Cult Islam Archit Urban, 2025; 10 (2): 27-46

Tabriz Islamic Art University 1999

CULTURE OF ISLAMIC ARCHITECTURE AND URBANISM

DOI : https://dx.doi.org/10.61882/ciauj.10.2.570

The Culture of Islamic Architecture & Urbanism

Original Paper **Open Access**

Evaluating the impact of introducing landfill site with artificial intelligence algorithms, compatible with environmental and social issues in Rasht city

Nilofar Soltanvash[1], Parsa Zamani[2*], Milad Zandsalimi[3], Morteza Mirgholami[4]

1. MSs, Department of urban design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
2. MSs, Department of urban design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
3. MSs, Department of Urban Planning and Design, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
4. Professor of the Department of urban design, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.

Received: 2024/06/18 **Accepted: 2024/07/25**

Abstract

The role of improving the quality of environmental management is considered one of the most important and strategic matters of urban management today. In recent years, population growth and changes in the life patterns of human societies have caused many crises, including issues related to burial and waste disposal systems. This problem is particularly concerning in the northern cities of Iran due to the lack of suitable land and the high level of underground water. Therefore, this research aims to locate the best waste disposal sites. This site selection is based on population estimates up to the year 2050, and ultimately, to recommend the best landfill site with a horizon of 2050, the sites were evaluated using the RAIM matrix. Using spatial analysis and evaluation of the outcomes, 17 spatial criteria were selected in this recent study, which were investigated with methods of artificial intelligence and vector machine to assess land suitability for waste burial. The research results, comparing vector machine artificial intelligence, showed that despite using fewer criteria, artificial intelligence has a higher ability to identify the region's potential with an accuracy coefficient of ROC of 87.65%, compared to existing sites and the country's threshold criteria, thus providing reliable results. The study indicated that 3% of the area could accommodate a landfill from 50 to 75%; 0.01 percent, equivalent to 22 hectares, has the potential for development between 75 and 85%. Based on these interpretations, the limits of Rasht city, according to the artificial neural network model, are very high, and any attempt to establish a burial site requires an evaluation of the consequences. The locations identified showed that 22 hectares with high capacity are situated in the Zarbal factory and west of the Lakan forest. Based on the results of the RAIM matrix evaluation, the Lakan site is the best option for creating a new waste burial site. The criteria related to air quality, surface and underground water quality, and tourism pose the most threats. Additionally, compared to the continuation of the Caravan site, which has a score of -477, it is the worst possible scenario for the region.

Keywords:

landfill, RIAM matrix, innovative methods, consequence assessment, Rasht.

* Corresponding Author: pa.zamani@tabriziau.ac.ir

©2025 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

Introduction

Urban solid waste management has emerged as a critical challenge in rapidly growing cities, particularly in regions with high population density and limited land availability. In northern Iran, cities like Rasht face acute waste disposal crises due to high groundwater tables, dense vegetation, and tourism-driven seasonal spikes in waste generation. The current Saravan landfill, operational for over three decades, has become an environmental catastrophe, with leachate contaminating soil and water, methane emissions, and a garbage mountain reaching 90 meters in height. Traditional site-selection methods rely heavily on expert judgment and static criteria, often leading to biased or suboptimal outcomes. This study introduces artificial intelligence (AI) algorithms—specifically Multi-Layer Perceptron (MLP) neural networks and Support Vector Machines (SVM)—to minimize human interference and enhance predictive accuracy in landfill site selection. By integrating 17 spatial criteria and projecting waste generation until 2050, the research identifies high-potential zones while ensuring environmental and social compatibility. The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) is employed to evaluate the environmental consequences of proposed sites, providing a transparent decision-making framework. This approach not only addresses immediate disposal needs but also aligns with sustainable urban planning goals, reducing long-term ecological and social risks.

Materials and Methods

The study area, Rasht (49°36'E, 37°16'N), covers 180 km² with a 2015 population of 676,991, projected to exceed 1.42 million by 2050. The climate is humid subtropical, with 1,359 mm of annual rainfall and a mean temperature of 15.9°C. Data layers were sourced from national and international databases (Table 1), including elevation (ASTER 30 m), slope, geology (1:50,000), hydrology, land use (Sentinel-2), and socio-economic indicators. Fuzzy membership functions (linear, Gaussian, J-shaped, sigmoid) standardized heterogeneous data into a 0–1 suitability scale. MLP neural networks were trained using nine optimized criteria (groundwater depth, forests, roads, elevation, erosion, leachate risk, rivers, slope, urban proximity) , achieving R = 0.7561 and RMS errors of 0.1195 (test) and 0.1156 (train). SVM employed 15 criteria with a radial basis function (gamma = 0.5), yielding ROC accuracy of 82%. Multi-Objective Land Allocation (MOLA) solved single-objective allocation for 50 hectares of landfill capacity, incorporating compaction and recycling scenarios. Population growth (2.5% annually) and per capita waste (0.75–1.1 kg/day) informed demand forecasts. RIAM assessed four sites (Lakan, Zarbal, Gilan University compost, Saravan continuation) across physical-chemical, biological-ecological, socio-cultural, and economic-operational dimensions, generating Environmental Scores (ES).

Results

MLP modeling revealed no ideal (>90%) suitability zones; 3% of the area scored 50–75%, and 0.01% (22 ha) achieved 75–85%, located near Zarbal factory and west of Lakan forest. SVM expanded high-suitability zones, identifying 178 ha at 75–85% and 23 ha at 85–100%, though the latter was fragmented. ROC validation confirmed MLP's superiority (87.65% vs. SVM 75.78%). Kappa statistics indicated model stability (standardized 54.8%, spatial 60%). MOLA allocated three sites: Lakan (39 ha, degraded valley) , Zarbal (43 ha, industrial buffer), and Gilan University compost (60 ha). RIAM scoring ranked Lakan highest (ES = +65), with moderate air/water risks (B-negative) but strong socio-cultural benefits (+164). Zarbal scored –200 due to leachate and visual impacts; Gilan compost –108 from physicochemical threats; Saravan continuation –477, confirming unsustainability. Lakan's closed basin, deep groundwater (>50 m), and low-density forest cover minimize contamination risks.

Discussion

AI-driven site selection outperforms conventional methods by capturing non-linear relationships among criteria without predefined weights. MLP's hidden layers detected subtle interactions (e.g., slope-groundwater-leachate), achieving higher ROC than SVM, consistent with prior studies in Mashhad and Tehran. The absence of high-suitability zones underscores Rasht's constrained geography—high water tables and dense

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

ecosystems limit viable options. Lakan's valley morphology naturally contains leachate, while reforestation can offset minor forest loss (2 ha over 20 years). Compared to Saravan's catastrophic legacy, Lakan reduces public health risks and visual blight. However, tourism proximity demands odor control and monitoring. Multiple sites distribute risk, enabling waste segregation (organics to compost, inerts to Lakan). Economic viability is enhanced by proximity to existing roads, though infrastructure upgrades are needed.

Conclusion

This study demonstrates that AI-integrated GIS, coupled with RIAM, provides a robust, transparent framework for landfill siting in environmentally sensitive regions. Lakan emerges as the optimal site, balancing capacity, containment, and minimal ecological disruption. Continued Saravan use is untenable. Policy recommendations include: (1) immediate closure and remediation of Saravan, (2) phased development of Lakan with liner systems and gas capture, (3) decentralized composting at Gilan University, (4) public education on source separation, and (5) real-time monitoring using IoT sensors. Future research should incorporate climate change projections (sea-level rise, intensified rainfall) and explore sanitary landfill alternatives like waste-to-energy. By prioritizing data-driven decisions over expert bias, Rasht can transition from waste crisis to circular economy leadership.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

This page is intentionally rendered without text

این صفحه آگاهانه بدون متن ارائه شده است

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی، ۱۴۰۴؛ ۱۰ (۲) :۴۶-۲۷

فرهنگ معماری و شهرسازی اسلامی

DOI : https://dx.doi.org/10.61882/ciauj.10.2.570

مقاله پژوهشی

دسترسی آزاد

بررسی تاثیر معرفی سایت دفن زباله با الگوریتم‌های هوش مصنوعی سازگار با مسائل زیست محیطی و اجتماعی در شهر رشت

نیلوفر سلطان وش[۱]، پارسا زمانی[۲]*، میلاد زندسلیمی[۳]، مرتضی میرغلامی[۴]

۱. کارشناسی ارشد، گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
۲. کارشناسی ارشد، گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
۳. کارشناسی ارشد، گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، کردستان. دانشگاه، سنندج، ایران.
۴. استاد گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

دریافت : ۱۴۰۳/۳/۲۹ پذیرش: ۱۴۰۳/۵/۴

چکیده

امروزه، تولید و دفع انواع پسماند یکی از مشکلات اصلی زیست محیطی جوامع انسانی است که نیازمند مدیریت صحیح است. احداث سایت دفن پسماند در مناطق شهری می‌تواند به‌دلیل تأثیرات مهم بر اکولوژی، بهداشت، منظر شهری، ترافیک و ارزش املاک، عامل اختلال باشد؛ بنابراین، احداث آن باید با مطالعات دقیق و جامع صورت گیرد تا از گسترش تهدیدهای زیست محیطی جلوگیری شود. هدف این پژوهش، مکان‌یابی سایت دفن پسماند در شهر رشت با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی سازگار با ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی و ارزیابی اثرات معرفی سایت تا افق ۲۰۵۰ است. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل فضایی در GIS بود. جمعیت تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۱,۴۲۰,۰۰۰ نفر برآورد شد و ۱۷ معیار فضایی شامل عمق آب زیرزمینی، جنگل، جاده، ارتفاع، فرسایش، شیرابه، رودخانه، شیب و محدوده شهر انتخاب گردید. این معیارها با شبکه‌ی عصبی چندلایه و ماشین بردار پشتیبان (SVM) تحلیل شده و ماتریس RIAM برای ارزیابی پیامدها و مدل مولا برای تخصیص زمین به‌کار رفتند. یافته‌ها نشان داد هوش مصنوعی MLP با دقت ۰/۸۷ درصد، برتری قابل‌توجهی نسبت به روش‌های سنتی دارد. نتایج مکان‌یابی حاکی از آن است که تنها ۳% از مساحت، پتانسیل ۵۰-۷۵% و ۰.۰۱ درصد (معادل ۲۲ هکتار)، پتانسیل ۷۵-۸۵% برای ایجاد سایت دفن را دارند. مکان‌های با ظرفیت بالا در کارخانه زربال و غرب جنگل لاکان واقع شده‌اند. بر اساس ماتریس RAIM، سایت لاکان بهترین گزینه است؛ درحالی‌که ادامه فعالیت سایت سراوان با امتیاز ۴۷۷-، بدترین سناریو محسوب می‌شود. نتیجه‌گیری این است که تهدیدهای اصلی شامل کیفیت هوا، آب سطحی و زیرزمینی و گردشگری است. استفاده از هوش مصنوعی، دقت مکان‌یابی را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های مدیریتی شامل جداسازی، بازیافت و لایه‌گذاری برای کاهش تهدیدها و تضمین پایداری زیست محیطی و اجتماعی اجرا شود.

