Advanced Modeling in Civil Engineering
Website : https://amcen.razi.ac.ir
Online ISSN : 3060-7620
Razi University

Landfill Site Selection in Gilan Province Using a Boolean Approach

Mehran Karimpour fard [1✉], **Yasamin Zaferanizadeh** [2]

1.Corresponding Author, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. Email: Karimpour_mehran @ iust.ac.ir
2. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. Email: yasaminnoo4@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2025-09-14
Received in revised form
2025-11-22
Accepted
2025-12-10
Available online
2025-12-22

Keywords:
Landfill,
Boolean,
Gilan

ABSTRACT

Developing regions, particularly in the northern provinces of Iran, which are under increasing pressure from population growth and rapid urbanization. Selecting an appropriate site for sanitary landfill plays a decisive role in preventing the pollution of water, soil, and air resources and in reducing ecological and economic impacts. Considering the ecological sensitivity of the Hyrcanian forests and the extremely humid climate of Gilan Province, identifying suitable areas for waste disposal requires a precise, data-driven approach supported by advanced analytical tools.This study aims to identify and evaluate suitable locations for landfill siting in Gilan Province using Geographic Information Systems (GIS) and the Boolean logic model. For this purpose, a set of environmental, human, hydrological, and infrastructural data—including road networks, population centers, surface and groundwater resources, protected areas, forests, slope and topography, geology, and land use—was collected, processed, and converted into standardized raster layers. Then, using Boolean logic and binary classification (suitable/unsuitable), the criteria layers were reclassified based on national landfill regulations and combined through an AND model to ensure that only areas meeting all requirements were selected as suitable zones. The results indicate that the northern and central parts of the province lack the capacity for landfill construction due to high population density, proximity to ecologically sensitive areas, and physiographic constraints. In contrast, the southern regions—particularly the areas surrounding Loshan—demonstrate the highest potential for landfill siting due to their favorable slope conditions, sufficient distance from population centers, and suitable accessibility.

Cite this article: Karimpour fard, Mehran., & Zaferanizadeh, Yasamin. (2025). Landfill Site Selection in Gilan Province Using a Boolean Approach. *Advanced Modeling in Civil Engineering,* 2(2), 16-26.

DOI: 10.22126/amcen.2025.13276.1056

© The Author(s).
Publisher: Razi University
DOI: 10.22126/amcen.2025.13276.1056

Introduction

Solid waste management is one of the most significant environmental challenges in developing countries, particularly in Iran. Rapid population growth, increasing urbanization, expansion of economic activities, and changes in consumption patterns have led to a continuous rise in both the volume and diversity of municipal solid waste. This trend underscores the urgent need for precise and scientific planning to ensure proper waste disposal and sustainable management. Selecting an appropriate site for sanitary landfill—considered the final and most enduring stage of waste management—plays a crucial role in minimizing environmental and economic impacts. An unsuitable landfill location can contaminate water, soil, and air resources, disrupt ecosystems, and impose substantial financial burdens on urban management systems. Gilan Province, characterized by its humid climate, high population density in urban areas, ecological sensitivity of the Hyrcanian forests, and extensive topographic constraints, is one of the most complex and challenging regions in the country for landfill site selection. These conditions significantly increase the necessity of utilizing precise analytical tools such as Geographic Information Systems (GIS) and logical decision-making models. In the present study, suitable and unsuitable zones for landfill construction in Gilan Province were identified using environmental, socio-economic, and infrastructural data combined with Boolean logic modeling in a GIS environment. The analyses indicate that the northern and central parts of the province have limited potential for landfill development due to the presence of dense Hyrcanian forests, proximity to population centers, and topographic constraints. In contrast, the southern regions of the province, benefiting from more favorable environmental conditions and better accessibility, present more optimal options for landfill siting.

Method

Gilan Province, located along the southern Caspian Sea, is a densely populated and ecologically sensitive region. This study estimates total waste generation, required landfill area, and landfill design capacity for the years 1404–1424 using population forecasts, per capita waste production, and waste density. With an annual growth rate of 0.69%, the province's population is projected to reach approximately 2.97 million by 1424. Two scenarios—semi-compacted waste (400 kg/m^3) and compacted waste (800 kg/m^3)—were used to evaluate how waste density affects land requirements, showing that compaction significantly reduces the needed landfill area.

For landfill site selection, extensive spatial, environmental, topographic, and infrastructural datasets were collected from OSM, geological maps, and hydrological sources and validated using Google Earth. GIS-based analysis combined with Boolean logic (0–1 suitability classification) was applied to identify suitable and unsuitable zones. In this method, areas meeting environmental and technical criteria were assigned a value of 1 (suitable), while

restricted or environmentally sensitive areas were assigned a value of 0 (unsuitable). This binary model enabled clear identification of potential landfill zones.

