Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 53(7) (2021) 637-640
DOI: 10.22060/ceej.2020.17555.6599

Site Selection of Construction Waste Landfill Based on Combination of Fuzzy AHP and Geospatial Information System (GIS) (Case Study: Qazvin, Iran)

M. Khademi Shiraz[1*] , M. Ravanshadnia[1], A. Khashand[2], H. R. Abbasian[2]

[1] Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[2] 2Faculty of Civil Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran

ABSTRACT: Today, with the increasing urban development, construction waste is a major problem for urban life. The city of Qazvin is no exception to this, and researching an optimum landfill site is an important necessity. The purpose of this research is to optimum site selection areas for landfill Construction wastes using the geospatial information system (GIS) in a boundary area of Qazvin County which taking into account the terms and conditions of organizations such as the Municipality, Waste Management, and Environmental Protection Organization. In this study, 16 layers of information including geology, soil type, and permeability, landuse, climate, river distance, distance from protected areas, aspect, etc. in the boundary of Qazvin County were used. After producing the preliminary maps, the sub-criteria of each information layer are classified and evaluated and the values are converted to fuzzy values between zero and one. Then, the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) method has been used to determine the absolute weight of each information layer and by integrating and overlapping weighted layers, a suitability map of the construction landfill site for Qazvin city is produced. According to the suitability map, sites for landfill were identified in five distinct zones, and fields with high area among fields of the fifth zone (with value 9) were suggested as the best landfill site for 40 years. The results showed that northwest of Qazvin due to good soil type, suitable landuse, distance from rivers, faults, and access to communication road and dry climate could be the most suitable site for landfill.

Review History:
Received: Dec. 17, 2019
Revised: Mar. 01, 2020
Accepted: May. 09, 2020
Available Online: May. 28, 2020

Keywords:
Geospatial information system (GIS)
Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)
Construction waste landfill
Site selection
Qazvin

1. INTRODUCTION

The uncontrolled growth of the population has led to the increasing development of the construction industry and, as a result, the production of construction landfill. In Iran, according to daily statistics, about 200 to 250 thousand tons that means 70 to 80 million tons of construction landfill are produced annually [1].

In this study, to find a suitable landfill construction site for Qazvin city some criteria such as geological information, soil science, topography, distance from population and industrial centers, distance from road lines, and appropriate landuse have been employed. Due to the involvement of different criteria, in this study, the geospatial information system (GIS) was used, which can combine information and produce results. How to combine data and make decisions in the geospatial information system is so important that using fuzzy logic and analytic hierarchy process (AHP) together, because of its highly efficient nature, can bring many benefits that were used in this article. In 1992, Hendrix and Buckly Evaluated the proper site selection of the landfill in Vermont, USA, in terms of physical and economic characteristics using GIS [2]. In 2002, Shrivastava and Nathawat explored the location of landfills around the city of Ranchi using GIS and RS, taking into account various natural and human criteria [3]. In 2017, Won and Cheng began to model building information to build and manage the discharge of trash and reduce it [4]. In 2017, Ghanei and Kashfi started to locate the landfill of construction waste in Yazd city using the analytic hierarchy process method. In this study, they chose optimal sites for landfill using parameters such as geology, soil science, landuse, and their composition in the GIS [5].

*Corresponding author's email: fkhademishiraz@yahoo.com

2. METHODOLOGY

The AHP method, which is based on the analysis of the human brain for complex problems, was proposed by a researcher named T. L. Saaty in the 1980s [6]. This technique is based on pairwise comparisons and allows researchers to study different scenarios.

The analytic hierarchy process involves 5 key steps:

1. Establishing hierarchical structure.
2. Establishing a pairwise comparison matrix.
3. Calculation of eigenvalue and eigenvector.
4. Perform compatibility tests and weight calculations.
5. The compatibility test examined whether the answers to the questionnaires are consistent or not.

However, the analytic hierarchy process method does not reflect accurately human reasoning and perception, because this method uses determined numbers in pairwise comparisons. Fuzzy logic can provide a mathematical

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

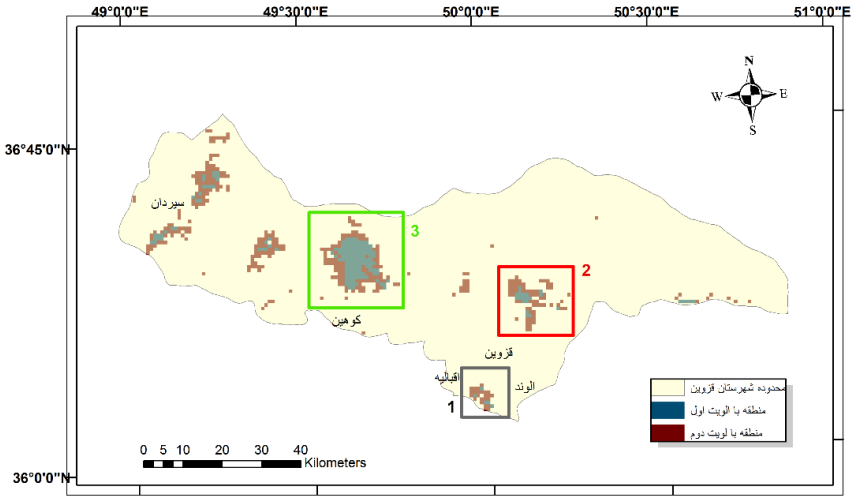


Fig. 1. Three suggested sites for burying construction landfill in Qazvin city

formulation of many concepts and systems that are inaccurate and ambiguous, and allow for reasoning and decision-making in conditions of uncertainty [7]. The model of membership function of fuzzy logic helps to scrutinize uncertainty and fuzziness in a way comparable to the human language. The phases of the fuzzy analytic hierarchy process method as "Chang's method" are illustrated below [8]:

Phase 1. Establish a hierarchical structure;

Phase 2. Define fuzzy numbers to pairwise comparisons;

Phase 3. Establish a pairwise comparison matrix ($\tilde{A}$) using fuzzy numbers;

$$\tilde{A} = \left[\tilde{a}_{ij}\right] \tag{1}$$

Where $a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}), l_{ij}$, m_{ij} and u_{ij} represent lower limit, peak, and upper limit of triangular fuzzy numbers.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The general process of locating can be described in three main steps. The first step is to process and extract the effective parameters and factors in site selecting construction landfills. In the second step, the generated layers or maps are classified using the GIS tool and assign Saaty scale 1, 3, 5, 7, and 9 (from low level to high level) to classes according to the rules and conditions, and then the evaluated values are fuzzified. In the third step, the weights of layers or factors that are effective in site selection are determined by the fuzzy analytic hierarchy process. By applying weights to the fuzzified layers and overlapping weighted layers, a suitability map of the construction landfill is produced. In this study, after preparing the suitability map, it is classified into 10 classes, that every two classes represent a single zone. Zone 5 is perfect (by the value of 9) to bury the construction landfill. The main reason for being a completely suitable zone (by the value of 9) can be listed as follow: 1) reasonable distance from fault points 2) reasonable distance from rivers and protected areas 3) landuse type of poor and relatively poor rangeland lands 4) and dry climate. Also, the main reason for the inadequacy of completely

The main reason for being a completely unsuitable zone (by the value of 1) can be listed as follow: 1) short or so long-distance from city area 2) a short distance from fault points 3) agricultural and forestry landuse 4) less distance from rivers and having humid climate. As can be seen in Fig. 1, zone 5 with a value of 9 is masked from the other areas and zone 5 itself is divided into two regions with the first and second priority that has 140 and 303 square kilometers, respectively. Due to the dispersion proper area, three sites are proposed to bury construction landfill. In selecting the proposed sites, parts of zone 5 were selected that were close to Qazvin city.

