسبه وزن نهایی، ۱۵ لایه اطلاعاتی مورد نظر، امتیاز نهایی هر طبقه در امتیاز نهایی هر لایه اطلاعاتی ضرب شده و سپس مجموع آن برای تمام لایه های اطلاعاتی اعمال گردید. به این ترتیب نقشه ها با هم تلفیق و به یک نقشه واحد تبدیل شدند. سپس مناطقی که در پهنه مناسب قرار داشتند با توجه به معیارهای موجود دوباره ارزیابی شدند. برای نخاله های ناسالم از بین پهنه های مناسب، پهنه های مناطق غربی شهر به دلیل وجود زمین های کشاورزی، تجمع فعالیت های صنعتی در امتداد جاده صوفیان و نیز محور فرودگاه بین المللی، همچنین بدلیل وجود آبخوان و بالا بودن سطح آب زیرزمینی حذف شدند. پهنه های موجود در محدوده شمال شهر نیز به دلیل نبود فاصله

شهر با دامنه های کوه عون ابن علی (عینالی) و جنگل کاری در دامنه های این کوه و اشراف کامل دامنه ها و شبکه های آبراهه ای این کوه بر شهر تبریز نامناسب در نظر گرفته شدند. در محدوده جنوب و شرق شهر نیز مناطق نزدیک به زمین های کشاورزی، باغات، معادن، سد، رودها، مناطق با توپوگرافی خشن یا نامناسب (به دلیل پر شدن آبراهه و ایجاد سیل)، مناطق حفاظت شده و مناطق با فاصله بیش از ۶ کیلومتر حذف شدند. پس از حذف مناطق نامناسب، از بین پهنه های باقی مانده در مناطق جنوب، شمال و شرق شهر در نهایت، ۱۲ منطقه باقی ماند که با استفاده از روش TOPSIS اولویت بندی شدند. نتیجه این وزن دهی در جدول ۳ ارائه شده است.

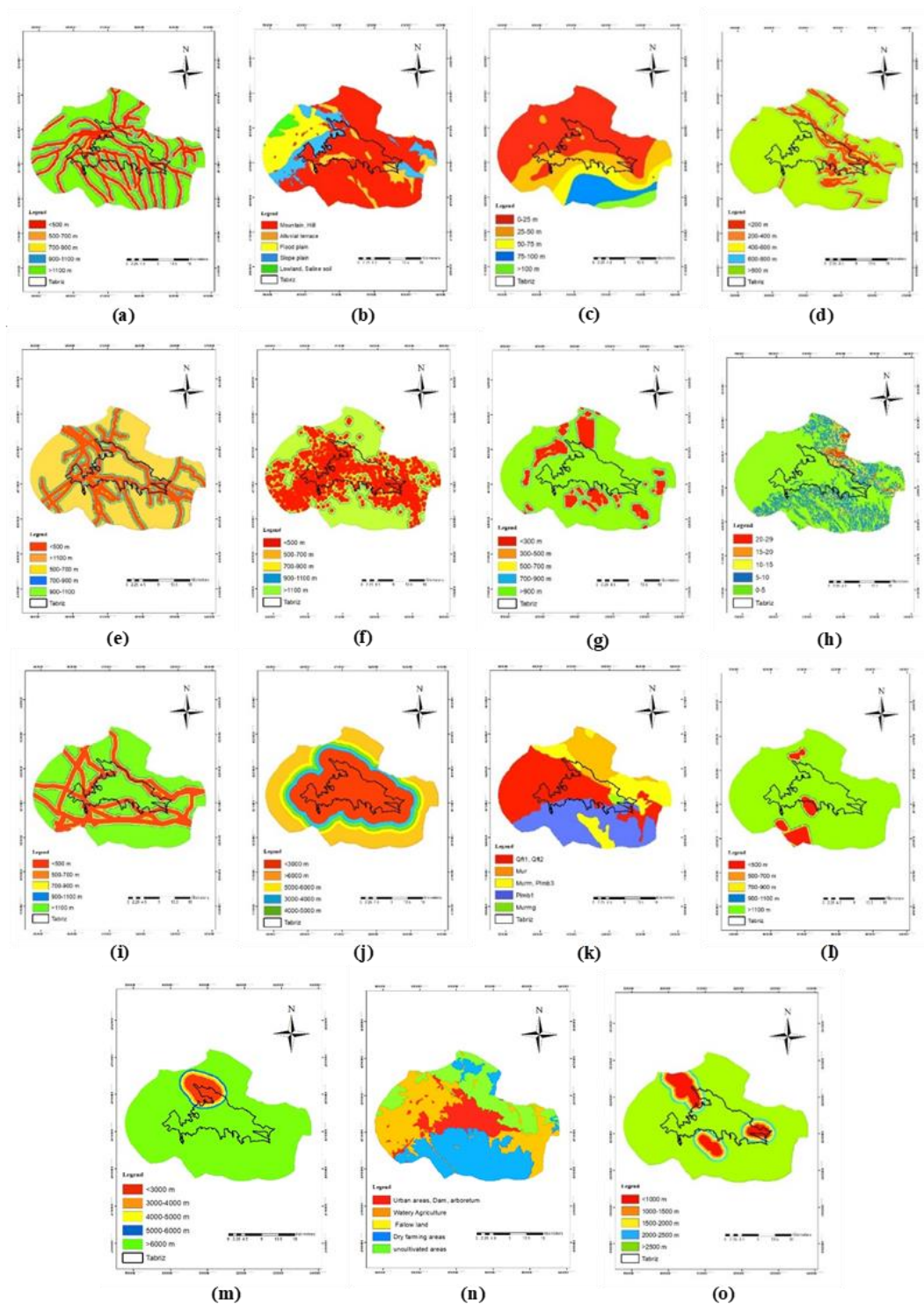
جدول ۲- حریم‌های اعمال شده برای معیارهای مختلف.