Results

The present study showed that selecting a landfill site in Gilan Province, due to high population density, environmental sensitivity, and physiographic constraints, requires a precise analysis of environmental, human, and infrastructural data. Using GIS and the Boolean logic model, suitable and unsuitable areas were systematically identified, revealing that the northern and central regions of the province, due to the presence of Hyrcanian forests and high population density, are not appropriate options for waste disposal.
Ultimately, an area located northwest of Lushan city was selected as the final landfill site, as it has suitable road access, an optimal slope, a reasonable distance from population centers, and lower environmental impacts compared to other options. The results of this study can assist in sustainable waste management planning in Gilan Province and provide a solid scientific basis for decision-making by managers and policymakers.

Conclusions

This study demonstrates that landfill site selection in Gilan Province is a complex task due to high population density, environmental sensitivity, and physiographic constraints. By integrating environmental, demographic, and infrastructural data within a GIS framework and applying Boolean logic, suitable and unsuitable areas were systematically identified. The analysis revealed that northern and central regions, characterized by dense Hyrcanian forests and high population concentrations, are not appropriate for waste disposal.

The final selected site, located northwest of Lushan city, offers optimal road access, suitable slope, a reasonable distance from population centers, and minimized environmental impacts. These findings provide a scientific basis for sustainable waste management planning and can guide policymakers and urban managers in making informed decisions for long-term waste disposal in Gilan Province.Author Contributions.

Author Contributions

author participated in writing and revising the article.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

مدل‌سازی پیشرفته در مهندسی عمران
وبگاه نشریه : https://amcen.razi.ac.ir
شاپا الکترونیکی : ۷۶۲۰-۳۰۶۰
دانشگاه رازی

مکان یابی محل دفن زباله استان گیلان با رویکرد بولین

مهران کریم‌پور فرد [۱]✉، یاسمین زعفرانی‌زاده [۲]

۱. نویسنده مسئول،گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران، ایران. رایانامه: Karimpour_mehran@iust.ac.ir
۲. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه علم وصنعت ایران، تهران، ایران رایانامه:yasaminnoo4@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۶/۲۳

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۹/۰۱

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۹/۱۹

تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
مکان یابی،
استان گیلان،
بولین

چکیده

مدیریت اصولی پسماندهای جامد شهری یکی از اصلی‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در مناطق در حال توسعه، به‌ویژه در استان‌های شمالی ایران است که تحت فشار رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی قرار دارند. انتخاب محل مناسب برای دفن بهداشتی پسماند نقش تعیین‌کننده‌ای در پیشگیری از آلودگی منابع آب، خاک و هوا و کاهش پیامدهای اکولوژیکی و اقتصادی دارد. با توجه به حساسیت اکولوژیکی جنگل‌های هیرکانی و رطوبت بسیار بالای اقلیم گیلان، تعیین پهنه مناسب برای دفن پسماند در این استان نیازمند رویکردی دقیق، داده‌محور و مبتنی بر ابزارهای تحلیلی پیشرفته است.این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی نواحی مناسب برای دفن پسماند در استان گیلان، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل منطق بولین بهره گرفته است. برای این منظور، مجموعه‌ای از داده‌های محیطی، انسانی، هیدرولوژیکی و زیرساختی شامل شبکه راه‌ها، مراکز جمعیتی، منابع آب سطحی و زیرزمینی، مناطق حفاظت‌شده، جنگل‌ها، زمین‌شناسی گردآوری و پس از پردازش اولیه، به لایه‌های رستری استاندارد تبدیل شد. سپس با استفاده از روش بولین و طبقه‌بندی باینری (مجاز/غیرمجاز)، لایه‌های معیار بر اساس ضوابط ملی دفن پسماند بازطبقه‌بندی و در قالب مدل AND روی‌هم‌گذاری شدند تا تنها نواحی مطلوب از نظر تمامی معیارها شناسایی شود. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که بخش‌های شمالی و مرکزی استان، به دلیل تراکم بالای جمعیت، نزدیکی به مناطق حساس اکولوژیکی و محدودیت‌های فیزیوگرافی، ظرفیت مناسبی برای احداث لندفیل ندارند. در مقابل، نواحی جنوبی استان به‌ویژه اطراف لوشان ، با برخورداری از شیب مناسب، فاصله کافی از مراکز جمعیتی و قابلیت دسترسی مطلوب، بیشترین پتانسیل را برای انتخاب محل دفن دارند.