4. CONCLUSION

A series of layers were processed using ArcGIS software for site selecting of construction landfill. Shapefile layers (point, linear, and polygon layers) and digital elevation model (DEM) as raster layers were called to the software to extract height, slope, and aspect. Then, after applying the Saaty scale to layers, they were fuzzified. To calculate the weight of the layers using the FAHP method, Excel software was used and the calculated weights have made an effect on the final overlapped layer. Determining the prioritization of layers relative to each other is very important in the FAHP method. Based on the results of the present study, it was found that 29% of the city of Qazvin has a suitable or ideal condition for burying landfill. After the production of a suitability map for site selecting and Qazvin city is divided into 5 zone areas then, zone 5 (class 9th and 10th, which have a high level in Saaty scaling), which is completely suitable, was selected for the burial place of construction landfill. The three proposed sites from zone 5, which were located near Qazvin city, were selected to have a value of 9 and a suitable distance from the cities (Alvand, Eghbaliyeh, and Qazvin) and the villages. The third proposed site with the relative average of higher values rather than the other two sites is the priority.

REFERENCES

[1] K. Khodaverdi, A. Faghih, E. Eslami, A fuzzy analytic network process approach to evaluate concrete waste management options, Tehran: Sharif University of Technology, (2008).

[2] W.G. Hendrix, D.J. Buckley, Use of a geographic information system for selection of sites for land application of sewage waste, Journal of Soil and Water Conservation, 47(3) (1992) 271-275.

[3] U. Shrivastava, M. Nathawat, Selection of potential waste disposal sites around Ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques, urban planning, in: Map Asia Conference, 2003, pp. 13.

[4] J. Won, J.C. Cheng, Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization, Automation in Construction, 79 (2017) 3-18.

[5] J. Ghanei Ardakani, S.A. Kashfi, Landfill Location construction waste Yazd using Analytical Hierarchy Methods, Scientific Journal Management System, 11(39) (2017) 54-70. (In Persian).

[6] T.L. Saaty, What Is The Analytic Hierarchy Process? In: Mathematical Models for Decision Support, Springer, 1988, Pp. 109-121.

[7] A. Pourahmad, M. Sajad Zahrai, S. Nazari Alavi, K. Habibi, The Use Of Fuzzy Algorithms And GIS Equipment To Locate In Urban Areas (Case Study: City Landfill Babolsar), J Environ Stud, 33(42) (2007) 31-42.

[8] D.-Y. Chang, Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95(3) (1996) 649-655.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

M. Khademi Shiraz, M. Ravanshadnia, A. Khashand, H.R. Abbasian, Site Selection of Construction Waste Landfill Based on Combination of Fuzzy AHP and Geospatial Information System (GIS) , Amirkabir J. Civil Eng., 53(7) (2021) 637-640.

DOI: 10.22060/ceej.2020.17555.6599

This page intentionally left blank

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳ شماره ۷، سال ۱۴۰۰، صفحات ۲۹۰۹ تا ۲۹۲۰
DOI: 10.22060/ceej.2020.17555.6599

مکان‌یابی محل دفن پسماند ساختمانی با استفاده از ترکیب فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FUZZY AHP) و سیستم اطلاعات مکانی (GIS) (مطالعه موردی: شهر قزوین)

مظفر خادمی شیراز[1*]، مهدی روانشادنیا[1]، افشین خشند[2]، حمیدرضا عباسیان جهرمی[2]

[1] دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
[2] دانشکده عمران، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

خلاصه: امروزه با توسعه روزافزون شهری، پسماند ساختمانی یک معضل بزرگ برای زندگی شهری است. شهر قزوین نیز از این قائده مستثنی نبوده و یافتن مکان دفن مناسب یک ضرورت مهم است. هدف از این پژوهش شناسایی مناطق مستعد دفع پسماندهای ساختمانی در محدوده شهرستان قزوین با در نظرگرفتن شرایط و ضوابط سازمان‌هایی همچون شهرداری، مدیریت پسماند و سازمان حفاظت محیط زیست و با استفاده از سامانه‌ی اطلاعاتی جغرافیایی GIS می‌باشد. بدین منظور در این پژوهش از ۱۶ لایه‌ی اطلاعاتی شامل لایه‌هایی مانند زمین‌شناسی، نوع خاک و نفوذپذیری، کاربری اراضی، اقلیم، فاصله از رودخانه، فاصله از مناطق حفاظت شده، جهت شیب و غیره در محدوده شهرستان قزوین بکار گرفته شدند و بعد از تولید نقشه‌های اولیه، طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری زیرمعیارهای هر لایه اطلاعاتی انجام گرفته است و مقادیر ارزش‌گذاری به مقادیر فازی بین صفر و یک تبدیل گردیدند. سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن مطلق هر لایه اطلاعاتی محاسبه شد و با تلفیق و هم‌پوشانی وزن‌دار لایه‌ها، نقشه شایستگی مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی برای شهرستان قزوین تولید گردید. طبق نقشه شایستگی، مکان‌های موجود برای دفن پسماند در پنج پهنه مشخص و زمین‌هایی با مساحت بالا از میان زمین‌های پهنه پنجم (با ارزش ۹) جهت بهترین مکان برای دفن پسماند ساختمانی در بازه ۴۰ ساله پیشنهاد شدند. طبق نتایج تحقیق مشخص شد محدوده شمال غربی قزوین به دلیل جنس خوب خاک، کاربری اراضی مناسب، فاصله از رودخانه‌ها، گسل‌ها و دسترسی به جاده ارتباطی و اقلیم خشک می‌تواند مناسب‌ترین مکان برای دفن پسماند ساختمانی باشد.

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۶
بازنگری: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰
ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۰۳/۰۸

کلمات کلیدی:
سیستم اطلاعات مکانی (GIS)
تحلیل فرآیند سلسله مراتبی فازی (FAHP)
دفن پسماند
مکان‌یابی
قزوین

۱- مقدمه

رشد بی رویه جمعیت منجر به توسعه روزافزون صنعت ساختمان‌سازی و متناسب با آن تولید پسماندهای ساختمانی گشته است. امروزه یافتن یک مکان دفن ایده‌آل که تمامی شرایط محیط زیستی و اقتصادی لازم را داشته باشد یک هدف عمده در بحث پسماندها می‌باشد. عدم مدیریت و دفن هدفمند آن‌ها می‌تواند اثرات مخرب زیست محیطی و انسانی به همراه داشته باشد. در کشور ایران طبق آمار روزانه حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ هزار تن یعنی سالانه ۷۰ تا ۸۰ میلیون تن پسماندهای ساختمانی تولید می‌گردد [۱]. با توجه به عدد بالای میزان تولید این پسماندها برای شهرها ضرورت ایجاد مکان‌هایی جدید با قابلیت‌هایی از قبیل بازیافت و دفن بهینه حس می‌گردد. در این پژوهش برای مکان‌یابی دفن پسماند ساختمانی در شهر قزوین به کمک معیارهایی از قبیل اطلاعات زمین‌شناسی، خاکشناسی، توپوگرافی، فاصله از مراکز جمعیتی و صنعتی، فاصله از خطوط راهی و کاربری اراضی مکان‌های بهینه جدید تعیین گردید. با توجه به دخیل بودن معیارهای مختلف در این زمینه، اجرای صحیح، دقیق و همه‌جانه مکان‌یابی در پروژه‌ها اهمیت و ضرورت بالایی دارد. در این پژوهش از از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) که قابلیت ترکیب اطلاعات و تولید نتایج را داراست بهره برده شد. نحوه ترکیب و تصمیم‌گیری در سیستم اطلاعات مکانی از اهمیت بالایی برخوردار هست که استفاده

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: fkhademishiraz@yahoo.com

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

توأم از منطق فازی[1] و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP) به دلیل ماهیت بسیار کارآمد آن می‌تواند مزایای بسیاری را به ارمغان بیاورد که در این مقاله از آن استفاده شد.