Table 2. Buffers applied for different criteria.

Criteria	Buffer applied for healthy construction waste (m)	Buffer applied for non- healthy construction waste (m)
Faults	100	200
Residential areas	500	3000
Airport	3000	3000
Roads and rail	300	500
Geohydrology	150	500
Hydrology	250	300
Groundwater depth	25>	25>
Industrial areas	400	1000
Mines	100	300
Protected areas	100	500
Power transmission lines	100	500
Lithology	Young and old terraces, Sandstone ,Conglomerate, Limestone	Young and old terraces, Sandstone ,Conglomerate, Limestone
Geomorphology	Mountain, Hill, Alluvial terrace	Mountain, Hill, Alluvial terrace
Slope	20°<	20°<
Land use	Urban areas, Dam, Arboretum, Watery agriculture	Urban areas, Dam, Arboretum, Watery agriculture

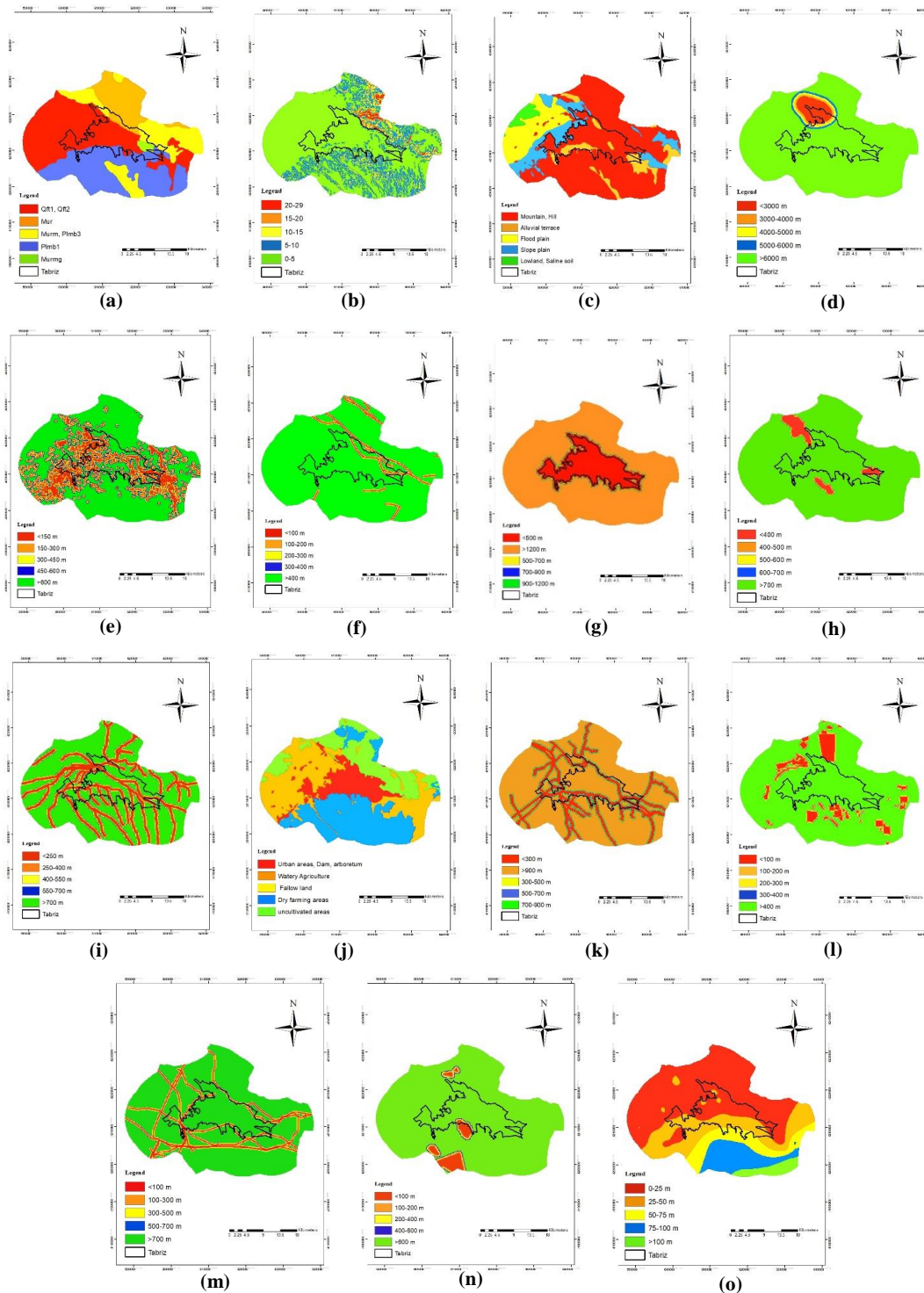
آلودگی هوا می‌شود و همچنین مناطق غربی شهر نیز به دلیل وجود زمین‌های کشاورزی حذف گردیدند. از بین پهنه‌های مناسب و با توجه به عدم آلودگی این نوع نخاله، بهترین مکان برای دفع این نخاله‌ها، زمین‌های گود مربوط به معادن برداشت مصالح شن و ماسه در بخش‌های شمال و جنوب شهر می‌باشند که در پهنه‌های مناسب قرار دارند (شکل ۱۷). با تسطیح زمین‌های گود ناشی از برداشت مصالح هم از آثار زیست‌محیطی نخاله‌های سالم جلوگیری می‌شود و هم از ظاهر نامطلوب طبیعت به دلیل برداشت مصالح و آثار زیست‌محیطی برداشت مصالح جلوگیری می‌شود. نقشه نهایی طبقه‌بندی و عکس‌های هوایی مناطق منتخب برای نخاله‌های سالم در شکل‌های ۱۸ و ۱۹ نشان داده شده است.