استناد: کریم‌پور فرد، مهران؛ زعفرانی‌زاده، یاسمین. (۱۴۰۴). مکان‌یابی محل دفن زباله استان گیلان با رویکرد بولین. *مجله مدل‌سازی پیشرفته در مهندسی عمران*، ۲(۲)،۲۶-۱۶. DOI: 10.22126/amcen.2025.13276.1056

ناشر: دانشگاه رازی.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

مدیریت پسماندهای جامد شهری یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه به‌ویژه ایران است. رشد سریع جمعیت، افزایش شهرنشینی، گسترش فعالیت‌های اقتصادی و تغییر الگوی مصرف سبب شده است حجم و تنوع پسماندهای تولیدی در شهرها به‌طور مستمر افزایش یابد. این روند، ضرورت برنامه‌ریزی دقیق و علمی برای دفع و مدیریت اصولی پسماند را بیش از پیش برجسته می‌سازد. انتخاب محل مناسب برای دفن بهداشتی زباله، به‌عنوان آخرین و پایدارترین مرحله مدیریت پسماند، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی دارد؛ زیرا انتخاب نامناسب مکان دفن می‌تواند منجر به آلودگی منابع آب، خاک و هوا، تخریب زیست‌بوم‌ها و تحمیل هزینه‌های سنگین به مدیریت شهری شود.

استان گیلان با ویژگی‌هایی چون اقلیم بسیار مرطوب، تراکم بالای جمعیت در نواحی شهری، حساسیت اکولوژیکی جنگل‌های هیرکانی و محدودیت‌های گسترده توپوگرافی، یکی از مناطق پیچیده و چالش‌برانگیز کشور در زمینه مکان‌یابی محل دفن پسماند به شمار می‌رود. این شرایط لزوم بهره‌گیری از ابزارهای دقیق تحلیلی مانند سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)[1] و مدل‌های تصمیم‌گیری منطقی را دوچندان می‌کند.

در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های محیطی، انسانی و زیرساختی و به‌کارگیری مدل منطق بولین در محیط GIS، نواحی مناسب و نامناسب برای دفن پسماند در سطح استان گیلان شناسایی شده‌اند. تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که نواحی شمالی و مرکزی استان به‌دلیل حضور جنگل‌های انبوه هیرکانی، نزدیکی به مراکز جمعیتی و محدودیت‌های فیزیوگرافی، قابلیت چندانی برای احداث لندفیل ندارند؛ در حالی که مناطق جنوبی استان به‌واسطه شرایط مناسب‌تر محیطی و دسترسی مطلوب، گزینه‌های بهینه‌تری محسوب می‌شوند.

۲. بیشینه پژوهش

مدیریت پسماند و انتخاب محل مناسب برای دفن زباله از دهه‌های گذشته یکی از موضوعات پراهمیت در حوزه مهندسی محیط‌زیست و برنامه‌ریزی شهری بوده است. مطالعات اولیه در این زمینه بیشتر بر معیارهای ساده‌ای مانند فاصله از مناطق مسکونی و منابع آب تمرکز داشتند؛ اما با پیشرفت فناوری‌های تحلیل مکانی، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌تدریج به یکی از ابزارهای اصلی در مکان‌یابی لندفیل تبدیل شد.

در پژوهش‌های بین‌المللی، روش‌هایی مانند منطق بولین، AHP[2]، ANP[3]، WLC[4]، مدل‌های فازی و روش‌های چندمعیاره تلفیقی برای انتخاب محل دفن به‌کار گرفته شده‌اند. در بسیاری از این مطالعات، GIS به‌عنوان بستری قدرتمند برای ترکیب لایه‌های محیطی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و انسانی معرفی شده است.

مطالعه‌ای امیدیخواه دیلمی و همکاران، [۱] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)[5] و روش غربال منطقه‌ای و محلی، مناطق مناسب دفن زباله از منظر عوامل طبیعی، کاربری اراضی، اقتصادی و ضوابط محیط زیست شناسایی شدند. در این تحقیق، چندین منطقه با مساحت حدود ۲۷۷۰ هکتار در مقیاس منطقه‌ای و ۲۱۰۵ هکتار در مقیاس محلی برای دفن بهداشتی پیشنهاد گردید. با شناسایی شاخص‌های مختلف دفن زباله و فازی سازی لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هر شاخص در نرم افزار ArcGIS، بهترین مناطق برای دفن زباله تحلیل شده اند و نهایتاً اعلام شده که در سطح شهرستان رشت مناطق مناسبی جهت دفن وجود ندارد و باید برای دفن زباله به نقاطی خارج از محدوده شهری مراجعه کرد. همچنین گزارش شده بیش از ۲۲ مرکز دفن غیراصولی در استان گیلان فعال است که نیازمند مدیریت بهتر و برنامه‌های فرهنگ‌سازی است[۲].