تاکنون مطالعات زیادی در زمینه مکان‌یابی دفن انواع پسماند شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و سیستم اطلاعات مکانی در داخل و خارج از کشور انجام گرفته است به گونه‌ای که هندریکس و همکاران در سال ۱۹۹۲ مکان‌یابی محل دفن مناسب زباله در ایالت ورمونت آمریکا را به لحاظ شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی با استفاده از GIS مورد ارزیابی قرار داده است [۲]. واستاوا در سال ۲۰۰۲ مکان‌یابی دفن زباله در اطراف شهر رانسی را استفاده از GIS و RS و با در نظر گرفتن معیارهای مختلف طبیعی و انسانی مورد بررسی قرار داده است [۳]. وان و همکاران در سال ۲۰۱۷ به مدل‌سازی اطلاعات ساختمان‌ها برای ساخت و مدیریت تخلیه نخاله‌ها و کاهش آن‌ها پرداخته‌اند. [۴]. قانعی و کشفی در سال ۱۳۹۶ به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی شهر یزد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداخته‌اند. آن‌ها در این پژوهش با بهره‌گیری از پارامترهایی از قبیل زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی و ترکیب آن‌ها در محیط GIS به انتخاب مکان‌های بهینه برای دفن می‌پردازند [۵]. سرور و همکاران در سال ۱۳۹۴ به مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های بهداشتی- بیمارستانی با استفاده از مدل‌های کمی در شهرستان بناب پرداخته‌اند. روشی مورد استفاده، ترکیب GIS و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP بوده است [۷].

۲- مواد و روش‌ها

در این بخش روش‌هایی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است توضیح داده می‌شود.

۲-۱- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش AHP که بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده می باشد توسط محققی بنام «توماس ال ساعتی» در دهه‌ی ۱۹۸۰ پیشنهاد گردیده است [۸]. این تکنیک بر اساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به پژوهشگران می‌دهد. فرآیند سلسله مراتبی (AHP) روشی انعطاف‌پذیر، قوی و ساده است و در شرایطی که معیارهای انتخاب گزینه‌ها متضاد هستند بهترین کارایی را دارد. این فرآیند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. تحلیل فرآیند سلسه مراتبی پنج گام کلیدی دارد:

۱. تشکیل ساختار سلسله مراتبی.
۲. تشکیل ماتریس مقایسه زوجی.
۳. محاسبه بردار ویژه و مقدار ویژه.
۴. انجام تست سازگاری و محاسبه وزن.
۵. تست سازگاری بررسی می‌کند که آیا پاسخ پرسشنامه‌ها سازگار بوده یا نه.

۲-۲- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به درستی نحوه‌ی تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسه‌های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم‌اند صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد [۹]. مدل تابع عضویت[3] فازی کمک می‌کند تا بر عدم اطمینان غلبه شود و فازی‌سازی یک روش، منطبق بر زبان انسان گردد.

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به روش چانگ و همکاران به شرح زیر است [۱۰]:

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی

مرحله ۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی ($\tilde{A}$) با به کارگیری اعداد فازی

$$\tilde{A}=\left[\tilde{a}_{ij}\right] \qquad (۱)$$

که $a_{ij}=(l_{ij},m_{ij},u_{ij})$ و l_{ij}، m_{ij} و u_{ij} به ترتیب کران پایین، پیک و کران بالای تابع فازی مثلثی را نمایش می‌دهد. نمونه‌ای از اعداد فازی تعریف شده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است.

1 Fuzzy logic
2 Analytic Hierarchy Process (AHP)
3 Membership function

جدول ۱. اعداد فازی تعریف شده در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی
Table 1. Fuzzy numbers defined in the fuzzy AHP

عدد فازی	تعریف	مقیاس فازی مثلثی
$\tilde{9}$	اهمیت مطلق	(8.9.9)
$\tilde{7}$	اهمیت خیلی قوی	(6.7.8)
$\tilde{5}$	اهمیت قوی	(4.5.6)
$\tilde{3}$	اهمیت ضعیف	(2.3.4)
$\tilde{1}$	اهمیت خیلی ضعیف	(1.1.2)
1	دقیقاً مساوی	(1.1.1)

$$a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

مرحله ۴: محاسبه اوزان لایه‌ها

در پژوهش حاضر از میانگین هندسی برای محاسبه وزن لایه‌ها استفاده شده است [۱۱].

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \otimes \tilde{r}_2 \otimes ..., \otimes \tilde{r}_n)^{-1} \quad (۲)$$

$$\tilde{r}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes ..., \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (۳)$$

که $\tilde{w}_i$ وزن فازی هر لایه اطلاعاتی برای هر سطر ماتریس مقایسه زوجی و $\tilde{r}_i$ میانگین هندسی عدد فازی مثلثی است.

مرحله ۵: غیرفازی‌سازی

در انتها غیرفازی سازی[1] وزن‌ها برای هر لایه انجام می‌شود و با استفاده از روش مرکز ناحیه[2] وزن هر لایه محاسبه می‌گردد.

$$COA = w_i = \left(\frac{l + m + u}{3} \right) \quad (۴)$$

۳-۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در این پژوهش مربوط به شهرستان قزوین از استان قزوین می‌باشد. موقعیت این شهر بین طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه ۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی (شکل ۱).

۳- نتایج و بحث

روند کلی مکان‌یابی در شکل ۲ نشان داده شده است. روند کلی کار را می‌توان در سه مرحله کلی تشریح نمود.

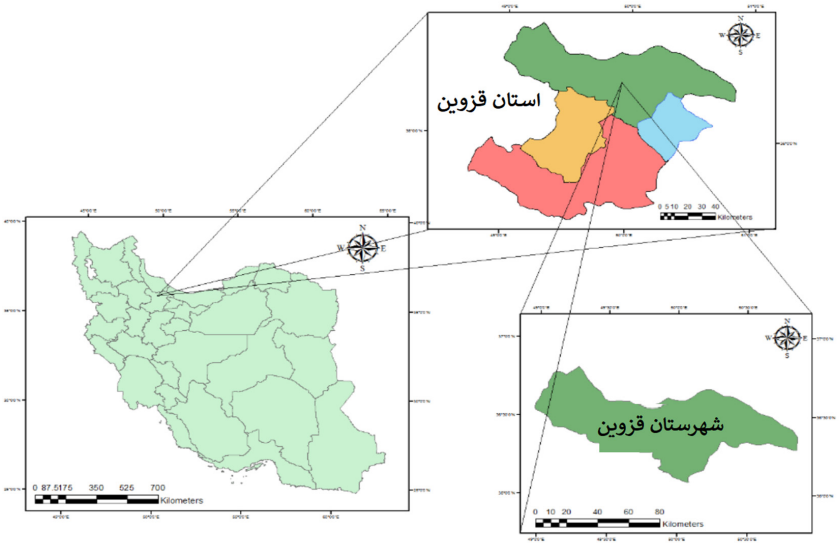
مرحله اول: مرحله اول بدین صورت است که بعد از بررسی و استخراج پارامترها و فاکتورهای تأثیرگذار در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی، داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری می‌گردد و نقشه‌ها یا لایه‌های اولیه از طریق داده‌های جمع‌آوری گردیده تولید می‌گردند.

داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر در جدول ۲ نمایش داده شده است که شامل ۱۶ لایه اطلاعاتی است. برخی از لایه‌های خطی و برخی سطحی هستند.

مرحله دوم: در مرحله دوم، لایه‌ها یا نقشه‌های تولید شده به کمک ابزار GIS، براساس قیدهای موجود در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی، کلاسه‌بندی و با اعداد ۱ تا ۹ ارزش‌گذاری و سپس مقادیر ارزش‌های هر لایه به وسیله توابع عضویت فازی به مقادیر فازی تبدیل می‌گردند که اصطلاحاً به آن فازی‌سازی می‌گویند. برای این منظور از نرم‌افزار ArcGIS ۱۰.۵ استفاده گردیده است. در فازی‌سازی مقادیر ارزش‌گذاری از تابع عضویت خطی استفاده شده است (شکل ۳).

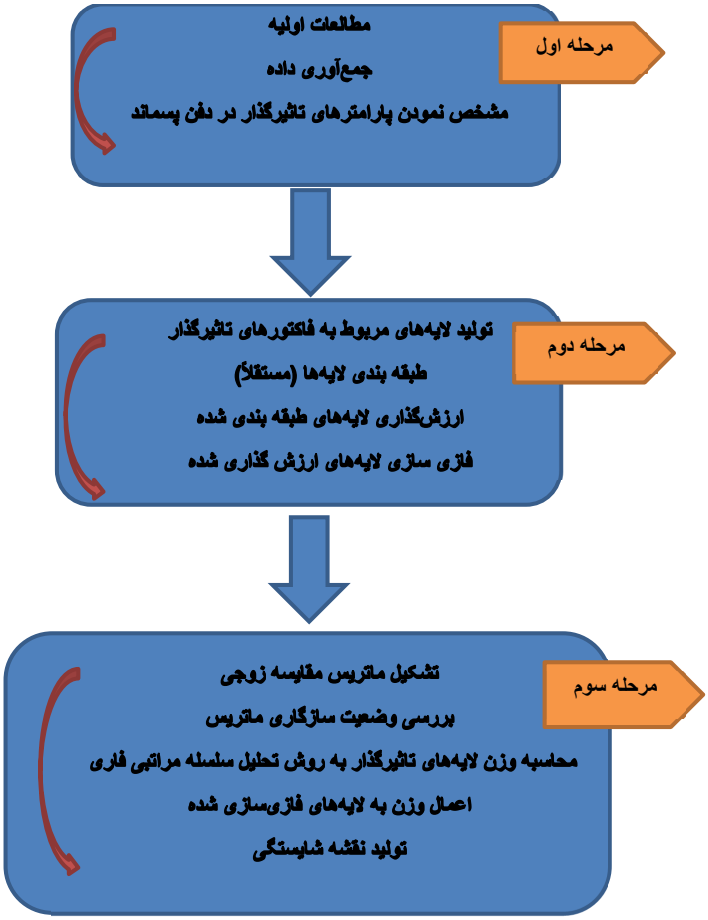
در رابطه با مکان‌یابی بهینه محل دفن پسماندهای ساختمانی قیود و شرایطی وجود دارد که بر اساس پژوهش‌های پیشین [۱۲-۱۵] و ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن مصوب ۱۳۹۸ سازمان محیط

1 Defuzzification
2 Center of Area (COA)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان قزوین

Fig. 1. Geographical location of Qazvin city



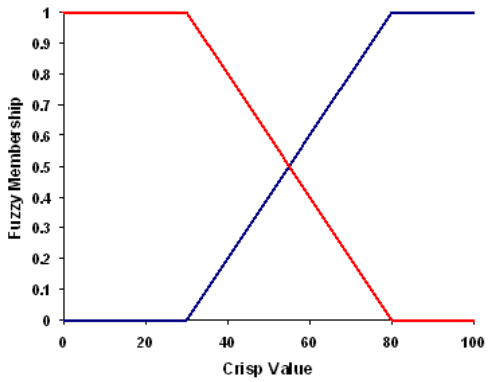
شکل ۲. روند کلی مراحل طی شده

Fig. 2. The general process of the steps

جدول ۲. لایه‌های مورد استفاده برای انجام مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی

Table 2. Layers used to site selection construction landfills

ردیف	داده‌های مورد استفاده	ردیف	داده‌های مورد استفاده
۱	گسل	۹	زمین لغزش
۲	شهرها	۱۰	جاده
۳	زمین‌شناسی	۱۱	خطوط ریلی
۴	نوع خاک و نفوذ پذیری	۱۲	روستاها
۵	کاربری اراضی	۱۳	مناطق حفاظت شده
۶	رودخانه و دریاچه‌ها	۱۴	پوشش گیاهی
۷	اقلیم	۱۵	شیب
۸	مدل رقومی زمین	۱۶	جهت شیب



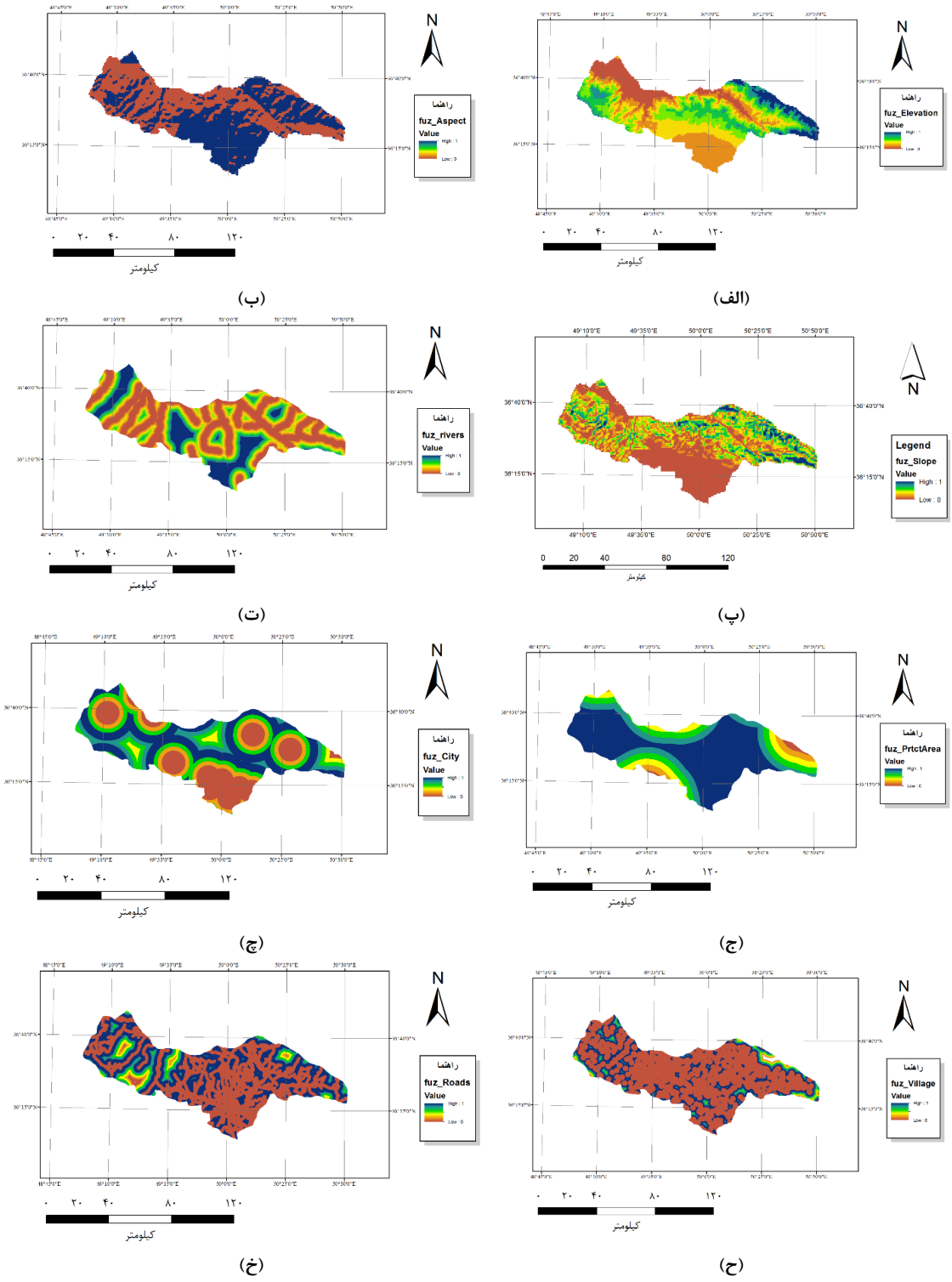
شکل ۳. تابع عضویت خطی برای فازی‌سازی مقادیر ارزش‌گذاری شده