واژگان کلیدی

دفن زباله، ماتریس RIAM، روش‌های نوآورانه، ارزیابی پیامدها، رشت.

* نویسنده مسئول مکاتبات: pa.zamani@tabriziau.ac.ir

©2025 by the Authours.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license)
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

۱. مقدمه

رشد سریع شهرها و صنایع، مصرف بی‌رویه منابع طبیعی و تغییر الگوی مصرف، تولید حجم عظیمی از پسماند را به دنبال داشته و بحران‌های بزرگی ایجاد کرده که محیط‌زیست، سلامت و بهداشت عمومی را در معرض خطر قرار داده است. امروزه یکی از مشکلات عمده زیست محیطی جوامع انسانی، تولید و دفع انواع پسماند است . (Yang et al., 2016) که مقدار و کیفیت آن بر اساس شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مناطق مختلف متفاوت است . (Sarkodie & Owusu, 2021) پسماندها به‌عنوان آلاینده‌های محیطی شناخته می‌شوند که نیازمند مدیریت صحیح هستند . (Srivastava et al., 2016) مهم‌ترین مسئله بهداشتی و زیست محیطی در میان کاربری‌های مختلف، یافتن مکان مناسب برای دفع مواد زائد است (Conti et al., 2020). در صورت عدم مطالعه یا مطالعه نادرست، خسارات جبران‌ناپذیری به طرح وارد خواهد شد. احداث سایت دفن پسماند در مناطق شهری می‌تواند به‌دلیل تأثیرات مهم بر اکولوژی، بهداشت، منظر شهری، ترافیک، ارزش املاک و غیره، عامل اختلال در شهر باشد؛ بنابراین، احداث سایت دفن در شهر یا حومه آن باید با مطالعات دقیق و جامع انجام شود تا از گسترش اختلالات و تهدیدها، به‌ویژه از جنبه زیست محیطی، جلوگیری گردد (Brancher et al., 2020; Daneshpour & Pajouh, 2014).

برای طراحی سایت‌های دفن پسماند، انتخاب عوامل متعدد به‌دلیل کثرت لایه‌های اطلاعاتی و نیاز به نتیجه صحیح، ناخودآگاه تصمیم‌گیران را به استفاده از سیستمی با دقت بالا، سرعت و سهولت عملیات سوق می‌دهد. از سوی دیگر، انتخاب مکان مناسب و خاص برای سایت‌های دفن پسماند شهری، چالش مهمی برای سیستم مهندسی است (Norsa'adah et al., 2020). تکنیک‌های نوین و سریع و ابزارهای تصمیم‌گیری متنوع، به‌ویژه با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای انتخاب مکان مناسب دفع پسماندهای جامد شهری وجود دارد (Gentil et al., 2010; Danesh et al., 2021). هر یک از این تکنیک‌ها مزایا و معایب خود را بسته به مناسب بودن، برآورده‌سازی الزامات و مجموعه رضایت‌بخش دارند. امروزه بسیاری از پژوهشگران از قابلیت‌های GIS برای مکان‌یابی استفاده می‌کنند، زیرا می‌توانند حجم عظیمی از لایه‌های اطلاعاتی را تحلیل کنند. همچنین، به‌دلیل نقش‌آفرینی عوامل متعدد در مکان‌یابی مناطق دفع پسماند، این مسئله به‌عنوان یک مسئله چندمعیاره شناخته می‌شود (Zangeneh et al., 2011). در بسیاری از مطالعات تاکنون از تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره استفاده شده است (Jiang et al., 2012). در شهرهای کونیا در ترکیه و منطقه القاسم در عراق از روش‌های AHP و WLC مبتنی بر GIS استفاده شده است (Isalou et al., 2013). روش ANP برای انتخاب سایت‌های دفن مناسب در داماتورو نیجریه و مالزی به‌کار رفته است. گزینه‌های مختلف برای مکان‌یابی لندفیل‌های پسماند شهری در استانبول ترکیه با روش‌های PROMETHEE، TOPSIS و FUZZY–TOPSIS استفاده شده است (Kulisz & Kujawska, 2021). اخیراً علاقه فزاینده به توسعه نظریه سیستم‌های هوشمند مانند شبکه‌های عصبی و ماشین‌های یادگیری در پیش‌بینی و تولید نقشه‌های مکان‌یابی سایت‌های دفن پسماند، توجه پژوهشگران را جلب کرده است (Rasoul et al., 2019).

در ایران، مطالعات پیشین در این زمینه انجام شده و دو روش برای پیش‌بینی میزان تولید پسماند وجود داشته است (Kavyanifar et al., 2020). تولید پسماند جامد شهری در شهر مشهد (Shahabi et al., 2014)، پیش‌بینی پسماند ساحلی خزر در نور مازندران (Barzegar et al., 2020)، پیش‌بینی تولید پسماند جامد در سقز کردستان با روش شبکه عصبی مصنوعی (Zahedi et al., 2019)، استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی تولید پسماند جامد شهری در مشهد (Rahime et al., 2020) و تهران انجام شده است. همه این مطالعات در مرور نتایج، این مدل‌ها را دارای مزایای بیشتری نسبت به مدل‌های سنتی معرفی کرده‌اند. در خارج از کشور نیز چندین مطالعه تنها در زمینه پیش‌بینی تولید پسماند جامد شهری با روش‌های مذکور در سال‌های اخیر انجام شده است.

از سوی دیگر، اعمال مدیریت صحیح و انتخاب راه‌حل‌های مناسب برای به‌حداقل‌رساندن اثرات منفی این مکان‌ها و بهبود محیط‌زیست، نیازمند استفاده از روش‌های علمی ارزیابی زیست محیطی است که بتواند انطباق کافی با سیاست‌های تعیین‌شده در برنامه‌ها، طرح‌ها و فعالیت‌ها را تضمین کند

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

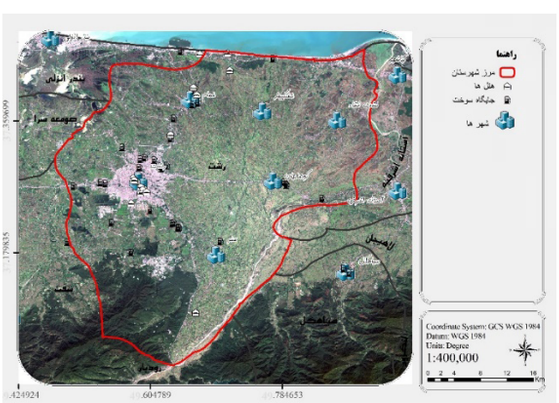
تا مقررات، استانداردها و قوانین زیست محیطی رعایت شود (Gholamalifard et al., 2017). ابزارهای متعددی برای پیش‌بینی و کاهش اثرات طرح‌ها و پروژه‌ها وجود دارد. در این میان، ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) یکی از کارآمدترین روش‌ها برای ارزیابی و پیش‌بینی اثرات طرح‌ها و پروژه‌ها بر مؤلفه‌های زیست محیطی (فیزیکی–شیمیایی، زیست محیطی–اکولوژیکی، اجتماعی–فرهنگی و اقتصادی–عملیاتی) محسوب می‌شود (Bahrami et al., 2021).

با توجه به وضعیت جغرافیایی خاص و رشد جمعیت در استان گیلان و فرهنگ مصرف غالب در مناطق روستایی و شهری، افزایش تولید روزانه پسماند اجتناب‌ناپذیر است و عدم سازمان‌دهی مناسب سایت‌های دفع پسماند در سال‌های اخیر مشکلات متعددی به‌ویژه آلودگی آب و خاک منطقه ایجاد کرده است. نمونه بارز این پدیده در منطقه جنگلی سراوان اطراف شهر رشت قابل‌مشاهده است که توده زباله‌ای بیش از سه دهه انباشته شده و ارتفاع آن حتی به ۹۰ متر رسیده و روزانه ۱۱۰۰ تن زباله به آن منتقل می‌شود (Gorsevski et al., 2012). از سوی دیگر، به‌دلیل محیط آسیب‌پذیر استان گیلان که دارای اکوسیستم‌های متنوع آبی، ساحلی، تالابی و جنگلی است، مشکلات ناشی از عدم مدیریت صحیح پسماند و اثرات مخرب رهاسازی غیراصولی پسماند مشهود است؛ بنابراین، در این مطالعه، کلان‌شهر رشت به‌عنوان مرکز استان که با بیشترین حجم تولید پسماند جامد شهری مواجه است، مورد توجه قرار گرفته است. در پژوهش پیش‌رو، برای نخستین بار با رویکردی متفاوت و با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی، نقشه‌های مکان‌یابی مکان‌های مناسب برای دفع پسماند شهری در شهر رشت تولید شده است که بر اساس برآورد نرخ رشد جمعیت، میزان پسماند برای ۱۰ سال آینده و مساحت زمین موردنیاز برای این منظور به‌دست آمده است. در نهایت، گزینه‌های نهایی از میان سایت‌های پیشنهادی اولیه با استفاده از ماتریس ارزیابی اثرات زیست محیطی RIAM پیشنهاد خواهد شد.

۲. روش پژوهش/ مواد و روش‌ها

۲-۱. محدوده مطالعه

شهر رشت در طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی واقع شده و در فاصله‌ی حدود ۳۰۰ کیلومتری از شهر تهران قرار دارد. رشت یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان گیلان در شمال کشور است. بر اساس سرشماری رسمی سال ۲۰۱۵، جمعیت شهر رشت برابر با ۶۷۶,۹۹۱ نفر بوده است. اقلیم این شهر، خزری معتدل و نیمه مدیترانه‌ای است که تابستان‌های گرم و مرطوب و زمستان‌های سرد و پرباران دارد. میانگین بارش سالانه در این شهر حدود ۱۳۵۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵,۹ درجه سانتی‌گراد است؛ بیشینه‌ی میانگین دمای سالانه ۲۰,۶ و کمینه‌ی آن ۱۱,۳ درجه بوده و تعداد روزهای یخبندان به‌طور میانگین ۲۶ روز در سال گزارش شده است. رشت با وسعتی حدود ۱۸۰ کیلومترمربع بر روی اراضی نسبتاً مسطح و هموار با میانگین ارتفاع حدود ۵ متر از سطح آب‌های آزاد قرار دارد. رشته‌کوه البرز در بخش جنوبی شهر واقع شده و قله‌ی دارفک با ارتفاع ۲۷۳۳ متر نزدیک‌ترین و مرتفع‌ترین قله به محدوده‌ی شهری به‌شمار می‌رود (شکل ۱).