مطالعه‌ای توسط امیرسلیمانی و همکاران (۱۳۹۹)[۳] انجام شده است این مطالعه با به کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و

[1] Geographic Information System

[2] Analytical Hierarchy Process
[3] Analytic Network Process
[4] Weighted Linear Combination
[5] Geographic Information System

روش تحلیل سلسله مراتب (AHP)، معیارهای متنوع زیست محیطی، اقتصادی و کاربری اراضی شامل شیب زمین، نوع کاربری اراضی، فاصله از سکونتگاه‌ها، مسیرهای آب سطحی، زمین شناسی، خصوصیات خاک، دسترسی به راه‌ها و پارامترهای مؤثر دیگر را شناسایی و وزندهی کرده است. سپس با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی گوناگون، مناطق مناسب و نامناسب برای ایجاد محل دفن بهداشتی پسماندهای شهری در استان مازندران تعیین شدهاند. یافته‌ها نشان می‌دهد سهم قابل توجهی از مساحت استان مازندران به دلیل شرایط زیست محیطی حساس، محدودیت‌های کاربری اراضی و عوامل اقتصادی، فاقد مناطق مناسب برای دفن بهداشتی زباله می‌باشد. خوش روش و همکاران با استفاده از رویکرد بولین و روش وزن دهی و با در نظر گرفتن تمام معیارهای محیطزیستی، زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، توپوگرافی، اقلیمی، خصوصیات خاک، مناطق حفاظت‌شده، نوارهای حفاظتی خطوط انتقال نفت، آب و برق، جاده‌ها، مناطق جمعیتی و سایر معیارهای قانونی در انتخاب محل دفن پسماند صنعتی نشان داد که ۲۲.۶ درصد از مساحت استان مازندران با ۱۵ معیار محیطزیستی در تضاد است[۴].

نورمندی پور و همکاران(۱۳۹۴) موقعیت بهینه سایت‌ها بر اساس پارامترهایی مانند فاصله از محل جمع‌آوری زباله تا مرکز دفن، فاصله از راه، کاربری اراضی، هیدرولوژی، خاک، زمین‌شناسی، شکل زمین، جهت جریان آب زیرزمینی، شرایط اقلیمی (باد و بارش) و پذیرش مردمی تعیین شد. سایت شماره یک در پنج کیلومتری جنوب شرق شهر بهترین گزینه بود که از نظر نزدیکی به جاده دسترسی مناسبی داشت، فاصله‌اش نسبت به شهر به گونه‌ای بود که مشکل حمل و انتقال زباله ایجاد نمی‌شد و در موقعیت زیست‌محیطی مناسبی قرار داشت چون در پایین دست بادهای غالب و جریان آب زیرزمینی بود و مشکلات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رساند. آسفا[6] و همکاران از روش تحلیل سلسه مراتبی در اتیوپی شرقی استفاده کردند و به عوامل زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی مانند نزدیکی به آب‌های زیرزمینی، فاصله از مناطق مسکونی، کاربری اراضی، شیب و جهت باد وزن دادند. نتایج آن‌ها یک شاخص مناسب برای مکان‌یابی محل دفن زباله را شناسایی کرد که منافع متضاد را متعادل می‌کرد و نقشه‌های مناسبی را برای راهنمایی تصمیم‌گیرندگان تولید کرد[۵].

در ترکیه، در یک مطالعه مکان‌های دفن زباله با رویکرد تحلیل سلسه مراتبی در منطقه حوضه آبریز دریاچه بی شهیر، را منطقه‌ای که نیاز به حفاظت از دریاچه آب شیرین بزرگ خود دارد، بررسی کنند. آن‌ها ملاحظات زمین‌شناسی، آب‌زمین‌شناسی، کاربری اراضی، شیب و فاصله از سکونتگاه‌ها و آب‌ها را به عنوان معیار در نظر گرفتند. تجزیه و تحلیل آنها زمین را به چهار کلاس مناسب طبقه‌بندی کرد که تنها ۳.۲۴ درصد آن بسیار مناسب و ۷۳.۷درصد نامناسب تشخیص داده شد و در نتیجه دو مکان کاندید دفن زباله پیشنهاد شد که نیاز به اعتبارسنجی میدانی بیشتری دارند[۶].

دلگادو و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که منطق بولی نسبت به مدل‌های فازی یا مبتنی بر شاخص، از پیچیدگی کمتری برخوردار است و محدودکننده‌تر است، اما نیازی به وزن‌دهی برای معیارها ندارد که کاربرد آن را ساده‌تر می‌کند[۷].

۳. مواد وروش ها

۳-۱. شناخت محدوده مطالعاتی

استان گیلان در جنوب دریای خزر واقع شده و یکی از سرسبزترین و مرطوب‌ترین استان‌های کشور به حساب می‌آید. گستردگی دشت‌های ساحلی، دامنه‌های البرز غربی، جنگل‌های هیرکانی و تنوع زیاد منابع آب سطحی، موجب شده است این استان یکی از پیچیده‌ترین بسترهای طبیعی برای استقرار زیربناهای مرتبط با دفن پسماند باشد. این استان بین عرض‌های جغرافیایی حدود ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی قرار دارد. مرز شمالی گیلان را دریای خزر تشکیل می‌دهد که طول خط ساحلی استان را به حدود ۲۱۰ کیلومتر می‌رساند. این استان از شمال به دریای خزر و کشور آذربایجان (از طریق مرز آستارا)، از جنوب به استان‌های زنجان و قزوین، از غرب به استان اردبیل و از شرق به استان مازندران محدود می‌شود. گیلان دارای ۱۶ شهرستان، ۵۲ شهر، ۴۳ بخش و بیش از ۱۰۹ دهستان است.