Fig. 3. Linear membership function for fuzzification of classified values

زیست [۱۶] انتخاب شده است که مبنای ارزش‌گذاری رعایت شرایط فوق بوده است. در شکل ۴ نقشه فازی شده‌ی معیارهای ارزش‌گذاری شده نمایش داده شده است.

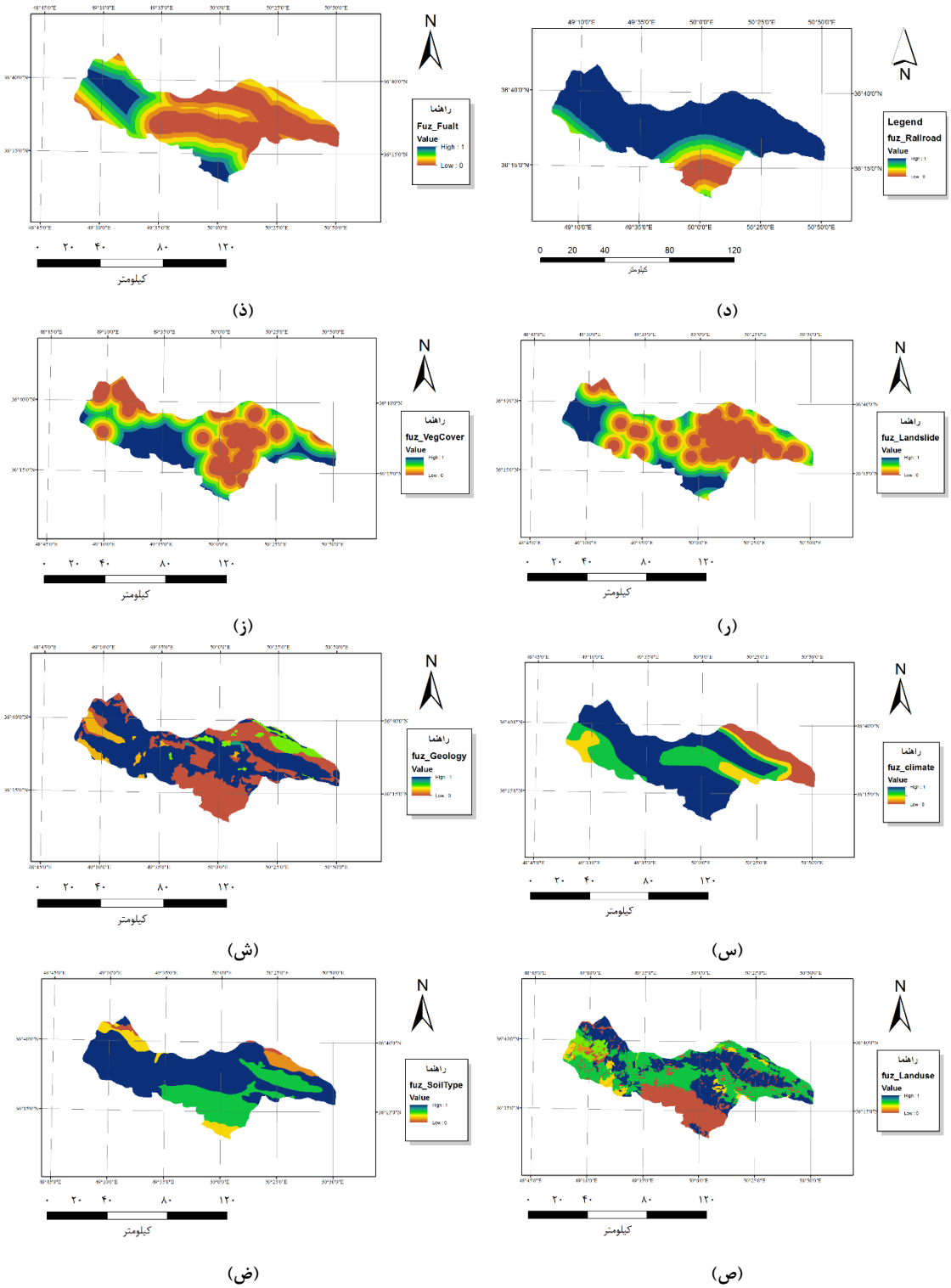
مرحله سوم: در مرحله سوم، اوزان لایه‌ها یا فاکتورهای تأثیرگذار در مکان‌یابی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تعیین می‌گردند. بدین منظور ابتدا ماتریس مقایسه زوجی بین فاکتورهای تأثیرگذار در مکان‌یابی بر اساس دانش کارشناسی تشکیل (مطابق جداول ۳ و ۴) و میزان نرخ ناسازگاری برای آن محاسبه می‌گردد. در صورتی که نرخ ناسازگاری ماتریس زوجی تشکیل یافته بیش‌تر از ۰/۱ باشد نیاز به تجدید نظر در ماتریس مقایسه زوجی می‌باشد. در غیراینصورت اوزان فاکتورهای تأثیرگذار در مکان‌یابی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه می‌گردند و با اعمال وزن به لایه‌های فازی سازی شده و هم‌پوشانی آن‌ها، نقشه شایستگی محل دفن پسماندهای ساختمانی تولید می‌گردد (شکل ۵).