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه
Figure 1. The case study area

۲-۲. داده‌های جغرافیایی

در این پژوهش، برای بررسی چهار پارامتر زیستی، فیزیکی و شیمیایی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، از داده‌های فضایی و توصیفی موجود در منابع معتبر بین‌المللی و ملی استفاده شد که شرح آن در (جدول ۱) به‌تفصیل آمده است.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

جدول ۱. بانک اطلاعات و مراجع.
Table 1. GeoData sources and references

شاخص	ابعاد	سیستم‌فازی	دامنه	توضیحات
مدل ارتفاع	30 × 30 متر	سیگموئید	10 تا 150 متر	ماهواره‌استر
شیب	30 × 30 متر	J شکل	0–20	ماهواره‌استر
جهت‌جغرافیایی	30 × 30 متر	گاوسی	180–45	ماهواره‌استر
خاک‌شناسی	1:25000	خطی افزایشی	0.8–0.5	سازمان نقشه‌برداری کشور
زمین‌شناسی	1:50000	خطی افزایشی	0.6–0.2	سازمان نقشه‌برداری کشور
بارش و نزولات	1:50000	سیگموئید	210–100	سازمان هواشناسی کشور
دما و تبخیر	1:50000	سیگموئید	25–12	سازمان هواشناسی کشور
هیدرولوژی و رودخانه‌ها	1:25000	گاوسی کاهشی	18–200	سازمان آبخیزداری کل کشور
زلزله	1:50000	J افزایشی	500 متر	مرکز لرزه‌نگاری کشور
کاربری اراضی	10 متر	خطی	1 تا 9	SENTINEL-2
جمعیت	توصیفی	J افزایشی	500 متر	سازمان آمار و سرشماری کشور
تنوع گونه‌های گیاهی	1:50000	J کاهشی	گونه‌های خاص	سازمان جنگل‌ها و مراتع
آب زیرزمینی	1:50000	سیگموئید	2.5–	وزارت نیرو
اقتصادی و اجتماعی	توصیفی	سیگموئید	طبقات	سازمان آمار و سرشماری کشور
جاده‌ها و زیرساخت	1:20000	گاوسی	500–50	وزارت راه و شهرسازی
فرسایش و رسوب‌پذیری	1:50000	خطی	10–1	سازمان آبخیزداری کشور
ارزش املاک	1 میلیون تومان	J کاهشی	توصیفی	بانک مرکزی

توابع فازی

تابع عضویت یک مجموعه فازی تعمیمی از تابع مشخصه در مجموعه‌های کلاسیک است. در منطق فازی، این تابع درجه صحت را به‌عنوان تعمیم ارزیابی نشان می‌دهد. درجه صحت اغلب با احتمال‌ها اشتباه گرفته می‌شود، در حالی که این دو مفهوم جداگانه‌ای هستند؛ زیرا صحت فازی عضویت در مجموعه‌های مبهم را نشان می‌دهد نه احتمال وقوع رویدادها یا شرایط خاص برای مجموعه X. تابع عضویت مجموعه X تابعی از نسبت X به بازه [۰/۱] است. اگر درجه عضویت یک عنصر صفر باشد، آن عنصر کاملاً خارج از مجموعه است و اگر درجه عضویت یک باشد، عنصر کاملاً در مجموعه است. اگر درجه عضویت بین صفر و یک باشد، این عدد درجه عضویت تدریجی را نشان می‌دهد. در پژوهش اخیر، چهار روش خطی، گاوسی، سینوسی و J– شکل استفاده شد (Thapa & Murayama, 2012). مفهوم تابع عضویت در مجموعه‌های فازی به‌عنوان تعمیم اساسی تابع مشخصه در نظریه مجموعه‌های کلاسیک عمل می‌کند. برخلاف طبیعت دودویی توابع مشخصه، توابع عضویت در منطق فازی نمایشی پیوسته از درجه صحت یا عضویت در مجموعه ارائه می‌دهند و ارزیابی را فراتر از طبقه‌بندی‌های سخت درست/نادرست گسترش می‌دهند. تمایز بین درجه صحت در منطق فازی و احتمال‌های سنتی ضروری است، زیرا اولی عضویت عناصر در مجموعه‌های مبهم را نشان می‌دهد نه احتمال وقوع رویدادها یا شرایط در مجموعه X. تابع عضویت مجموعه X به هر عنصر مقداری در بازه [۰/۱] اختصاص می‌دهد که صفر نشان‌دهنده عدم عضویت، یک نشان‌دهنده عضویت کامل و مقادیر میانی نشان‌دهنده درجات متفاوت عضویت تدریجی است. در پژوهش اخیر، روش‌های مختلفی مانند خطی، گاوسی، سینوسی و J– شکل برای تعریف توابع عضویت به‌کار رفتند. این روش‌ها رویکردهای متفاوتی برای ثبت طبیعت

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

تدریجی درجات عضویت ارائه می‌دهند و هر کدام ویژگی‌ها و مزایای منحصربه‌فردی در مدل‌سازی روابط فازی دارند. با استفاده از انواع مختلف توابع عضویت، پژوهشگران می‌توانند نمایش‌های انعطاف‌پذیر و دقیق از مجموعه‌های فازی بسازند و به‌طور مؤثر ظرافت‌های اطلاعات مبهم، نامطمئن یا نادقیق را به شیوه‌ای سیستماتیک و ساختاریافته ثبت کنند و در نتیجه قابلیت کاربرد و قدرت بیان منطق فازی را در حوزه‌های علمی و مهندسی افزایش دهند. (Thapa & Murayama, 2012).

شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه

شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه (Multilayer perceptron artificial neural network) سیستم‌های هوشمندی هستند که با پردازش داده‌های مشاهده‌ای، دانش یا قوانین پنهان بین داده‌های ورودی و خروجی را به ساختار شبکه منتقل می‌کنند. به بیان ساده‌تر، این سیستم‌ها بر اساس هوش محاسباتی تلاش می‌کنند ساختار عصبی مغز انسان را مدل‌سازی کنند (Wagh & Gujar, 2014). شبکه‌های عصبی در دسته مدل‌های سیستم استنتاج نوروفازی تطبیقی قرار می‌گیرند که در آن‌ها از اصول سازمان‌دهی شناخته‌شده یا مورد انتظار در مغز انسان استفاده شده است. شبکه‌های عصبی از تعداد زیادی پردازشگر ساده و مستقل به نام نورون تشکیل شده‌اند و این نورون‌ها از طریق ارتباطات وزنی با یکدیگر اطلاعات مبادله می‌کنند. قابلیت آموزش شبکه عصبی امکان پیش‌بینی مقادیر متغیرها با دقت بالا را فراهم می‌کند. (Anagnostopoulos et al., 2010) شبکه پرسپترون چندلایه شامل نورون‌های به‌هم‌پیوسته‌ای است که در چندین لایه متوالی قرار گرفته‌اند. مقادیر ورودی از طریق وزن‌های مرتبط با ارتباطات بین لایه‌ها در شبکه منتشر می‌شوند، به نورون‌های فردی می‌رسند، در آنجا جمع‌بندی شده و سپس از طریق توابع فعال‌سازی خاص پردازش می‌شوند تا خروجی نورون تولید شود. سپس، خروجی تولیدشده با خروجی مورد انتظار مقایسه می‌شود تا خطا محاسبه گردد که این خطا به‌عنوان بازخورد برای تنظیم وزن‌های شبکه در فرایند آموزش استفاده می‌شود. آموزش شبکه عصبی در مدل MLP معمولاً از طریق الگوریتم انتشار خطا به عقب انجام می‌شود که خطای محاسبه‌شده از لایه خروجی به‌طور سیستماتیک به عقب در شبکه منتشر شده و وزن‌های ارتباطات را در چارچوب یادگیری نظارت‌شده تنظیم می‌کند. این فرایند تکراری شامل مقایسه خروجی‌های واقعی شبکه با خروجی‌های هدف است که الگوریتم انتشار خطا را قادر می‌سازد وزن‌ها را به‌طور تکراری تنظیم کند تا خطاها را به حداقل برساند و توانایی شبکه در شناسایی الگوها را افزایش دهد. با به‌روزرسانی تکراری وزن‌های شبکه بر اساس حلقه بازخورد خطا، شبکه عصبی مورد نظر یاد می‌گیرد تا عملکرد خود را در حل مسائل پیچیده از طریق آموزش نظارت‌شده تطبیق دهد و بهینه‌سازی کند (Danesh et al., 2021).