[6] Asefa

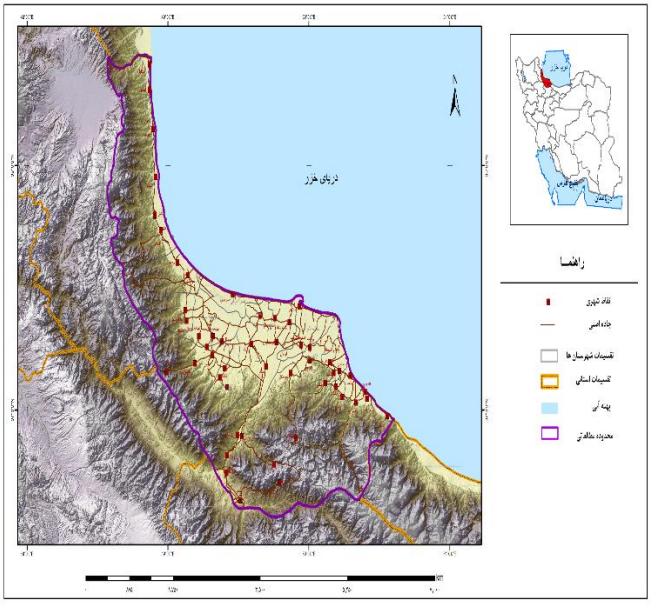
بارندگی سالانه در برخی مناطق به بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر می‌رسد و این مقدار بارش، احتمال نفوذ شیرابه به سفره‌های زیرزمینی را تا حد زیادی افزایش می‌دهد. از این‌رو توجه به هیدرولوژی و زمین‌شناسی منطقه اولویت دارد.

۳-۲. ویژگی‌های زیست‌محیطی

یکی از مهم‌ترین ملاحظات دفن در گیلان، حضور جنگل‌های هیرکانی است که قدمتی میلیون ساله دارند و در سطح جهانی ارزش اکولوژیکی بی‌نظیری دارند. قرارگیری بخش قابل توجهی از این جنگل‌ها در نواحی شمالی و مرکزی استان سبب شده است که این مناطق کاملاً برای دفن پسماند نامناسب باشند. همچنین وجود تالاب انزلی و شبکه گسترده رودخانه‌ها حساسیت منطقه را دوچندان می‌کند.

۳-۳. ویژگی‌های انسانی

گیلان استانی با تراکم جمعیتی بالا است. روستاها و شهرها در نزدیکی یکدیگر قرار دارند و همین مسأله محدوده‌های غیرقابل دفن را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، محبوبیت گردشگری استان سبب شده است که مناطق گسترده‌ای از نظر اجتماعی حساس تلقی شوند.



شکل۱. استان گیلان

۳-۴. برآورد حجم کل پسماند

مساحت مورد نیاز برای دفن، و طراحی ظرفیت لندفیل برای استان گیلان طی ۲۰ سال آینده (۱۴۲۴–۱۴۰۴) یکی از پارامترهای مهم جهت برنامه ریزی و مکان یابی محل دفن می‌باشد. این برآوردها بر اساس داده‌های جمعیتی، نرخ رشد جمعیت، تولید سرانه پسماند و چگالی زباله انجام شده است. دو سناریو در نظر گرفته شده است. زباله نیمه‌فشرده با چگالی ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و زباله فشرده با چگالی ۸۰۰ کیلوگرم برمتر مکعب است. این مقایسه امکان تحلیل تأثیر فشرده‌سازی بر کاهش نیاز به زمین و بهینه سازی طراحی لندفیل را فراهم می‌کند. روش‌هایی زیادی برای برآورد جمعیت وجود دارد در مطالعه حاضر از فرمول(۱) استفاده شده است.

$$p_t = p_0 \times (1 + r)^t \qquad (۱)$$

p_0 = جمعیت پایه،

r = نرخ رشد سالانه

t = تعداد سال‌ها است.