در این پژوهش بعد از تهیه نقشه شایستگی، به ۱۰ طبقه کلاسه‌بندی شد که هر دو طبقه معرف یک پهنه می‌باشد (شکل ۵-بالا). به عنوان مثال طبقه ۱ و ۲ که پایین‌ترین درجه شایستگی را دارا هستند در پهنه یک قرار می‌گیرند و طبقه ۹ و ۱۰ که بالاترین درجه شایستگی را دارا هستند در پهنه پنج قرار می‌گیرند. همین‌طور سایر طبقه‌های میانی پهنه‌بندی می‌شوند. پهنه ۵ مناطق کاملاً مناسب (دارای ارزش ۹) برای دفن پسماند ساختمانی می‌باشد. از عوامل عمده مطلوب بودن مناطق کاملاً مناسب (دارای ارزش ۹) می‌توان چنین بیان نمود: ۱) حریم مناسب با گسل؛ ۲) فاصله مناسب از رودخانه‌ها و مناطق حفاظت شده؛ ۳) کاربری اراضی مرتع فقیر و نسبتاً فقیر؛ و ۴) اقلیم خشک می‌باشد. همچنین علت عمده نامناسب بودن مناطق کاملاً نامناسب (دارای ارزش ۱) را می‌توان موارد زیر



شکل ۴. نقشه لایه‌های فازی شده به ترتیب (الف) لایه ارتفاع، (ب) لایه شیب)، (پ) لایه جهت شیب، (ت) لایه فاصله از رودخانه‌ها، (ج) لایه فاصله از مناطق حفاظت شده، (چ) لایه فاصله از شهرها، (ح) لایه فاصله از روستاها، (خ) لایه فاصله از جاده‌ها، (د) لایه فاصله از خطوط ریلی، (ذ) لایه فاصله از گسل‌های فعال، (ر) لایه فاصله از نقاط زمین لغزش، (ز) لایه فاصله از پوشش گیاهی، (س) لایه اقلیم، (ش) لایه زمین شناسی، (ص) لایه کاربری اراضی و (ض) لایه نوع خاک

Fig. 4. Map of fuzzy layers in order. (a) Layer of height, (b) Layer of slope, (c) Layer of aspect, (d) Layer of distance from rivers, (e) Layer of distance from protected areas, (f) Layer of distance from cities, (g) Layer of Distance from villages, (h) Layer of distance from roads, (i) Layer of distance from railway lines, (j) Layer of Distance from active faults, (k) Layer of distance from landslide points, (l) Layer of distance from vegetation area, (m) Layer of Climate, (n) Layer of Geological, (o) Layer of landuse, and (p) Layer of soil type



ادامه شکل ۴. نقشه لایه‌های فازی شده به ترتیب (الف) لایه ارتفاع، (ب) لایه شیب)، (پ) لایه جهت شیب، (ت) لایه فاصله از رودخانه‌ها، (ج) لایه فاصله از مناطق حفاظت شده، (چ) لایه فاصله از شهرها، (ح) لایه فاصله از روستاها، (خ) لایه فاصله از جاده‌ها، (د) لایه فاصله از خطوط ریلی، (ذ) لایه فاصله از گسل‌های فعال، (ر) لایه فاصله از نقاط زمین لغزش، (ز) لایه فاصله از پوشش گیاهی، (س) لایه اقلیم، (ش) لایه زمین شناسی، (ص) لایه کاربری اراضی و (ض) لایه نوع خاک

Continued Fig. 4. Map of fuzzy layers in order. (a) Layer of height, (b) Layer of slope, (c) Layer of aspect, (d) Layer of distance from rivers, (e) Layer of distance from protected areas, (f) Layer of distance from cities, (g) Layer of Distance from villages, (h) Layer of distance from roads, (i) Layer of distance from railway lines, (j) Layer of Distance from active faults, (k) Layer of distance from landslide points, (l) Layer of distance from vegetation area, (m) Layer of Climate, (n) Layer of Geological, (o) Layer of landuse, and (p) Layer of soil type

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی معیارها

Table 3. Pairwise comparison matrix for criteria

ردیف	معیارها	فاصله از رودخانه‌ها	فاصله از مناطق حفاظت شده	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	زمین شناسی	اقلیم	خاک و نفوذپذیری	فاصله از شهرها	فاصله از روستاها	گسل	فاصله از نقاط زمین‌لغزش	فاصله از جاده	جهت شیب	شیب	ارتفاع	جهت شیب
۱	فاصله از رودخانه‌ها	1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$
۲	فاصله از مناطق حفاظت شده		1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$	$\tilde{9}$
۳	کاربری اراضی			1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۴	پوشش گیاهی				1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۵	زمین شناسی					1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۶	اقلیم						1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۷	خاک و نفوذپذیری							1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۸	فاصله از شهرها								1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$	$\tilde{7}$
۹	فاصله از روستاها									1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
۱۰	گسل										1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
۱۱	فاصله از نقاط زمین لغزش											1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
۱۲	فاصله از جاده												1	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{5}$
۱۳	فاصله از خطوط ریلی													1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
۱۴	شیب														1	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
۱۵	ارتفاع															1	$\tilde{1}$
۱۶	جهت شیب																1

برشمرد: ۱) فاصله کم از شهرها یا بیش از اندازه از شهرها؛ ۲) فاصله کم از گسل‌ها؛ ۳) کاربری کشاورزی و جنگلی؛ و ۴) فاصله کمتر از رودخانه‌ها و دارای اقلیم مرطوب.

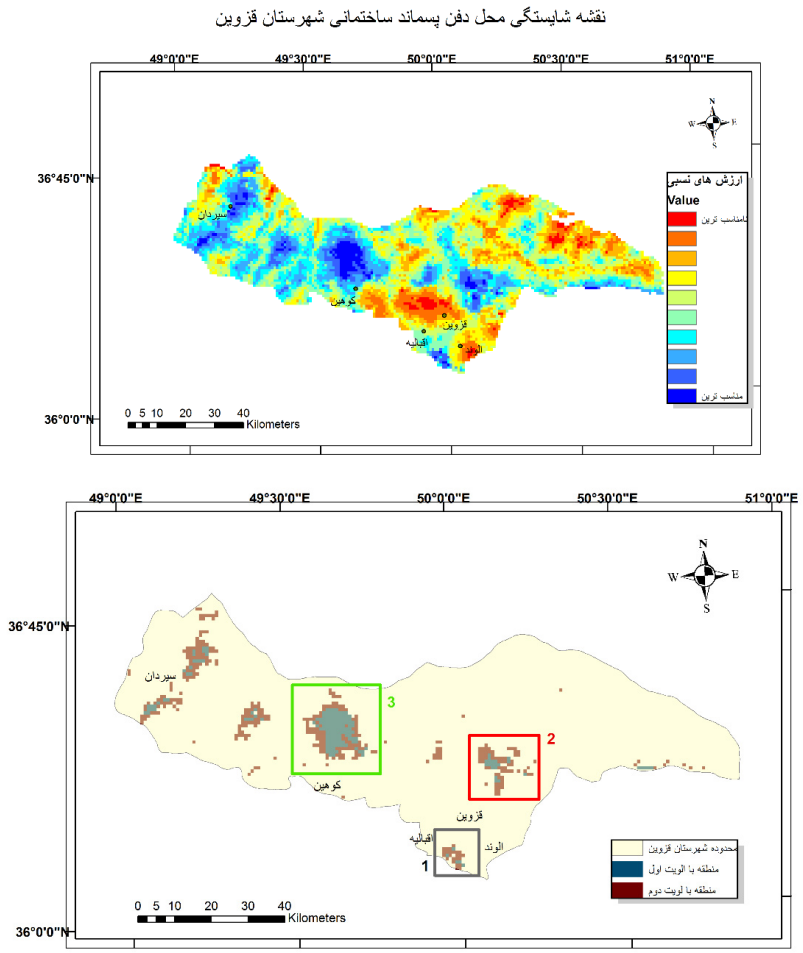
همان‌طور که در شکل ۵-پایین مشاهده می‌گردد، پهنه ۵ با ارزش ۹ از سایر مناطق ماسک و خود پهنه ۵ از دو منطقه با اولویت اول و اولویت دوم به ترتیب با مساحت ۱۴۰ و ۳۰۳ کیلومتر مربع تقسیم شده است. به علت پراکندگی سه سایت پیشنهادی برای محل دفن پسماندهای ساختمانی انتخاب گردید. در انتخاب سایت‌های پیشنهادی قسمت‌هایی از پهنه ۵ انتخاب گردید که نزدیک به شهرستان قزوین بودند. ارزش‌های مسبی سه سایت پیشنهادی از پهنه ۵ در جدول ۶ بیان شده است. سایت پیشنهادی سوم با میانگین ارزش نسبی بالاتر رتبه بهتری از دو سایت دیگر دارد.