ماشین بردار پشتیبان

ماشین بردار پشتیبان (Support Vector Machine SVM) یک طبقه‌بند دودویی قدرتمند است که با تبدیل نقاط داده از فضای ورودی اصلی به فضای با ابعاد بالاتر برای جداسازی مؤثر عمل می‌کند. مفهوم کلیدی SVM جستجوی ابرصفحه‌ای است که حاشیه بین نقاط داده متعلق به کلاس‌های مختلف را بیشینه کند. این فرایند شامل پیاده‌سازی سیستمی با حداقل ظرفیت یا پیچیدگی برای تعریف دقیق مرزهای بین کلاس‌هاست. با این کار، SVM می‌تواند تخمین مرز دقیق‌تری با کارایی بالاتر و نیاز به داده‌های آموزشی کمتر نسبت به روش‌های دیگر به‌دست آورد، بدون اینکه تعمیم‌پذیری سیستم را به خطر بیندازد. هدف اصلی طبقه‌بند SVM استخراج تابع تصمیم‌گیری f(X) است که ابرصفحه بهینه برای جداسازی دو کلاس را شناسایی کند. هر کلاس به‌گونه‌ای با ابرصفحه هم‌تراز می‌شود که حاشیه (M) را بیشینه کند که فاصله بین ابرصفحه و نزدیک‌ترین نقاط داده هر کلاس را نشان می‌دهد. با تمرکز بر این حاشیه، SVM مرز تصمیم‌گیری محکمی ایجاد می‌کند که خطاهای طبقه‌بندی را به حداقل می‌رساند و عملکرد پیش‌بینی مدل را افزایش می‌دهد. تأکید SVM بر بیشینه‌سازی حاشیه به توانایی آن در تعمیم خوب به داده‌های نادیده کمک می‌کند و آن را به گزینه‌ای ترجیحی برای وظایف طبقه‌بندی با داده‌های آموزشی محدود تبدیل می‌کند. با اولویت‌بندی فاصله حاشیه در فرایند تعیین ابرصفحه، SVM جداسازی واضحی بین کلاس‌ها حتی در سناریوهای هم‌پوشانی نقاط داده تضمین می‌کند. این رویکرد قدرت این تحلیل را در مدیریت مسائل

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

طبقه‌بندی پیچیده را با استفاده از سیستمی مینیمالیستی اما مؤثر که دقت و کارایی در تخمین مرز را متعادل می‌کند، برجسته می‌سازد. در نتیجه، ماشین‌های بردار پشتیبان در وظایف طبقه‌بندی دودویی با نگاشت استراتژیک نقاط داده به فضاهای با ابعاد بالاتر و بهینه‌سازی قرارگیری ابرصفحه برای جداسازی حاشیه حداکثری برتر هستند. با تأکید بر حداقل پیچیدگی و حداکثر فاصله حاشیه، SVM مرزهای کلاس را با دقت ترسیم می‌کند و عملکرد برتر با نیازهای داده آموزشی حداقل را نشان می‌دهد در حالی که تعمیم‌پذیری بالایی برای سناریوهای واقعی متنوع حفظ می‌کند (Olaya, 2004). برای محاسبه مرز جداسازی دو کلاس کاملاً جدا، از روش حاشیه بهینه استفاده می‌شود. در واقع، مرز خطی بین دو کلاس باید به‌گونه‌ای محاسبه شود که تمام داده‌های متعلق به کلاس +۱ در یک سمت مرز و تمام داده‌های کلاس −۱ در سمت دیگر قرار گیرند. مرز تصمیم‌گیری باید طوری باشد که فاصله نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی هر دو کلاس از یکدیگر در جهت عمود بر مرز تصمیم‌گیری تا حد ممکن بیشینه شود. مجموعه نقاط در ماشین بردار پشتیبان به دو صورت خطی و غیرخطی قابل جداسازی است (Balkema et al., 2002).

مولا

روش مولا یا تخصیص زمین چند هدفه (MOLA Multi-Objective Land Allocation) روشی پیچیده برای حل مسائل تخصیص زمین با اهداف متعدد ارائه می‌دهد. در مواجهه با چالش‌های چند هدفه، MOLA از مجموعه‌ای از نقشه‌های مناسب بودن، هر کدام اختصاصی برای هدفی خاص، برای تدوین راه‌حل سازشی استفاده می‌کند. این راه‌حل با دقت طراحی شده تا مناسب بودن قطعات زمین برای هر هدف را با توجه به وزن‌های تخصیص‌یافته بیشینه کند. کاربران می‌توانند نیازهای مساحتی یا بودجه حداکثری را مشخص کنند تا مسئله تخصیص را حل کنند. گزینه‌هایی برای اعمال مجاورت و فشردگی وجود دارد. نقشه‌های تناسب معمولاً از ارزیابی چندمعیاره (MCE) ایجاد می‌شوند. روش تخصیص زمین تک هدفه MOLA روشی برای حل مسئله تک هدفه ارائه می‌دهد. بر اساس اطلاعات نقشه هدف یا تناسب، MOLA بهترین راه‌حل را بر اساس محدودیت‌های مشخص‌شده تعیین می‌کند. برای هر دو روش، کاربر می‌تواند اهداف فضایی مانند مجاورت و فشردگی و محدودیت‌های غیرفضایی مانند نیازهای مساحتی برای هدف و بودجه حداکثری بر اساس تصویر قیمت زمین را مشخص کند (Hajehforooshnia, 2011). این روش برای حل مسائل تخصیص زمین چند هدفه و تک هدفه ارائه می‌شود. برای مسائل چند هدفه، MOLA راه‌حل سازشی را بر اساس اطلاعات مجموعه‌ای از نقشه‌های مناسب بودن (یکی برای هر هدف) تعیین می‌کند. راه‌حل تلاش می‌کند مناسب بودن قطعات برای هر هدف را بر اساس وزن‌های تخصیص‌یافته بیشینه کند. کاربر می‌تواند نیازهای مساحتی یا بودجه حداکثری را مشخص کند. گزینه‌هایی برای اعمال مجاورت و فشردگی وجود دارد. روش تخصیص زمین تک هدفه MOLA روشی برای حل مسئله تک هدفه ارائه می‌دهد. بر اساس اطلاعات نقشه هدف یا تناسب، MOLA بهترین راه‌حل را بر اساس محدودیت‌های مشخص‌شده تعیین می‌کند. برای هر دو روش، کاربر می‌تواند اهداف فضایی مانند مجاورت و فشردگی و محدودیت‌های غیرفضایی مانند نیازهای مساحتی برای هدف و بودجه حداکثری بر اساس تصویر قیمت زمین را مشخص کند (Binder et al., 2010).

ماتریس ارزیابی سریع اثرات (RIAM)

پژوهش حاضر از ماتریس ارزیابی سریع اثرات (Rapid Impact Assessment Matrix) برای ارزیابی پیامدها استفاده کرده است. RIAM ابزاری چندمنظوره برای تسهیل فرایندهای ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) و حمایت از تصمیم‌گیری در مطالعات زیست محیطی است. این چارچوب جامع برای سازمان‌دهی، تحلیل و ارائه نتایج ارزیابی‌های زیست محیطی به‌صورت سیستماتیک عمل می‌کند. با استفاده از رویکرد ماتریسی ساختاریافته، RIAM ارزیابی کمی و ریاضی اثرات بالقوه مرتبط با مواد، پروژه‌ها یا روش‌های عملیاتی را امکان‌پذیر می‌سازد و سابقه شفاف و پایداری از قضاوت‌های ارزیابی ارائه می‌دهد. روش‌شناسی ماتریس در RIAM شامل امتیازدهی اثرات فعالیت‌های پروژه بر عوامل زیست محیطی مختلف بر اساس معیارهای از پیش تعیین‌شده است (Geneletti, 2013; Suthar & Sajwan, 2014). در RIAM، معیارهای ارزیابی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند: معیارهای A که به بزرگی نتایج مربوط است و می‌تواند به‌طور

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

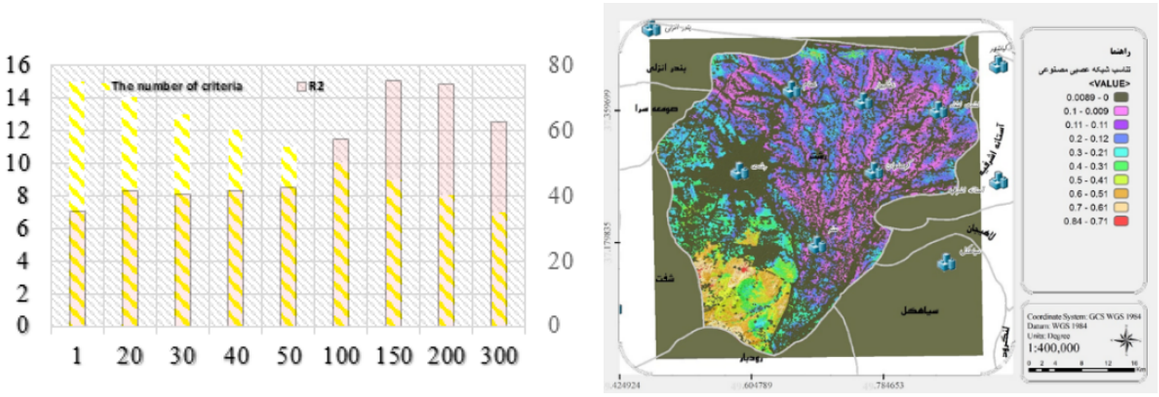
مستقل بر امتیاز نهایی تأثیر قابل‌توجهی بگذارد، و معیارهای B که ارزش زمینه‌ای وضعیت را توصیف می‌کند؛ اما به‌تنهایی بر امتیاز نهایی تأثیر مستقیم ندارد. فرایند ارزیابی در RIAM شامل محاسبه شاخص ارزیابی از طریق فرمول‌های خاص برای استخراج امتیاز زیست محیطی (ES) است که مجموع تجمعی امتیازهای ارزیابی در معیارهای مختلف را نشان می‌دهد. این مراحل ارزیابی معمولاً با استفاده از نرم‌افزار RIAM تسهیل می‌شود که فرایند را خودکار کرده و کارایی و قابلیت اطمینان ارزیابی اثرات زیست محیطی و رویه‌های تصمیم‌گیری را در حوزه‌های مختلف افزایش می‌دهد (Yousefloo & Babazadeh, 2020).

۳. یافته‌ها و بحث

نتایج نشان داد که مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با چالش تعداد معیارها همراه است؛ بر اساس روش آزمون و خطا در انتخاب معیارها، اساساً ۹ معیار از ۲۵ معیار، بالاترین دقت را در مدل‌سازی خواهند داشت؛ بنابراین، بر اساس نتایج نمودار ۲، تعداد ۹ معیار بالاترین دقت R = ۰.۷۵۶۱ را دارد و خطاهای RMS آزمون و RMS آموزش به‌ترتیب ۰.۱۱۹۵ و ۰.۱۱۵۶ هستند. معیارهای مهم در مدل شامل (عمق آب زیرزمینی، جنگل، جاده، ارتفاع، فرسایش نفوذپذیری، شیرابه، رودخانه، شیب و شهر) هستند. با این حال، نقشه مناسب بودن هوش مصنوعی نشان داد که دامنه تغییرات و مناسب بودن بین ۰ یا محدودیت کامل تا ۸۴٪ است؛ بنابراین، در بخش مدل‌سازی هیچ منطقه ایده‌آلی وجود نخواهد داشت. هر سایتی که از این بخش استخراج شود، نیازمند کار بیشتر و مدیریت زیست محیطی است. بر اساس نتایج شبکه عصبی مصنوعی، ۳٪ از مساحت قادر به ایجاد سایت دفن از ۵۰ تا ۷۵٪ خواهد بود؛ ۰.۰۱ درصد، معادل ۲۲ هکتار، پتانسیل توسعه ۷۵ تا ۸۵٪ را دارد. با این تفاسیر، محدودیت‌های شهر رشت بر اساس مدل شبکه عصبی مصنوعی بسیار بالاست و هر تلاشی برای ایجاد سایت دفن نیازمند بررسی پرهزینه در مطالعه است. ۲۲ هکتار با ظرفیت بالا در منطقه کارخانه زربال و غرب جنگل لاکان واقع شده‌اند (شکل ۲).نتایج مدل ماشین بردار پشتیبان بر اساس نیاز به آموزش برای ارائه مناطق بر پایه نگارش سناریو برای حالت ایده‌آل به‌منظور چرخش و ایجاد معادلات در ساختار ۱۵ معیار استخراج‌شده بر اساس جستجوی شعاعی تعریف شدند. بر اساس تجربه مدل‌سازی، روش شعاعی با گاما ۰.۵ دقت معادل ۰.۸۲ ایجاد کرده است که به‌نوبه خود برای ادامه و اعتبار مدل عالی و ایده‌آل به‌نظر می‌رسد؛ البته وزن آموزش به‌ترتیب (سایت کمپوست، ۰.۰۱ و دفن ۰.۵ و کمپوست ترکیبی ۰.۲ و دفن ترکیبی ۰.۳۸) در نظر گرفته شد (شکل ۳).