استان گیلان به عنوان یکی از استان‌های پرجمعیت ناحیه شمالی کشور، در دهه‌های اخیر روندی نسبتاً پایدار اما ملایم در رشد جمعیت تجربه کرده است. بر اساس آمار سال پایه ۱۴۰۴، جمعیت این استان حدود ۲٬۵۹۴٬۰۰۰ نفر برآورد شده است. برای پیش‌بینی جمعیت سال‌های آتی، از مدل رشد نمایی و نرخ رشد سالانه ۰/۶۹ درصد استفاده شده که نشان‌دهنده روند افزایشی محدود اما مستمر در جمعیت استان است. با اعمال این نرخ رشد در بازه ۲۰ ساله ۱۴۰۴ تا ۱۴۲۴، جمعیت گیلان در سال ۱۴۲۴ به حدود ۲٬۹۷۱٬۰۰۰ نفر خواهد رسید.

تولید سالانه زباله هر استان با ضرب جمعیت سال در تولید سرانه پسماند (۰/۸ کیلوگرم/نفر/روز) و تبدیل به تن محاسبه شده است. حجم کل زباله برای دوره ۲۰ ساله با استفاده از چگالی زباله (۴۰۰ یا ۸۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب)در نظر گرفته شده است . بر اساس عمق مفید ۱۵ متر برای سلول‌های لندفیل، مساحت لازم برای دفن پسماند گیلان در سناریوی چگالی ۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب حدود ۲۷۸ هکتار محاسبه شده است. با لحاظ کردن ۳۰ درصد

فضای جانبی شامل مسیرهای دسترسی، زهکشی، پوشش روزانه، تأسیسات و سلول‌های خالی، مساحت نهایی به ۳۶۰ هکتار افزایش می‌یابد. در مقابل، در سناریوی فشرده‌سازی (۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب)، مساحت لازم برای دفن زباله ۱۳۹ هکتار و مساحت نهایی با احتساب فضاهای جانبی ۱۸۱ هکتار خواهد بود.

۳-۵. مکان یابی محل دفن زباله

یکی از مهم‌ترین مراحل در مدیریت پسماندهای جامد شهری، انتخاب مکانی مناسب برای دفن بهداشتی زباله‌ها است. انتخاب نادرست محل دفن می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی قابل توجهی به دنبال داشته باشد و منابع آب، خاک و هوای منطقه را آلوده سازد. از این‌رو، مکان‌یابی صحیح لندفیل با در نظر گرفتن معیارهای محیط‌زیستی، فنی، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مدیریت پسماندهای جامد به ویژه پسماندهای سمی و خطرناک یکی از الزامات اجتناب ناپذیر مدیریت پسماند شهری است. با افزایش سریع جمعیت، شهرنشینی گسترده، مهاجرت از روستا به شهر و تغییر عادات مصرف، تولید زباله‌های جامد شهری به طور مداوم افزایش یافته و تنوع یافته است. این موضوع اکنون به یکی از اولویت‌های اصلی مقامات شهری تبدیل شده است که می‌تواند شامل روشهای مختلفی از قبیل دفن ،سوزاندن، کمپوست و بازیافت باشد. در استان‌های شمالی کشور به‌ویژه گیلان روش دفن زباله همچنان به‌عنوان اصلی‌ترین شیوه دفع پسماند به کار می‌رود. علت این امر را می‌توان در مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی، اقتصادی و فنی جست‌وجو کرد. شرایط آب‌وهوایی مرطوب و بارندگی‌های فراوان این مناطق باعث شده استفاده از روش‌هایی مانند سوزاندن و کمپوست‌سازی با چالش‌هایی نظیر رطوبت بالای زباله و هزینه زیاد خشک‌سازی مواجه شود.

۳-۵-۱. تهیه داده های مکانی

برای انجام تحلیل‌ها و مکان‌یابی مناسب مراکز دفن زباله ابتدا داده‌های مکانی، اقلیمی، زیست‌محیطی، توپوگرافی و انسانی جمع‌آوری شد. این داده‌ها شامل اطلاعات شهرها و جاده‌ها، چاه‌ها و چشمه‌ها، خطوط انتقال گاز و شبکه برق فشار قوی، مناطق صنعتی، گردشگری، باستانی و تاریخی، مناطق روستایی، مراکز آموزشی و درمانی، مناطق حفاظت‌شده، سدها، فرودگاه‌ها، تالاب‌ها و باتلاق‌ها، رودخانه‌ها، گسل‌ها، آبخوان‌ها و نقشه زمین‌شناسی استان‌ها است. که برای جمع آوری داده‌ها از داده‌های مکانی از (osm)[7] نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰٬۰۰۰ و اطلاعات هیدرولوژیکی از سازمان آب منطقه‌ای استفاده شده است. داده‌های استخراج شده با استفاده از نرم افزار Google earth اعتبار سنجی شده‌اند.