در صورت وجود یک نخالگاه در یک قسمت شهر، به دلیل مسافت طولانی برای مناطق دورتر و افزایش هزینه حمل و نقل، اکثر نخاله‌های ساخت و تخریب در حاشیه خیابان و شهر ریخته شده و رها می‌شود. با توجه به این موضوع، در این پژوهش از بین پهنه‌های مناسب، سه پهنه‌ای که بیشترین وزن را در روش TOPSIS بدست آوردند به ترتیب در نقطه شمال، جنوب و شرق شهر قرار داشتند که برای دفن نخاله‌های ناسالم پیشنهاد گردید. نقشه نهایی طبقه‌بندی و عکس‌های هوایی مناطق منتخب به ترتیب در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است. برای نخاله‌های سالم نیز بر اساس ارزیابی صورت گرفته مناطق شرق شهر به دلیل گسترش شهر از این قسمت و جهت وزش باد که از سمت شرق به غرب بوده و باعث ایجاد ریزگرد و



شکل ۱۳- نقشه‌های پهنه‌بندی شده معیارهای مکان‌یابی نخاله‌های ناسالم. (a) فاصله از رودخانه، (b) ریخت‌شناسی، (c) سطح آب‌زیرزمینی، (d) فاصله از گسل، (e) فاصله از معادن، (f) فاصله از منابع آب‌زیرزمینی، (g) فاصله از جاده و راه‌آهن، (h) شیب، (i) فاصله از مناطق حفاظت شده، (j) سنگ‌شناسی، (k) فاصله از مناطق مسکونی، (l) فاصله از خطوط انتقال نیرو، (m) فاصله از مناطق صنعتی، (n) کاربری اراضی، (o) فاصله از فرودگاه.