در مدل‌سازی ماشین بردار پشتیبان، نتایج به‌دست‌آمده در نگاه اول بحثی را به‌اشتراک می‌گذارد که دامنه مطلوبیت در مقایسه با شبکه عصبی افزایش یافته است، مناطقی با ۹۷٪ مطلوبیت در منطقه وجود دارد، از نظر آماری، دامنه مطلوبیت بین طبقه ۵۰ و ۷۵٪ برابر با ۲٪ مساحت منطقه است که با مقدار کاهش‌یافته‌ای نسبت به مدل شبکه عصبی کاهش یافته است، طبقه ۷۵ تا ۸۵٪ تنها ۰.۰۹٪ مساحت منطقه با سهمی معادل ۱۷۸ هکتار و طبقه ۸۵ تا ۱۰۰ به منطقه معرفی شده است که مساحتی ۲۳ هکتار دارد. این طبقه ناپیوسته است و در پیکسل‌های تک‌تایی دیده می‌شود. اما طبقه ۷۵ تا ۸۵ نشان داد که دو سایت هم‌پوشان با مدل شبکه عصبی وجود دارد (شکل ۴).

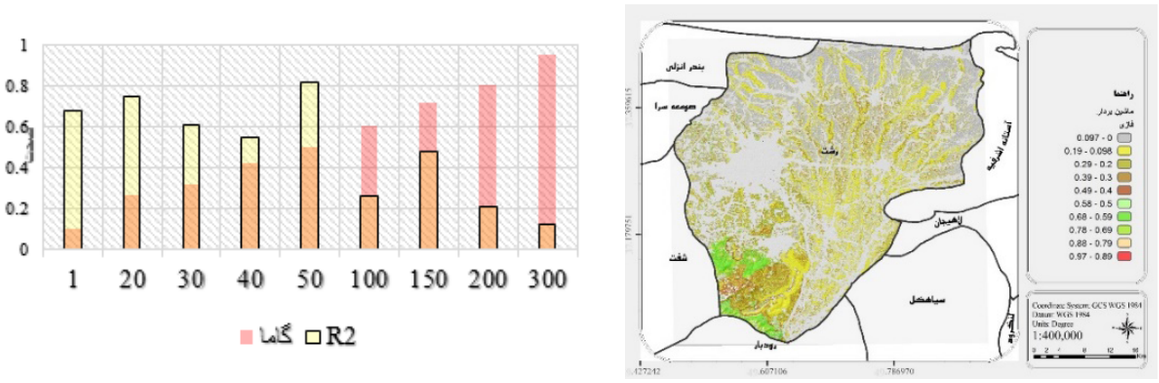
[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]



ب - B الف - **A**

شکل ۲. الف. نقشه مناسب برای دفن زباله خروجی مدل MLP، **ب**. نمودار دقت و تکرارپذیری نمرات مدل MLP.

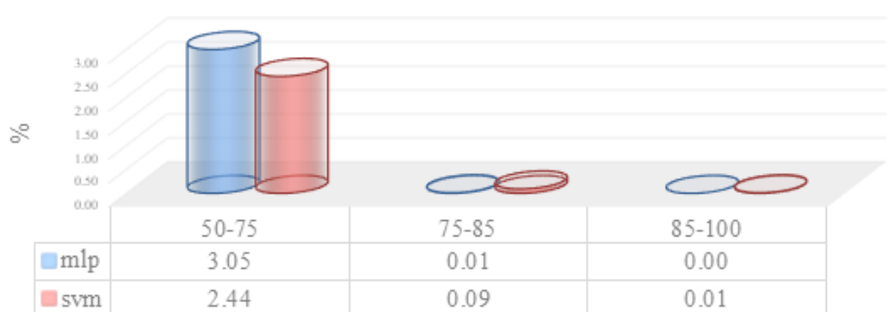
Figure 2. A. Suitability map for MLP model output landfill, **B**. Diagram accuracy and repeatability of MLP model grades.



ب - **B** الف - **A**

شکل ۳. الف. نقشه مناسب برای خروجی محل دفن زباله مدل SVM، **ب**. نمودار دقت و تکرار مدل SVM.

Figure 3. A. Suitability map for the landfill output of the SVM model, **B**. Figure Accuracy and repetition diagram of the SVM model.



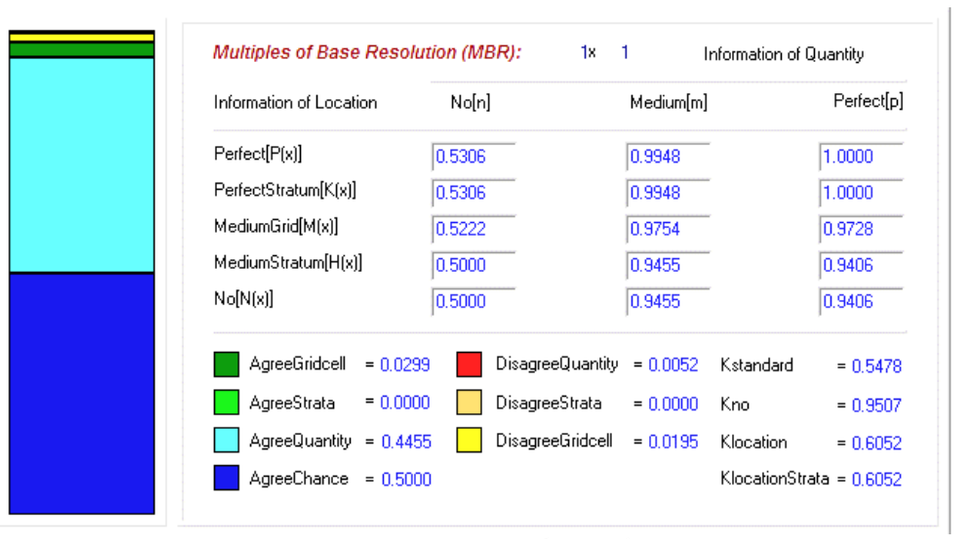
شکل ٤. درصد فراوانی طبقات مناسب بودن دو مدل شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه MLP و ماشین بردار پشتیبان SVM.

Figure 4. Frequency percentage of fit classes of two MLP and SVM models.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

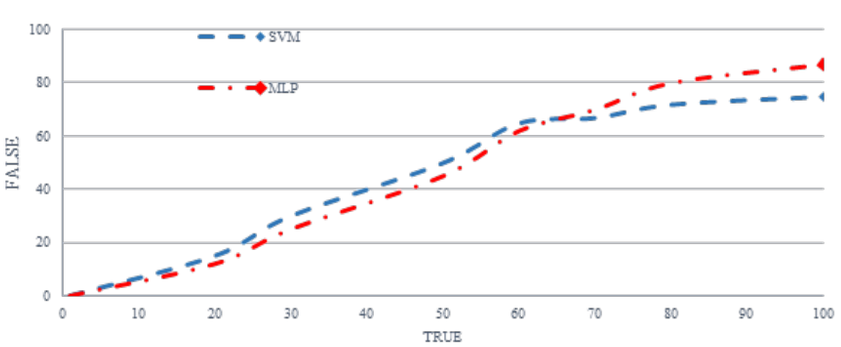
نتایج دو روش ارزیابی مناسب بودن و آزمون دقت مدل ROC نشان داد که هر دو مدل در انتخاب سایت دفن بسیار مؤثر هستند. در نگاه اول، ارزیابی خوانایی مدل‌ها اهمیت دارد، ما در حال ارزیابی مناسب بودن و آمادگی برای مقایسه نتایج بودیم. از نظر آماری، نتایج مدل‌ها نشان داد؛ توافق تصادفی ۵۰٪ از کل مساحت بر اساس نقشه محدودیت‌ها وجود داشت، ۴۴٪ از توافق کوچک است و ۳٪ از مناطق بالاتر از مدل با یکدیگر یکسان هستند که آماری فوق‌العاده از یکسانی نتایج و خوانایی مدل است؛ بنابراین، نتایج ارزیابی در مرحله اول ثابت کرد که ورودی‌های هر دو مدل به حالت پایدار رسیده‌اند و ادامه روند سه آمار کاپا نشان می‌دهد؛ دقت استانداردشده ۵۴.۸٪، کاپای شمارش اعضا دقت ۹۵٪، کاپای فضایی دقت ۶۰٪ و کاپای استراتژی دقت ۶۰٪ (شکل ۵). نتایج فوق بر پایداری تأکید می‌کند و بنابراین، در هر صورت، مدل برای آزمون معتبر است.

نتایج ROC به‌طور واضح و دقیق نشان داد که در ۵ آستانه از مقایسه اولیه ۲۰٪، تا تجمعی ۱۰۰٪، در مقایسه نتایج دو مدل با سایت‌های دفن و نقشه بولی مقایسه‌ها، روش SVM با ۷۵.۷۸، مساحت زیر نمودار امتیاز کافی برای مقایسه دقت بردار است؛ بنابراین، این آمار برای نقشه شبکه عصبی مصنوعی مساحت زیر نمودار را ۸۷.۶۵ نشان داد، و عدد فوق دقت بالاتر هوش مصنوعی سیگموئید را از نظر معیارها نشان می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۵. آمار مطابقت دو نقشه خروجی.

Figure 5. Correspondence statistics of two output maps.



شکل ٦. آزمون آماری ROC برای اعتبارسنجی مقیاس.