۳-۵-۲. محدودیت‌های دفن

انتخاب محل مناسب برای دفن زباله نیازمند بررسی معیارهای زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، جغرافیایی و اجتماعی است. معیارهای زیست‌محیطی شامل عمق آب زیرزمینی، فاصله از چاه‌ها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، باتلاق‌ها و مناطق حفاظت‌شده است که هدف آن جلوگیری از نفوذ شیرابه و حفظ اکوسیستم‌هاست. معیارهای زمین‌شناسی شامل نوع سازند، وجود گسل و مناطق کارستی بوده و نقش مهمی در کنترل جریان شیرابه و پایداری محل دفن دارند. از نظر جغرافیایی و اجتماعی، رعایت فاصله مناسب از جاده‌ها، فرودگاه‌ها، خطوط انتقال نیرو و گاز، مناطق مسکونی، گردشگری و باستانی و همچنین توجه به ارزش زمین، برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی ضروری است. رعایت این معیارها ضمن کاهش ریسک آلودگی منابع آب و خاک، حفاظت از تنوع زیستی و سلامت جامعه، زمینه بهره‌برداری بهینه از زمین را فراهم می‌کند.

روش این پژوهش بر پایه تحلیل‌های مکانی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و به‌کارگیری مدل منطق بولین برای شناسایی نواحی مناسب دفن پسماند در استان گیلان است. این روش به‌گونه‌ای طراحی شده است که با تلفیق داده‌های محیطی، انسانی، زیرساختی و فیزیوگرافی، نواحی دارای کمترین حساسیت زیست‌محیطی و بیشترین قابلیت فنی انتخاب شوند. مراحل انجام تحقیق به‌صورت زیر است .برای شناسایی مناطق مناسب، از روش باینری (Boolean) استفاده شد که بر اساس معیارهای «مجاز یا غیرمجاز» بودن مناطق، توانایی حذف سریع و موثر نواحی نامناسب را فراهم می‌کند. این روش به دلیل سادگی و وضوح در تعیین محدودیت‌ها، در مطالعات محیط زیستی و مکان‌یابی سایت‌های صنعتی و دفن زباله بسیار کاربرد دارد.

[7] Open street map

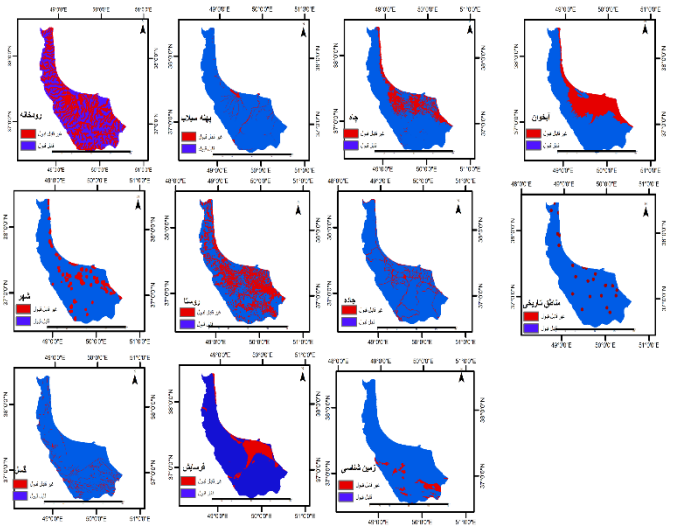
با استفاده از افزونه Distance در GIS، حریم‌های ذکر شده در جدول (۱) که این محدودیت‌ها بر اساس ضوابط دفن پسماندهای عادی و ویژه هستند[۸] اعمال شده است و این فاصله‌ها به لایه‌های رستری تبدیل شدند تا امکان تحلیل مکانی و تلفیق با سایر لایه‌ها فراهم گردد. در مرحله بعد، با بهره‌گیری از افزونه Reclassify، فواصل را دو دسته مجاز و غیرمجاز تقسیم شد؛ مناطق مجاز با امتیاز یک و مناطق غیرمجاز با امتیاز صفر مشخص شدند. این فرآیند باعث شد تمامی معیارهای محیطی و انسانی به صورت استاندارد و قابل تحلیل در مدل لحاظ شوند .در نهایت، لایه‌های رستری امتیازدهی‌شده با استفاده از روش روی هم‌گذاری AND تلفیق شدند و تنها مناطقی که در تمامی لایه‌ها مجاز بودند به عنوان مناطق مناسب دفن زباله شناسایی گردیدند. این روش اطمینان می‌دهد که انتخاب مکان کاملاً علمی و مبتنی بر داده‌های مکانی و محیطی انجام شده است. نتایج حاصل با استانداردها و آیین‌نامه‌های ملی مطابقت داده شد.