Fig. 13. Zonation maps of criteria for non-healthy construction waste. (a) distance to river, (b) morphology, (c) Groundwater depth, (d) Distance to fault, (e) Distance to mine, (f) Distance to groundwater, (g) Distance to road and rail, (h) Slope, (i) Distance to protected areas, (j) lithology, (k) Distance to residential areas, (l) Distance to power transmission lines, (m) Distance to industrial areas, (n) land use, (o) Distance to airport.



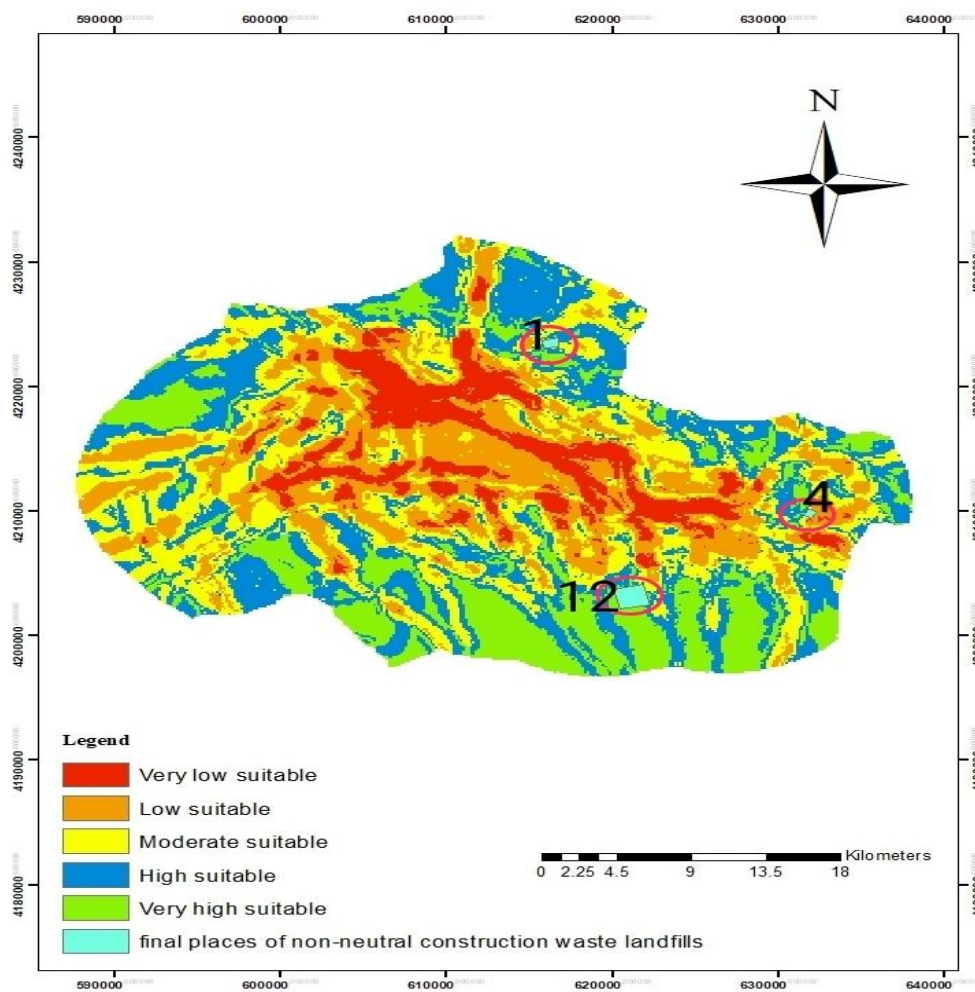
شکل ۱۴- نقشه‌های پهنه بندی شده معیارهای مکان‌یابی نخاله‌های سالم. (a) سنگ‌شناسی، (b) شیب، (c) ریخت‌شناسی، (d) فاصله از فرودگاه، (e) فاصله از منابع آب زیرزمینی، (f) فاصله از گسل، (g) فاصله از مناطق مسکونی، (h) فاصله از مناطق صنعتی، (i) فاصله از رودخانه، (j) کاربری اراضی، (k) فاصله از جاده و راه‌آهن، (l) فاصله از معادن، (m) فاصله از خطوط انتقال نیرو، (n) فاصله از مناطق حفاظت شده، (o) سطح آب زیرزمینی.