Figure 6. ROC statistic test for validation compariso

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

در این بخش، نتایج حاصل از حل مسئله‌ی تخصیص زمین تک‌هدفه برای دفن پسماند با استفاده از روش مولا (MOLA) مورد تحلیل قرار گرفت. بر اساس پیش‌بینی جمعیت تا سال ۲۰۵۰، جمعیت شهر بیش از یک میلیون و چهارصد و بیست هزار نفر برآورد شده است. با در نظر گرفتن سرانه تولید پسماند بین ۰/۷۵ تا ۱/۱ کیلوگرم در روز و همچنین فشار ناشی از حضور گردشگران، این متغیرها در مدل وارد شدند. با توجه به نرخ رشد جمعیت و روش‌های رایج دفع پسماند، نیاز به محل دفن با استفاده از محاسبات مربوط به نیاز دفن پسماند (Landfill Requirement) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج محاسبات نشان داد که در سال‌های ابتدایی، حدود ۱/۲۲ هکتار زمین برای دفن موردنیاز است، اما با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف و نسبت فشردگی و بازیافت، در مجموع ۵۰ هکتار زمین برای انباشت ۳۰ساله کافی خواهد بود (جدول ۲). یافته‌های حاصل از مدل مولا (MOLA) نشان داد که سه سایت اصلی برای دفن پسماند موردنیاز است که در توضیحات شکل ۷ معرفی شده‌اند. در یکی از مطالعات اخیر، محل دفن پسماندی در حاشیه‌ی جنگل تخریب‌شده‌ی لاکان با مساحت ۳۹ هکتار شناسایی شده است. این محدوده شامل دره‌ها و اراضی تخریب‌شده با پوشش جنگلی کم‌تراکم است و با تدوین یک طرح مدیریتی مناسب می‌تواند به‌عنوان یکی از پایدارترین گزینه‌ها برای سال‌های آینده در نظر گرفته شود. ویژگی‌هایی مانند موقعیت در دره، حوضه‌ی بسته، عمق زیاد آب زیرزمینی، دسترسی محدود و جریان هوای بسته، این محل را به گزینه‌ای مطلوب تبدیل کرده است.

سایت دوم در نزدیکی کارخانه زربال واقع شده و اگرچه از نظر چشم‌انداز و پایداری در وضعیت مناسبی قرار ندارد، اما با مساحت ۴۳ هکتار فضای کافی برای مدیریت و توسعه آتی فراهم می‌کند. سومین مکان پیشنهادی مربوط به بخش کمپوست وابسته به دانشگاه گیلان است که مساحتی معادل ۶۰ هکتار دارد (شکل ۷).

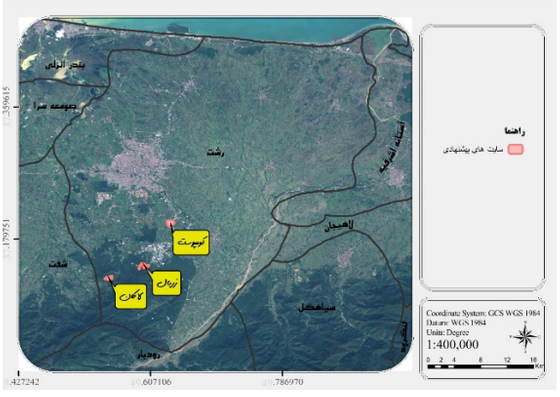
جدول ۲. پیش‌بینی سالانه جمعیت، میزان تولید پسماند و زمین موردنیاز برای دفن بهداشتی تا سال ۲۰۵۰

Table 2. Annual forecast of population, waste generation, and required landfill area until 2050

سال (Year)	جمعیت (Population)	وزن تولید پایین (Low Produc-tion Weight)	وزن تولید بالا (High Production (Weight	وزن تولید بسیار بالا (Production Weight is Too High)	زمین موردنیاز ۱ (Land 1 Required)	زمین موردنیاز ۲ (Land 2 Required)	زمین موردنیاز ۳ (Land 3 Required)
1	747,811	204,713	259,303	341,189	7,731	9,891	12,217
2	765,826	209,645	265,550	349,408	7,917	10,129	12,511
3	784,275	214,695	271,947	357,825	8,108	10,373	12,813
4	803,168	219,867	278,498	366,445	8,303	10,623	13,121
5	822,516	225,164	285,207	375,273	8,503	10,879	13,437
6	842,330	230,588	292,078	384,313	8,708	11,141	13,761
7	862,622	236,143	299,114	393,571	8,918	11,409	14,093
8	883,403	241,831	306,320	403,052	9,133	11,684	14,432
9	904,684	247,657	313,699	412,762	9,353	11,965	14,780
10	926,478	253,623	321,256	422,705	9,578	12,254	15,136
11	948,797	259,733	328,995	432,888	9,809	12,549	15,500
12	971,653	265,990	336,921	443,317	10,045	12,851	15,874
13	995,060	272,398	345,037	453,996	10,287	13,161	16,256
14	1,019,031	278,960	353,349	464,933	10,535	13,478	16,648
15	1,043,580	285,680	361,861	476,133	10,788	13,802	17,049
16	1,068,719	292,562	370,578	487,603	11,048	14,135	17,460
17	1,094,465	299,610	379,506	499,350	11,314	14,476	17,880
18	1,120,831	306,827	388,648	511,379	11,587	14,824	18,311
19	1,147,831	314,219	398,011	523,698	11,866	15,181	18,752

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

زمین موردنیاز ۳ Required) (Land 3	زمین موردنیاز ۲ Required) (Land 2	زمین موردنیاز ۱ Required) (Land 1	وزن تولید بسیار بالا Production Weight) (is Too High	وزن تولید بالا High) Production (Weight	وزن تولید پایین Low Produc-) (tion Weight	جمعیت (Population)	سال (Year)
19,204	15,547	12,152	536,314	407,599	321,788	1,175,483	20
19,666	15,922	12,445	549,234	417,418	329,540	1,203,800	21
20,140	16,305	12,745	562,465	427,473	337,479	1,232,800	22
20,625	16,698	13,052	576,015	437,771	345,609	1,262,498	23
21,122	17,100	13,366	589,891	448,317	353,934	1,292,911	24
21,631	17,512	13,688	604,101	459,117	362,461	1,324,058	25
22,152	17,934	14,018	618,654	470,177	371,192	1,355,954	26
22,686	18,366	14,355	633,557	481,504	380,134	1,388,619	27
23,232	18,808	14,701	648,820	493,103	389,292	1,422,071	28
23,792	19,262	15,055	664,450	504,982	398,670	1,456,329	29



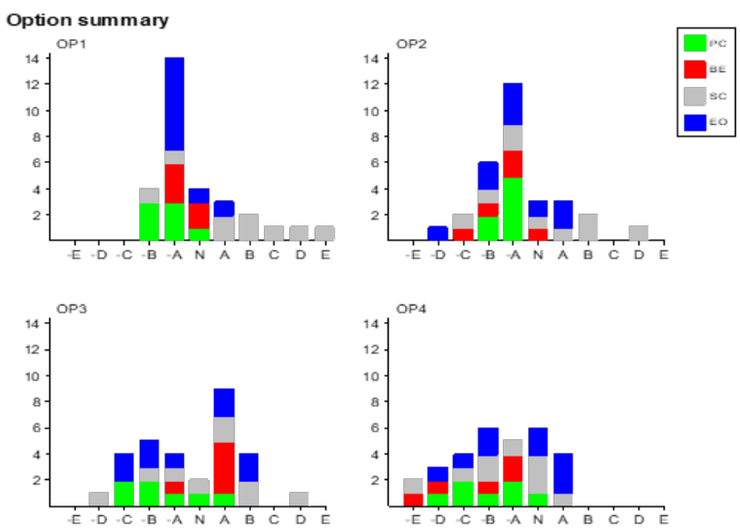
شکل ۷. نقشه محل‌های دفن زباله مورد نظر برای شهر رشت.
Figure 7. Map of the desired landfills for the city of Rasht.

نتایج ارزیابی پیامدها نشان داد که در ابتدا، بر اساس بررسی پیامدهای زیست محیطی، سایت لاکان در بخش مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی امتیاز ۳۸–۳۸ را کسب کرده و بدترین وضعیت آن در سطح رده منفی B قرار دارد که مربوط به کیفیت هوا، آب‌های سطحی و زیرزمینی است. در بخش زیستی و بوم‌شناختی، امتیاز این سایت برابر با ۱۷– و در رده منفی A قرار دارد. در بخش فرهنگی و اجتماعی، امتیاز مثبت ۱۶۴ به‌دست آمده و نامطلوب‌ترین پیامد، تأثیر بر گردشگری با رده B است. در ابعاد اقتصادی و اجرایی نیز، امتیاز سایت ۴۴– و عمدتاً در رده A– قرار دارد. امتیاز نهایی این بخش ۶۵ محاسبه شده و نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت اقتصادی و اجتماعی بالای سایت لاکان است. بر اساس ارزیابی پیامدهای زیست محیطی، سایت زربال در بخش مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی امتیاز ۵۹– را دارد و بدترین وضعیت آن در رده منفی B مربوط به کیفیت هوا و آب زیرزمینی است. در بخش زیستی و بوم‌شناختی، امتیاز ۶۲– و رده C منفی به‌عنوان معیار تخریب پوشش طبیعی گزارش شد. در بخش فرهنگی و اجتماعی، امتیاز مثبت ۶ و بدترین پیامد آن تأثیر بر گردشگری با رده C– است. از نظر اقتصادی و اجرایی، امتیاز سایت ۸۵– بوده و عمدتاً در رده D– قرار دارد؛ به‌طوری‌که نشت شیرابه یکی از مهم‌ترین تهدیدها در این سایت است. امتیاز نهایی ۲۰۰– نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت اجتماعی–اقتصادی پایین در این محل است.