برای سایت پیشنهادی شماره یک، ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند محدوده ارتفاعی، متوسط شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق حفاظت شده، فاصله مناطق زمین‌لغزش، اقلیم و زمین‌شناسی مقادیر بالایی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند فاصله از شهر (قزوین)، فاصله از پوشش گیاهی و کاربری زمین مقادیر متوسطی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند فاصله از شهر (الوند و اقبالیه)، فاصله از روستاهای اطراف، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، نوع خاک و فاصله از خط راه‌آهن مقادیر پایینی را نشان می‌دهند. برای سایت پیشنهادی دوم، ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند متوسط شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از مناطق حفاظت شده، زمین‌شناسی و نوع خاک مقادیر بالایی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند محدوده ارتفاعی، اقلیم و کاربری زمین مقادیر متوسطی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی

جدول ۴. وزن نهایی معیارهای بدست آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

Table 4. The final weight of the criteria obtained from the analytic hierarchy process method

ردیف	معیارها	وزن معیار
۱	فاصله از رودخانه‌ها	۰/۱۸۶۹
۲	فاصله از مناطق حفاظت	۰/۱۵۸۳
۳	کاربری اراضی	/۱۰۶۵
۴	پوشش گیاهی	۰/۱۰۶۱
۵	زمین شناسی	۰/۰۸۰۹
۶	اقلیم	۰/۰۷۵۴
۷	خاک و نفوذپذیری	۰/۰۶۵۸
۸	فاصله از شهرها	۰/۰۵۵۸
۹	فاصله از روستاها	۰/۰۴۴۲
۱۰	گسل	۰/۰۳۰۳
۱۱	فاصله از نقاط زمین لغزش	۰/۰۲۵۸
۱۲	فاصله از جاده	۰/۰۱۹۲
۱۳	فاصله از خطوط ریلی	۰/۰۱۴۶
۱۴	شیب	۰/۰۱۰۶
۱۵	ارتفاع	۰/۰۱۰۰
۱۶	جهت شیب	۰/۰۰۹۷



شکل ۵. نقشه شایستگی و سایت‌های پیشنهادی برای دفن پسماندهای ساختمانی شهرستان قزوین

Fig. 5. Suitability map and suggested sites for burying construction landfill in Qazvin city

جدول ۵. ارزش نسبی معیارهای سه سایت پیشنهادی برای دفن پسماند ساختمانی

Table 5. Relative value of the criteria of the three proposed sites for construction landfill

معیارها	ارزش نسبی سایت اول	ارزش نسبی سایت دوم	ارزش نسبی سایت سوم
محدوده ارتفاعی (متر)	۷/۷۱	۶/۷۶	۴/۴۶
متوسط شیب (درصد)	۸/۹۱	۷/۲۳	۳/۹۷
جهت شیب	۸/۲۳	۹	۴/۲۸
حداقل فاصله از شهر قزوین (کیلومتر)	۳/۵۰	۵/۷۱	۹
حداکثر فاصله از شهر الوند (کیلومتر)	۳/۸۷	۴/۹۳	۹
حداکثر فاصله از شهر اقبالیه (کیلومتر)	۳/۲۴	۵/۵۶	۹
حداقل فاصله از روستاهای اطراف (کیلومتر)	۱	۱/۵۳	۱/۷۸
حداقل فاصله از رودخانه (کیلومتر)	۴/۶۲	۳/۲۰	۹
حداقل فاصله از جاده (کیلومتر)	۹	۹	۹
حداقل فاصله از خط راه‌آهن (کیلومتر)	۲/۹۴	۴/۲۳	۹
حداقل فاصله از مناطق حفاظت شده (کیلومتر)	۷/۵۸	۹	۹
حداقل فاصله از نقاط زمین لغزش (کیلومتر)	۸/۹۶	۲/۴۳	۳/۵۱
حداقل فاصله از پوشش گیاهی (کیلومتر)	۵/۸۳	۱/۳۱	۸/۲۳
کاربری زمین	۵/۶۵	۶/۸۳	۶/۸۵
اقلیم	۷	۶/۵۷	۵/۶۰
زمین شناسی	۷/۶۸	۷	۷
فاصله از گسل (کیلومتر)	۲/۸۴	۲/۸۶	۲/۹۱
نوع خاک	۳	۷	۷
میانگین ارزش‌ها	**۶/۱۵**	**۵/۶۲**	**۶/۹۱**

جدول ۶. جدول اطلاعاتی مواد زائد جامد شهرستان قزوین (ماخذ. بخش خدمات شهری شهرداری قزوین)

Table 6. Qazvin Solid Waste Material Information Table (Source. Qazvin Municipality Urban Services Department)

سرانه تولید زباله (g/day)	۶۲۰
حجم خاک پوششی مورد نیاز (m^3/day)	۲۶۵
درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی	۴۰٪
دانسیته متوسط زباله (Kg/m^3)	۲۲۶

مانند فاصله از شهر (قزوین و الوند)، فاصله از روستاهای اطراف، فاصله از رودخانه، فاصله از خط راه‌آهن، فاصله از نقاط زمین لغزش، فاصله از پوشش گیاهی و فاصله از گسل مقادیر پایینی را نشان می‌دهند. برای سایت پیشنهادی شماره سه، ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند فاصله از شهرهای اطراف فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از خط راه‌آهن، فاصله از مناطق حفاظت شده، فاصله از پوشش گیاهی و نوع خاک مقادیر بالایی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند محدوده ارتفاع، شیب، جهت شیب اقلیم مقادیر متوسطی و ارزش‌های نسبی فاکتورهایی مانند فاصله از روستاهای اطراف فاصله از نقاط زمین‌لغزش و فاصله از گسل مقادیر پایینی را نشان می‌دهند.

یکی از مهم‌ترین تحلیل‌ها پس از شناسایی مکان‌های بهینه برای دفن پسماند، بررسی کفایت زمین‌های انتخاب شده برای بازه زمانی مورد نظر است. به طور کلی زمین مورد نیاز دفن پسماند به دلیل تغییرات جمعیتی به طور معمول برای یک دوره ۲۰ الی ۴۰ ساله در نظر گرفته می‌شود. طبق تحیقات انجمن علمی آمریکا (APA) در مورد اندازه زمین مورد نیاز برای دفن بهداشتی (مرجع) رابطه تجربی زیر ارائه شده است:

$$V = R / D\left(1 - p/100\right) + CV \qquad (۵)$$

در این فرمول V فضای مورد نیاز در طول سال (هکتار)، R سرانه تولید هر نفر، CV حجم خاک پوشش مورد نیاز، P درصد کاهش حجم زباله در اثر فشردگی و D چگالی متوسط زباله است.