Fig. 14. Zonation map of criteria for healthy construction waste: (a) lithology, (b) Slope, (c) morphology, (d) Distance to airport, (e) Distance to groundwater, (f) Distance to fault, (g) Distance to residential areas, (h) Distance to industrial areas, (i) Distance to river, (j) land use, (k) Distance to road and rail, (l) Distance to mine, (m) Distance to power transmission lines, (n) Distance to protected areas, (o) Groundwater depth.

جدول ۳- وزن نهایی معیارها در روش TOPSIS.

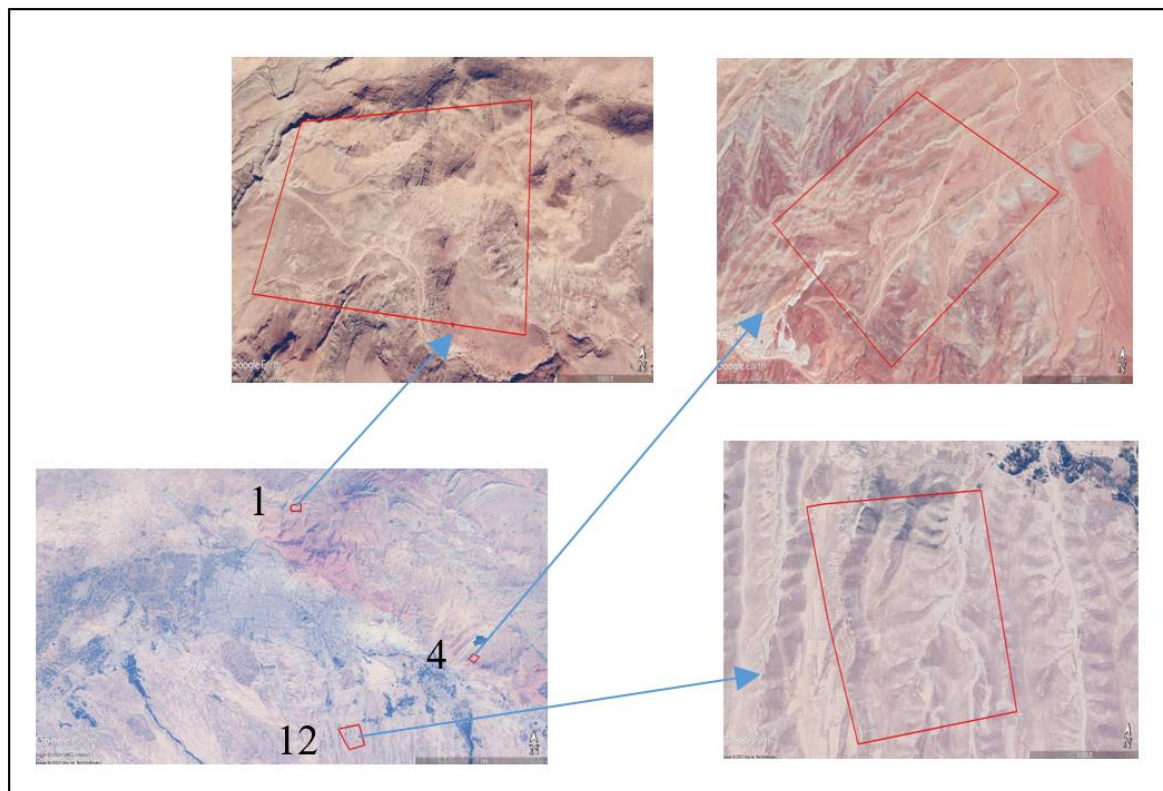
Table 3. Final weights of criteria in TOPSIS method.