بر اساس نتایج، سایت کمپوست دانشگاه گیلان در بخش مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی امتیاز ۸۴– را دارا است و بدترین وضعیت آن در رده منفی C مربوط به کیفیت هوا و آب زیرزمینی قرار دارد. در بخش زیستی و بوم‌شناختی، امتیاز ۴– و رده منفی A برای معیار سلامت عمومی ثبت شد. در بعد فرهنگی و اجتماعی، امتیاز مثبت ۶ و بدترین پیامد در رده D– مربوط به تغییر کاربری زمین است. از نظر اقتصادی و اجرایی، امتیاز ۳۴– در رده C– بیانگر تهدیدهای مرتبط با ضعف مدیریت و پایش است. امتیاز نهایی ۱۰۸– به‌دست آمده و نشان‌دهنده‌ی تهدید بالای فیزیکوشیمیایی است. در مورد تداوم فعالیت سایت سراوان نیز، در بخش مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی امتیاز ۱۳۵– و بدترین وضعیت آن در رده منفی D مرتبط با کیفیت هوا و آب زیرزمینی گزارش شده است. در بخش زیستی و بوم‌شناختی، امتیاز ۱۴۶– و رده D منفی بیانگر تخریب پوشش گیاهی خاص منطقه است. در بخش فرهنگی و اجتماعی، امتیاز ۱۲۱– و پیامد بدترین وضعیت با رده E–، مربوط به تغییر کاربری زمین است. از نظر اقتصادی و اجرایی، امتیاز ۷۵– و رده C– نشان‌دهنده‌ی هزینه‌های

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

پنهان ناشی از تخریب محیط‌زیست است. امتیاز نهایی ۴۷۷- به‌دست آمده که حاکی از آشفتگی شدید در این محل است. در مجموع، نتایج ارزیابی‌ها نشان داد که سایت لاکان بهترین گزینه برای ایجاد محل دفن پسماند است. این سایت دارای پنج معیار منفی در رده B و چهارده معیار با هزینه‌ی اقتصادی بالاتر است که با مدیریت صحیح، کاشت درختان، لایه‌گذاری و طراحی مناسب می‌توان تهدیدهای زیست محیطی آن را به‌طور مؤثر کنترل کرد (شکل ۸).



شکل ۸. نمودارهای کلاس‌های ارزیابی ۴ سایت –OP1 لاکان؛ –OP2 زربال؛ –OP3 کمپوست دانشگاه گیلان و OP4، ادامه فعالیت سایت سراوان (PC– فیزیک و شیمی، BE– زیست‌شناسی و اکولوژی؛ SC– فرهنگ اجتماعی و EC– اقتصادی و اجرایی).

Figure 8. Diagrams of evaluation classes of 4 sites OP1- Lacan; OP2- Zarbal; OP3- Guilan University compost and OP4, continuation of Saravan site activity (PC- physics and chemistry, BE biological and ecological; SC- social culture and EC- economic and executive).

٤. نتیجه گیری

پسماند همواره یکی از چالش‌برانگیزترین بخش‌های مدیریت جوامع انسانی بوده است. توسعه سریع شهرها و صنایع، مصرف بیش از حد منابع طبیعی و تغییرات در الگوی مصرف منجر به تولید حجم عظیمی از پسماند و ظهور بحران‌های عظیم شده است که محیط‌زیست، سلامت و بهداشت انسانی را در معرض خطر قرار داده است. امروزه شهر رشت با جمعیت بالا و سهم مهمان‌نوازی در ۹ ماه سال، از کمبود فضا و مشکلات متعدد در دفن پسماندهای ما رنج می‌برد (Aliakbari-Beidokhti et al., 2017)؛ بنابراین، بر اساس موقعیت سایت کاروان بر پایه الگوهای معمول سیستم‌های تصمیم‌گیری و ترجیحات شخصی کارشناسان و مدیران؛ انتخاب معیارها و ترتیب و مدیریت و عدم شفافیت در نتایج باعث ایجاد مشکل زیست محیطی شدید در این سایت شده است (Yukalang et al., 2018). بر اساس نظریه دو روش، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار که دخالت انسانی در انتخاب سایت به حداقل می‌رسد، محدودیت‌های روش‌های سیستم تصمیم‌گیری را ندارد. نتایج تعیین کرد که روش شبکه عصبی مصنوعی، با در نظر گرفتن امکان ارتباط با تمام معیارهای معرفی‌شده؛ عدم نیاز به تعریف و استانداردسازی همراه با تکرارپذیری بالا و برقراری رابطه پنهان لایه‌ها در لایه‌های مخفی، دقت بالاتری نسبت به روش ماشین بردار دارد، نتایج فوق با دستاوردهای (Aliakbari-Beidokhti et al., 2017) و (Nouri et al., 2013) تأیید می‌شود. نکته تأکید شده در مدل شبکه عصبی مصنوعی، عدم مطلوبیت بالا در کل مساحت شهر رشت بود، بنابراین برنامه مدیریتی نقش کلیدی در این مورد ایفا می‌کند. درباره مناطق مورد نگرانی، نیازهای شهر بیش از حد انتظار به‌دلیل فشار جمعیت و گردشگری است و

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

دستیابی به یک سایت واحد و مدل‌سازی یک سایت به‌دلیل عدم جداسازی و سوزاندن زباله و موارد دیگر در منطقه مطالعه با تهدیدها و مشکلات زیادی همراه است. در این مورد، نتایج را می‌توان با (Barzegar et al., 2020؛ Norsa'adah et al., 2020؛ Yukalang et al., 2018) مقایسه کرد و راه‌حل‌های فنی برای انتخاب چندین سایت و طبقه‌بندی مواد پسماند به کلاس‌های کم‌خطر برای ایجاد سایت مدیریتی مناسب برای پرخطر ارائه داد. در نهایت، انتخاب سه سایت و مقایسه آن‌ها با روش ماتریس سریع، تهدیدها را قبل و بعد از اجرا در هر سایت آشکار خواهد کرد. از نظر ارزیابی پیامدهای زیست محیطی، سایت لاکان در بخش مؤلفه‌های فیزیکی و شیمیایی امتیاز ۳۸-۳۸ داشته است و بدترین رکورد آن به‌عنوان B- منفی مرتبط با کیفیت هوا و کیفیت آب سطحی و زیرزمینی طبقه‌بندی شده است، بر اساس مطالعات (Esmailzadeh et al., 2011). آماده‌سازی بستر سایت، جداسازی حفاری و بستر جداسازی می‌تواند ضریب منفی موجود را به سطح هشدار کاهش دهد. از نظر زیست‌شناسی و اکولوژی، این سایت ۱۷- است و کلاس A منفی است. در منطقه انتخاب‌شده، تنها ۲ هکتار جنگل در ۲۰ سال آینده تخریب خواهد شد. این قابل‌مقایسه با تجربه (Sun et al., 2017) است. در بخش فرهنگی و اجتماعی، سایت لاکان امتیاز مثبتی برابر با ۱۶۴ دارد که هیچ تداخلی با رویدادهای اجتماعی سراوان نخواهد داشت و بدترین پیامدها بر گردشگری و جنبه اجتماعی تأثیر نخواهد گذاشت که از دیدگاه مقاله (Shahabi et al., 2014) قابل‌مقایسه است. قرارداد. در جنبه اقتصادی و اجرایی، امتیاز سایت برابر با ۴۴- است. در کلاس‌ها، نتایج عمدتاً A- هستند. جمع‌آوری و زیرساخت جاده و طول مسیر از نقاط منفی در مورد این سایت هستند؛ بنابراین، بر اساس پیامدهای سایت کاروان که در بزرگراه قزوین-رشت قرار دارد، همیشه هزینه‌های بالاتری تحمیل می‌کند. امتیاز نهایی این بخش ۶۵ است و مطلوبیت اقتصادی عملیاتی بالایی دارد. در اینجا برخی پیشنهادهای عملی برای بهبود مدیریت پسماند در شهر رشت ارائه می‌شود که می‌تواند برای مدیران شهری مفید باشد:

• اجرای استراتژی‌های مدیریت پسماند مؤثر: با توجه به چالش‌های ناشی از تولید بیش از حد پسماند در مناطق شهری مانند رشت، اجرای استراتژی‌های مدیریت پسماند کارآمد برای مقابله با خطرات زیست محیطی و بهداشتی حیاتی است. استفاده از فناوری‌های مدرن مدیریت پسماند، شیوه‌های جداسازی پسماند و ابتکارات بازیافت می‌تواند به کاهش تأثیر پسماند بر محیط‌زیست و بهداشت عمومی کمک کند.

• استفاده از روش‌های پیشرفته مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای شناسایی مکان‌های مناسب مدیریت پسماند، کاهش نیاز به تصمیم‌گیری انسانی و بهبود دقت در انتخاب سایت.

• اجرای برنامه‌های منظم مدیریت پسماند با تمرکز بر جداسازی پسماند و روش‌های دفع پسماند مدرن برای کاهش تولید پسماند و خطرات زیست محیطی.

• انجام ارزیابی‌های دقیق تأثیرات زیست محیطی هنگام انتخاب سایت‌های مدیریت پسماند، اولویت‌بندی عوامل مانند جنبه‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و اجتماعی برای حفظ اکوسیستم و بهبود کیفیت زندگی ساکنان.

• تشویق مشارکت جامعه و ارائه آموزش عمومی کافی در مورد شیوه‌های بهینه مدیریت پسماند و اهمیت حفاظت از محیط‌زیست برای افزایش آگاهی و همکاری عمومی در برنامه‌های مدیریت پسماند.

• ارزیابی و مقایسه گزینه‌های مختلف مدیریت پسماند، اعمال تحلیل‌های اقتصادی و زیست محیطی مختلف برای انتخاب بهترین راه‌حل‌ها و سایت‌های مدیریت پسماند در شهر رشت.

منابع

References

Aliakbari-Beidokhti, Z., Ghazizade, M. J., & Gholamalifard, M. (2017). ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTE DISPOSAL SITE USING RAPID IMPACT ASSESSMENT MATRIX (RIAM) ANALYSIS IN MASHHAD CITY, IRAN. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ), 16(10). [In Persian].

Anagnostopoulos, K. P., Vavatsikos, A. P., Spiropoulos, N., & Kraias, I. (2010). Land suitability analysis for natural wastewater treatment systems using a new GIS add-in for supporting criterion weight elicitation methods. Operational Research, 10, 91-108. doi: 10.1007/s12351-009-0055-5.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

Esmailzadeh, O., Hosseini, S. M., Tabari, M., Baskin, C. C., & Asadi, H. (2011). Persistent soil seed banks and floristic diversity in Fagus orientalis forest communities in the Hyrcanian vegetation region of Iran. Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants, 206(4), 365-372. doi: 10.1016/j.flora.2010.04.024.

Estay-Ossandon, C., & Mena-Nieto, A. (2018). Using a fuzzy TOP-SIS-based scenario analysis to improve municipal solid waste planning and forecasting: a case study of Canary archipelago (1999–2030). Journal of Cleaner Production.

Geneletti, D. (2013). Assessing the impact of alternative land-use zoning policies on future ecosystem services. Environmental Impact Assessment Review, 40, 25-35. doi: 10.1016/j.eiar.2012.12.003.

Gentil, E. C., Damgaard, A., Hauschild, M., Finnveden, G., Eriksson, O., Thorneloe, S., ... & Christensen, T. H. (2010). Models for waste life cycle assessment: Review of technical assumptions. Waste Management, 30(12), 2636-2648. doi: 10.1016/j.wasman.2010.06.004.