طبق فرمول تجربی ارائه شده توسط انجمن علمی آمریکا در مورد اندازه زمین مورد نیاز برای دفن بهداشتی و با توجه به اطلاعات کسب شده از بخش خدمات شهری شهرستان قزوین در مورد مواد زائد شهری (جدول ۶)، فضای مورد نیاز در طول سال برای دفن بهداشتی مواد زیاد جامد شهرستان قزوین برابر ۱/۷۵ هکتار می‌باشد که در نتیجه زمین مورد نیاز دفن بهداشتی برای بازه ۴۰ ساله در شهرستان قزوین برابر ۷۰ هکتار می‌باشد. که سه سایت پیشنهادی از پهنه ۵ برای دفن پسماند شرایط فوق را احراز می‌کند.

۳- نتیجه‌گیری

مسأله تعیین موقعیت مناسب برای دفن پسماند در دنیای امروز یکی از پژوهش‌های کاربردی، گسترده و پیوسته مورد نیاز می‌باشد. برای مکان‌یابی دفن پسماند ساختمانی یک سری لایه با استفاده از نرم افزار ArcGIS مورد پردازش قرار گرفت. لایه‌های شیپ فایل (لایه‌های نقطه‌ای، خطی و پلیگونی) و لایه رستری مدل ارتفاعی رقومی (DEM) برای استخراج ارتفاع، شیب و جهت شیب به نرم‌افزار فراخوان شد. سپس لایه‌ها بعد از ارزش‌گذاری ساعتی، فازی‌سازی شدند. برای محاسبه وزن لایه‌ها با استفاده از روش FAHP از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و در لایه همپوشانی نهایی وزن لایه‌ها تأثیر داده شد. تعیین الویت‌بندی لایه‌ها نسبت به هم در روش FAHP بسیار با اهمیت است. در ادامه با توجه به نقشه نهایی به دست آمده و فرمول تجربی ارائه شده توسط انجمن علمی آمریکا در رابطه با اندازه زمین مورد نیاز برای دفن بهداشتی پسماند، مشخص گردید که زمین‌های با مساحت ۷۰ هکتار به بالا که از بین زمین‌های به طور کامل مناسب انتخاب شده‌اند، به عنوان بهترین مکان‌ها جهت دفن پسماند ساختمانی شهرستان قزوین قابل پیشنهاد هستند. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر مشخص شد که ۲۹ درصد از سطح شهرستان قزوین وضعیت مناسب یا آیده‌آل برای دفن پسماند دارند. بعد از تولید نقشه شایستگی مکان‌یابی، پهنه‌بندی شهرستان قزوین، پهنه ۵ (طبقه ۹ و۱۰ که دارای ارزش ۹ هستند) که به طور کامل مناسب است برای محل دفن پسماندهای ساختمانی انتخاب گردید. سه سایت پیشنهادی از پهنه ۵ که نزدیک شهرستان قزوین قرار داشتند، انتخاب شدند که دارای ارزش ۹ (به رنگ آبی) باشند و فاصله مناسبی نیز نسبت به شهرها (الوند، اقبالیه و قزوین) و روستاها دارا باشند. مطابق جدول ۵ سایت پیشنهادی سوم با میانگین نسبی ارزش‌های بالاتر نسبت به دو سایت دیگر معیار ایده‌آل در اولویت اول قرار دارد.

در جهت بهبود پژوهش حاضر پیشنهاد می‌شود: (۱) استفاده از روش آماری دیگر مانند ژنتیک در برآورد وزن فاکتورهای نسبت به هم و مقایسه نتایج آن با پژوهش حاضر؛ (۲) تولید نقشه شایستگی برای هر شهر بر اساس معیارهای موجود و تخصیص وزن به هر شهر و اعمال وزن به نقشه‌های شایستگی و ادغام نقشه‌های شایستگی. در تخصیص وزن به هر شهر می‌توان از فاکتورهای همانند جمعیت یا میزان تولید پسماندهای ساختمانی هر شهر استفاده نمود؛ (۳) دسته‌بندی فاکتورها در دسته‌های مختلف همانند زیست محیطی،

اقتصادی و غیره و تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای هر دسته و همچنین تشکیل ماتریس مقایسه زوجی برای دسته‌ها به جهت برآورد وزن هر دسته.

مراجع

[1] K. Khodaverdi, A. Faghih, E. Eslami, A fuzzy analytic network process approach to evaluate concrete waste management options, Tehran: Sharif University of Technology, (2008).

[2] W.G. Hendrix, D.J. Buckley, Use of a geographic information system for selection of sites for land application of sewage waste, Journal of Soil and Water Conservation, 47(3) (1992) 271-275.

[3] U. Shrivastava, M. Nathawat, Selection of potential waste disposal sites around Ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques, urban planning, in: Map Asia Conference, 2003, pp. 13.

[4] J. Won, J.C. Cheng, Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization, Automation in Construction, 79 (2017) 3-18.

[5] J. Ghanei Ardakani, S.A. Kashfi, Landfill Location construction waste Yazd using Analytical Hierarchy Methods, Scientific Journal Management System, 11(39) (2017) 54-70. (In Persian).

[6] A. Kengpol, P. Rontlaong, M. Tuominen, A decision support system for selection of solar power plant locations by applying fuzzy AHP and TOPSIS: An Empirical Study, Journal of Software Engineering and Applications, 6(09) (2013) 470.

[7] R. Sarvar, A. Rashidi Ebrahimhesari, Optimal Positioning For Disposing Sanitary/Hospital Wastes Case Study: Bonab Township, Geography, 12(42) (2014) 45-65. (In Persian).

[8] T.L. Saaty, What Is The Analytic Hierarchy Process? In: Mathematical Models for Decision Support, Springer, 1988, Pp. 109-121.

[9] A. Pourahmad, M. Sajad Zahrai, S. Nazari Alavi, K. Habibi, The Use Of Fuzzy Algorithms And GIS Equipment To Locate In Urban Areas (Case Study: City Landfill Babolsar), J Environ Stud, 33(42) (2007) 31-42.

[10] D.-Y. Chang, Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 95(3) (1996) 649-655.

[11] J.J. Buckley, Fuzzy Hierarchical Analysis, Fuzzy Sets and Systems, 17(3) (1985) 233-247.

[12] A. Arabameri, A.R. Shahriari, Site Selection Of Landfill With Emphasis On Hydro geomorphological – Environmental Parameters Shahrood-Bastam Watershed, Journal Of Geographical Sciences, 16(43 #F00418) (2017) 55-80. (In Persian).

[13] Y. Khosravi, H. Ashjaie, Landfill Site Selection For Urban Hysteresis Of Qazvin City Using The AHP In Arcgis Software, Journal Of Human & Environment, 15(4) (2018) 51-63. (In Persian).

[14] V. Nikzad, Y. Moarab, M.J. Amiri, N. Foroughi, Landfill Site Selection Using Fuzzyl In Gis And Fuzzy Analytic Hierarchical Model (Fahp)(Case Study: Minoodasht Town), Journal Of Environmental Science And Technology, 16(Special Issue) (2015) 421-435. (In Persian).

[15] M. Yamani, S. Alizadeh, Site Locating Landfill In Hashtgerd Area By Using Analytical Hierarchy Process(Ahp) And Geographic Information System (Gis), Geographical Data, 24(96) (2015) 79-90. (In Persian).

[16] E.P. Agency, Technical Requirements for Designing Normal and Special Landfills, (2019).

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

M. Khademi Shiraz, M. Ravanshadnia, A. Khashand, H.R. Abbasian, Site Selection of Construction Waste Landfill Based on Combination of Fuzzy AHP and Geospatial Information System (GIS) , Amirkabir J. Civil Eng., 53(7) (2021) 2909-2920.

DOI: 10.22060/ceej.2020.17555.6599