Selected areas based on maximum weight	1	12	4	7	8	10
Normalized weights	0.9079	0.7418	0.6761	0.5553	0.5111	0.4487
Selected areas based on maximum weight	3	6	2	11	9	5
Normalized weights	0.3662	0.3062	0.2777	0.2574	0.1936	0.1069



شکل ۱۵- نقشه نهایی طبقه‌بندی محل دفن برای نخاله‌های ساختمانی ناسالم.

Fig. 15. Final map of landfill classification for non-healthy construction waste.



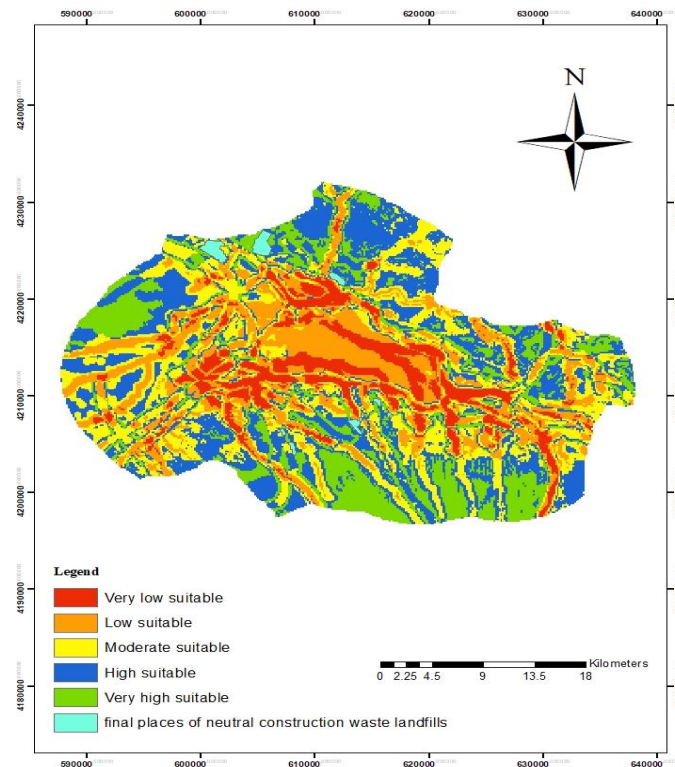
شکل ۱۶- عکس هوایی مکان‌های نهایی برای دفع نخاله‌های ناسالم.

Fig. 16. Aerial image of selected landfill sites for non-healthy construction waste.

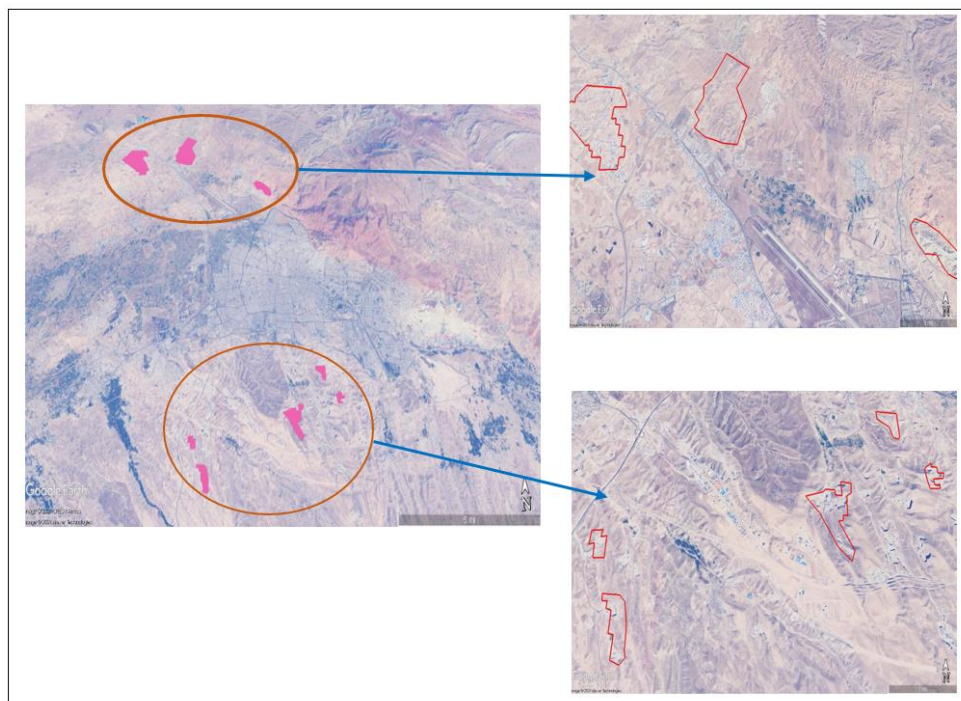


شکل ۱۷- زمین‌های گود ناشی از برداشت مصالح در حومه شهر تبریز.