Gholamalifard, M., Phillips, J., & Ghazizade, M. J. (2017). Evaluation of unmitigated options for municipal waste disposal site in Tehran, Iran using an integrated assessment approach. Journal of environmental planning and management, 60(5), 792-820. doi: 10.1080/09640568.2016.1181610.

Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., & Frizado, J. P. (2012). Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average. Waste management, 32(2), 287-296. doi: 10.1016/j.wasman.2011.09.023.

Hajehforooshnia, S., Soffianian, A., Mahiny, A. S., & Fakheran, S. (2011). Multi objective land allocation (MOLA) for zoning Ghamishloo Wildlife Sanctuary in Iran. Journal for Nature Conservation, 19(4), 254-262.

Isalou, A. A., Zamani, V., Shahmoradi, B., & Alizadeh, H. (2013). Landfill site selection using integrated fuzzy logic and analytic network process (F-ANP). Environmental earth sciences, 68, 1745-1755. doi: 10.1007/s12665-012-1865-y.

Bahrami, Y., Hassani, H., & Maghsoudi, A. (2021). Landslide susceptibility mapping using AHP and fuzzy methods in the Gilan province, Iran. GeoJournal, 86, 1797-1816. [In Persian].

Balkema, A. J., Preisig, H. A., Otterpohl, R., & Lambert, F. J. (2002). Indicators for the sustainability assessment of wastewater treatment systems. Urban water, 4(2), 153-161.

Barzegar, R., Moghaddam, A. A., Tziritis, E., Adamowski, J., Nassar, J. B., Noori, M., ... & Kazemian, N. (2020). Exploring the hydrogeochemical evolution of cold and thermal waters in the Sarein-Nir area, Iran using stable isotopes (δ18O and δD), geothermometry and multivariate statistical approaches. Geothermics, 85, 101815.

Binder, C. R., Feola, G., & Steinberger, J. K. (2010). Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. Environmental impact assessment review, 30(2), 71-81. doi: 10.1016/j.eiar.2009.06.002.

Brancher, M., Knauder, W., Piringer, M., & Schauberger, G. (2020). Temporal variability in odour emissions: to what extent this matters for the assessment of annoyance using dispersion modelling. Atmospheric Environment: X, 5, 100054. doi: 10.1016/j.aeaoa.2019.100054.

Conti, C., Guarino, M., & Bacenetti, J. (2020). Measurements techniques and models to assess odor annoyance: A review. Environment international, 134, 105261. doi: 10.1016/j.envint.2019.105261.

Danesh, G., Monavari, S. M., Omrani, G. A., Karbasi, A., & Farsad, F. (2021). Detection of suitable areas for waste disposal of petrochemical industries using integrated methods based on geographic information system. Arabian Journal of Geosciences, 14, 1-12. doi: 10.1007/s12517-021-07779-9.

Daneshpour, S. A., & Pajouh, H. D. (2014). Evaluation of Beauty Quality in Urban Landscape Based on the Concept of Time Dimension (Case Study: River Floodway of Zargandeh District, Tehran, Iran). Evaluation, 4(4), 440-450. [In Persian].

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

Shahabi, H., Keihanfard, S., Ahmad, B. B., & Amiri, M. J. (2014). Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. Environmental Earth Sciences, 71, 4221-4233. doi: 10.1007/s12665-013-2816-y.

Srivastava, D., Mueller, M., & Hewlett, E. (2016). Executive Summary. Better Ways to Pay Heal. Care, 9–10. doi: 10.1787/9789264258211-en.

Sun, Z., Cheng, Z., Wang, L., Lou, Z., Zhu, N., Zhou, X., & Feng, L. (2017). The typical MSW odorants identification and the spatial odorants distribution in a large-scale transfer station. Environmental Science and Pollution Research, 24, 7705-7713. doi: 10.1007/s11356-017-8455-1.

Suthar, S., & Sajwan, A. (2014). Rapid impact assessment matrix (RIAM) analysis as decision tool to select new site for municipal solid waste disposal: A case study of Dehradun city, India. Sustainable Cities and Society, 13, 12-19. doi: 10.1016/j.scs.2014.03.007.

Thapa, R. B., & Murayama, Y. (2012). Scenario based urban growth allocation in Kathmandu Valley, Nepal. Landscape and Urban Planning, 105(1-2), 140-148. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.12.007.

Wagh, C. H., & Gujar, M. G. (2014). The environmental impact assessment by using the Battelle Method. International Journal of Science and Research, 3(7), 82-86.

Yang, X., Chen, H., Wang, Y., & Xu, C. Y. (2016). Evaluation of the effect of land use/cover change on flood characteristics using an integrated approach coupling land and flood analysis. Hydrology Research, 47(6), 1161-1171. doi: 10.2166/nh.2016.108.

Yousefloo, A., & Babazadeh, R. (2020). Designing an integrated municipal solid waste management network: A case study. Journal of cleaner production, 244, 118824. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118824.

Yukalang, N., Clarke, B., & Ross, K. (2018). Solid waste management solutions for a rapidly urbanizing area in Thailand: Recommendations based on stakeholder input. International journal of environmental research and public health, 15(7), 1302. doi: 10.3390/ijerph15071302.

Jiang, J., Wang, P., Lung, W. S., Guo, L., & Li, M. (2012). A GIS-based generic real-time risk assessment framework and decision tools for chemical spills in the river basin. Journal of hazardous materials, 227, 280-291. doi: 10.1016/j.jhazmat.2012.05.051.

Kavyanifar, B., Tavakoli, B., Torkaman, J., Mohammad Taheri, A., & Ahmadi Orkomi, A. (2020). Coastal solid waste prediction by applying machine learning approaches (Case study: Noor, Mazandaran Province, Iran). Caspian Journal of Environmental Sciences, 18(3), 227-236. doi: 10.22124/CJES.2020.4135. [In Persian].

Kulisz, M., & Kujawska, J. (2021). Application of artificial neural network (ANN) for water quality index (WQI) prediction for the river Warta, Poland. Journal of Physics: Conference Series, 2130, 012028. doi: 10.1088/1742-6596/2130/1/012028.

Norsa'adah, B., Salinah, O., Naing, N. N., & Sarimah, A. (2020). Community health survey of residents living near a solid waste open dumpsite in Sabak, Kelantan, Malaysia. International journal of environmental research and public health, 17(1), 311. doi: 10.3390/ijerph17010311.

Nouri, H., Ghayour, H., Masoodian, A., Azadi, M., & Ildoromi, A. (2013). The Effect of Sea Surface Temperature and 2m Air Temperature on Precipitation Events in the Southern Coasts of Caspian Sea. Ecopersia, 1(4), 369-383. [In Persian].

Olaya, V. (2004). A gentle introduction to SAGA GIS. The SAGA User Group eV, Gottingen, Germany, 208. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Rahime, M., Gholamalifard, M., & Hesari, A. R. E. (2020). Modelling the temporal and spatial wind energy trend in the Caspian Sea.

Rasoul, A. M., Jalali, R., Abdi, A., Salari, N., Rahimi, M., & Mohammadi, M. (2019). The effect of self-management education through weblogs on the quality of life of diabetic patients. BMC medical informatics and decision making, 19, 1-12. doi: 10.1186/s12911-019-0941-6.

Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. (2021). Global assessment of environment, health and economic impact of the novel coronavirus (COVID-19). Environment, development and sustainability, 23(4), 5005-5015. doi: 10.1007/s10668-020-00801-2.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]

Zahedi Dehuii, L., Qishlaqi, A., & Mortazawi, M. S. (2019). Evaluating the contamination level of total petroleum hydrocarbons (TPHs) and heavy metals in coastal sediments of Tiab Mangroves (Hormozgan Province). Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 35(1), 73-90. [In Persian].

Zangeneh, A., Jadid, S., & Rahimi-Kian, A. (2011). A fuzzy environmental-technical-economic model for distributed generation planning. Energy, 36(5), 3437-3445. doi: 10.1016/j.energy.2011.03.048.

بهرامی، یوسف.، حسنی، ح.، و مقصودی، ع. (۱۴۰۰). نقشه‌برداری آسیب‌پذیری زمین‌لغزش با استفاده از روش‌های AHP و فازی در استان گیلان، ایران. ژئوجورنال، ۸۶، ۱۷۹۷-۱۸۱۶.

دانش‌پور، سیدعبدالهادی.، و پازوخ، ح. د. (۱۳۹۳). ارزیابی کیفیت زیبایی در منظر شهری بر اساس مفهوم بعد زمان (مطالعه موردی: مسیل رودخانه منطقه زرگنده تهران، ایران). ارزیابی، ۴(۴)، ۴۴۰-۴۵۰.

زاهدی دهویی، ل.، قشلاقی، آ.، و مرتضوی، م. س. (۱۳۹۸). ارزیابی سطح آلودگی هیدروکربن‌های نفتی کل (TPHs) و فلزات سنگین در رسوبات ساحلی مانگروهای تیاب (استان هرمزگان). فصلنامه تحقیقات چینه و رسوب‌شناسی، ۳۵(۱)، ۷۳-۹۰.

علی‌اکبری بیدختی، زهرا.، غازی‌زاده، م. ج.، و غلامعلی‌فرد، م. (۱۳۹۶). ارزیابی پیامدهای زیست محیطی مکان دفن زباله‌های جامد شهری با استفاده از تحلیل ماتریس ارزیابی اثرات سریع (RIAM) در شهر مشهد. فصلنامه مهندسی و مدیریت محیط زیست (EEMJ)، ۱۶(۱۰).

کاوانی‌فر، ب.، توکلی، ب.، ترکمن، ج.، محمد طاهری، آ.، و احمدی ارکمی، آ. (۱۴۰۰). پیش‌بینی پسماندهای جامد ساحلی با به‌کارگیری رویکردهای یادگیری ماشینی (مطالعه موردی: نور، استان مازندران، ایران). فصلنامه علوم محیطی خزر، ۱۸(۳)، ۲۲۷-۲۳۶. doi: ۱۰,۲۲۱۲۴/ ۲۰۲۰,۴۱۳۵.CJES

نوری، ح.، غیور، ح.، مسعودیان، ع.، آزادی، م.، و ایلدرومی، آ. (۱۳۹۲). تأثیر دمای سطح دریا و دمای هوای ۲ متری بر رخدادهای بارش در سواحل جنوبی دریای خزر. اکوپرسیا، ۱(۴)، ۳۶۹-۳۸۳.

[DOI: 10.61882/ciauj.10.2.570]