Fig. 17. Material borrowed areas in outskirts of the Tabriz.



شکل ۱۸- نقشه نهایی طبقه‌بندی محل دفن برای نخاله‌های ساختمانی سالم.
Fig. 18. Final map of landfill classification for neutral construction waste.



شکل ۱۹- عکس هوایی مناطق منتخب دفع برای نخاله‌های ساختمانی سالم.
Fig. 19. Aerial image of selected landfill site for healthy construction waste.

۴- نتیجه گیری

در کشورهای در حال توسعه‌ای همچون ایران به دلیل مدیریت ضعیف، ناآگاهی مردم و وفور منابع شن و ماسه بازیافت نخاله‌ها از اهمیت کمی برخوردار است و نخاله‌ها در هر قسمت از شهر اعم از حاشیه اتوبان‌ها، معابر، داخل شهرک‌ها، حاشیه رودخانه‌ها، مسیر مسیل‌ها و... بدون توجه به آثار زیست‌محیطی آن‌ها انباشت می‌شوند. مکان‌یابی مناسب و اصولی برای دفع و دفن این نخاله‌ها از برنامه‌های ضروری مدیریت هر شهر می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از GIS و دو روش تصمیم‌گیری چند معیاره تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی و گزینه ایده‌آل TOPSIS، مکان‌یابی برای نخاله‌های ساخت و تخریب سالم و ناسالم شهر تبریز با استفاده از چهار معیار زیست محیطی، چهار

معیار زمین‌شناسی، و هفت معیار اقتصادی-اجتماعی صورت گرفت. منطقه غرب محدوده مورد مطالعه، به دلیل وجود زمین‌های کشاورزی و باغات، بالا بودن تراز سطح آب زیرزمینی، وجود پادگانه‌های آبرفتی با درصد رس کم حذف گردید. برای دفع نخاله‌های ناسالم با در نظر گرفتن مناطق ممنوعه و پهنه‌بندی حاصل از فواصل مختلف با معیارهای مؤثر، با استفاده از روش TOPSIS سه پهنه در سه منطقه شمال، جنوب و شرق شهر انتخاب گردید. برای نخاله‌های سالم نیز با توجه به حریم‌های متفاوت و عدم آلودگی آن‌ها، مکان‌یابی مجزا صورت گرفت و در نهایت پهنه‌هایی در شمال و جنوب شهر که شامل زمین‌های گود نشای از معادن برداشت مصالح بودند برای دفن این نخاله‌ها پیشنهاد گردید.

مراجع:

- Asghari, A., Harati, H., Rahimi, A., 2015. Site selection of construction waste landfill using GIS (Geographic Information System) in Tabriz. First national conference on science and environmental management in Ardabil, 1-23. <https://civilica.com/doc/432298>
- Boral, S., Howard, I., Chaturvedi, S.K., McKee, K., Naikan, V.N.A., 2020. An integrated approach for fuzzy failure modes and effects analysis using fuzzy AHP and fuzzy MAIRCA. *Engineering Failure Analysis* 108, 104195. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104195>
- Boromandi, M., Khamechyian, M., Nikoudel, M.R., 2015. Hazardous wastes landfill site selection using Analytical hierarchy process (AHP) in Zanjan province. *Journal of Environmental Science and Technology* 97-109. https://jest.srbiau.ac.ir/article_6096_eb9fe1f54ce7df075ae8c28120cfa39d.pdf
- Chamchali, M.M., Tafreshi, A.M., Tafreshi, G.M., 2019. Utilizing GIS linked to AHP for landfill site selection in Rudbar County of Iran. *GeoJournal*, 1-21. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4266-7>
- Chen, P., 2021. Effects of the entropy weight on TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 168, 114186. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114186>
- Ding, Z., Zhu, M., Wu, Z., Fu, Y., Liu, X., 2018. Combining AHP-entropy approach with GIS for construction waste landfill selection a case study of Shenzhen. *International journal of environmental research and public health* 15(10), 2254. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102254>
- Duan, H., Miller, T.R., Liu, G., Tam, V.W., 2019. Construction debris becomes growing concern of growing cities. *Waste Management* 83, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.044>
- Entezarion, F., Ahari Salmasi, R., 2018. Recycling of concrete and construction waste and with the approach of reducing the destructive effect on the environment. Fourth International Conference on New Findings in Agricultural Sciences, Natural resources and the environment, Tehran. <https://civilica.com/doc/780226>
- East Azarbaija Department of Environment., 2019. Guidelines for technical assessment and environmental criteria for normal and special waste landfills. A published report.
- Feili, H., Qomi, M., Tarhsaz, M., Koliayi, H., Hashemi, K., 2017. Locating athletic spaces using fuzzy AHP for the sustainable development goals. In 2nd International Conference on Innovation in Engineering, Sciences and Technology Development. https://www.researchgate.net/publication/322071739_Locating_Athletic_Spaces_using_Fuzzy_AHP_for_the_Sustainable_Development_Goals
- Hafezi Moghadas, N., Mazlomi Bajestani, A., Porbanaei, F., Shirmohammadi, A., 2013. Assessment of construction waste management in Mashhad. The first national conference on urban services and the environment. <https://civilica.com/doc/238215>

- Jafari Mansorian, H., Rajabizadeh, A., Dolatshahi, SH., 2013. Assessment of construction waste management status- a Case study of Kerman in 2008. *Journal of Environmental Science and Technology* 16(1), 133-142. https://jest.srbiau.ac.ir/article_2869.html
- Manoharan, E., Norazli Othman, R.M., Chelliapan, S., Tobi, S.U.M., 2020. Integrated Approach as Sustainable Environmental Technique for Managing Construction Waste: A Review. *Journal of Environmental Treatment Techniques* 8(2), 560-566. <https://core.ac.uk/download/pdf/338813413.pdf>
- Mathew, M., Chakraborty, R.K., Ryan, M.J., 2020. A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 96, 103988. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103988>
- Nagapan, S., Rahman, I.A., Asmi, A., Adnan, N.F., 2013. Study of site's construction waste in Batu Pahat, Johor. *Procedia Engineering* 53, 99-103. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.015>
- Nasri, K., Ranjbar, A.A. 2018. Construction waste management and its role in the destruction of natural landscapes around cities in Iran. *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran*. <https://civilica.com/doc/846466>
- Paz, D.H.F., Lafayette, K.P.V., Sobral, M.C.M., 2020. Management of construction and demolition waste using GIS tools. In *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*, Woodhead Publishing, 121-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819055-5.00008-5>
- Porkhabaz, H.R., Kmani, S., Javanmardi, S., Yosefi Khangah, SH., 2018. Ecological modeling of urban development using AHP and Fuzzy AHP Buckley interactive decision models- a case study of Arak. *Journal of Planning and Space logistics* 21(1), 133-165. <http://hmsmp.modares.ac.ir/article-21-1073-fa.html>
- Rahimi, S., Hafezalkotob, A., Monavari, S.M., Hafezalkotob, A., Rahimi, R., 2020. Sustainable landfill site selection for municipal solid waste based on a hybrid decision-making approach: Fuzzy group BWM-MULTIMOORA-GIS. *Journal of Cleaner Production* 248, 119-186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119186>
- Soltani Largani, H., Nabizadeh, S.F., 2017. Management and recycling of construction waste. *The Second National Conference on Urban Planning, Architecture, Civil Engineering, Environment, Lorestan, Payashahr Engineers Group*. <https://civilica.com/doc/733102>
- Taghizadeh, R., 2018. Survey on construction and demolition waste management in Tabriz city and presenting environmental and healthy methods for disposal of them. M.Sc thesis. Tabriz University, department of Environmental Health Engineering
- Yildiz, N., Kahraman, C., 2019. Evaluation of social sustainable development factors using Buckley's fuzzy AHP based on Z-numbers. In *International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems*. Springer, Cham, 770-778. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23756-1_92
- Yu, D., Duan, H., Song, Q., Li, X., Zhang, H., Zhang, H., Zhang, H., Liu, Y., Shen, W., Wang, J., 2018. Characterizing the environmental impact of metals in construction and demolition waste. *Environmental Science and Pollution Research* 25(14), 13823-13832. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.080>