جدول ۱. محدودیت‌های دفن زباله

نوع / محدودیت	حداقل فاصله الزامی
تالاب، باتلاق، مرداب، دریاچه، برکه	۱۰۰۰متر
آب‌های جاری	۱۰۰۰متر
سواحل شمالی و جنوبی کشور	۱۰۰۰ متر
چاه آب و چشمه	۴۰۰ متر
سازه‌های هیدرولیکی	۱۰۰۰متر
محدوده خطر زمین‌لرزه	۲۰۰ متر
مناطق حفاظتی محیط‌زیست	۱۰۰۰متر
فرودگاه بین‌المللی	۸۰۰۰متر
فرودگاه محلی	۳۰۰۰متر
مراکز تاریخی و باستانی	۳۰۰۰متر
جاده‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها	۳۰۰ متر
زیارتی،مسکونی،بیمارستانی،آموزشی،گردشگری	۱۰۰۰متر
خطوط انتقال نیرو، نفت و گاز	۵۰۰ متر
آبخوان	ممنوع
گسل	۲۰۰ متر
زمین شناسی	ستگ های انحلال پذیر و مناطق فرسایش شدید ممنوع
پهنه سیلاب ۱۰۰ ساله	ممنوع

۴. بحث و نتایج

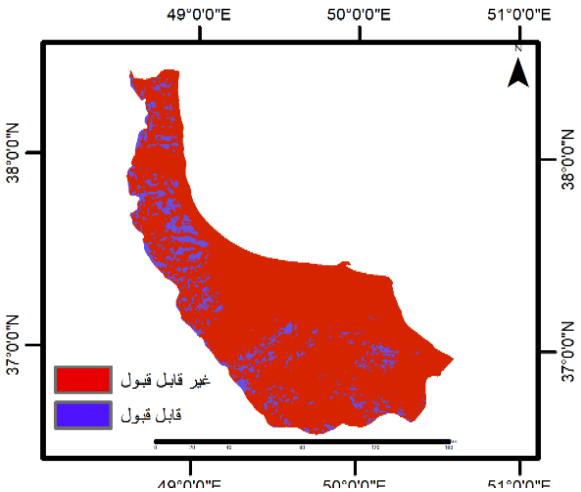
از روی‌هم‌گذاری لایه‌های مختلف مکانی با بهره‌گیری از روش منطق بولین، مشخص گردید که درشکل ۲ تاثیر گذارترین معیارها آورده شده است .



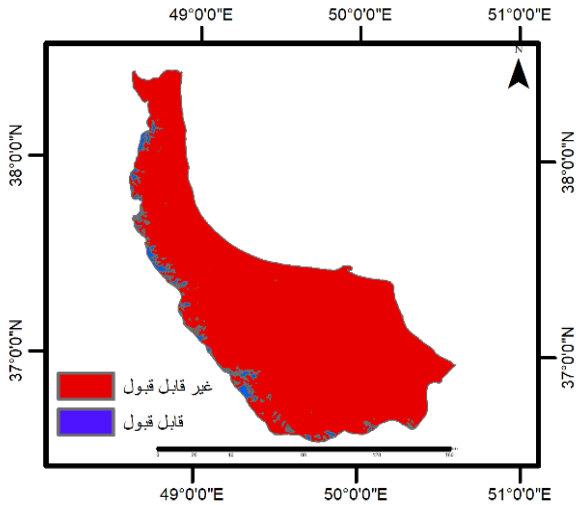
شکل۲. تاثیر گذارترین معیارها به صورت بولین

پس از روی هم گذاری تمامی معیارهای ذکر شده در جدول(۱) شکل (۳) به دست آمده که بیانگر آن است که بخش عمده نواحی مناسب برای استقرار مرکز دفن عمدتاً در قسمت‌های جنگلی و جنوبی استان و محدوده‌های کوهپایه‌ای البرز واقع شده‌اندر مناطق میانی و کوهستانی استان پوشش گیاهی جنگل‌های هیرکانی که شامل گونه‌های متراکم و منحصربه‌فردی همچون راش، ممرز، توسکا و شمشاد هستند، وجود دارد و از منظر زیست‌محیطی جزء اکوسیستم‌های حساس و مهم کشور محسوب می‌شوند. با توجه به ارزش حفاظتی پوشش گیاهی هیرکانی در این منطقه، انتخاب نهایی سایت‌های دفن باید با نهایت دقت و رعایت شاخص‌های زیست‌محیطی انجام گیرد، تا ضمن تأمین نیازهای اجرایی پروژه، از وارد آوردن آسیب به اکوسیستم جنگلی و منابع طبیعی استان جلوگیری شود. به همین دلیل، مکان‌های قطعی انتخاب شده برای تحلیل تفصیلی، عمدتاً در بخش‌های جنوبی و نواحی کوهپایه‌ای قرار گرفته‌اند که ضمن نزدیکی به زیرساخت‌ها، حداقل تأثیر مخرب

بر پوشش گیاهی ارزشمند گیلان را خواهند داشت. پس از بررسی پهنه‌های موجود اکثر پهنه ها در مناطق کوهستانی بدون جاده‌های درسترسی مناسب هستند.



شکل۳. مکان یابی محل دفن زباله استان گیلان

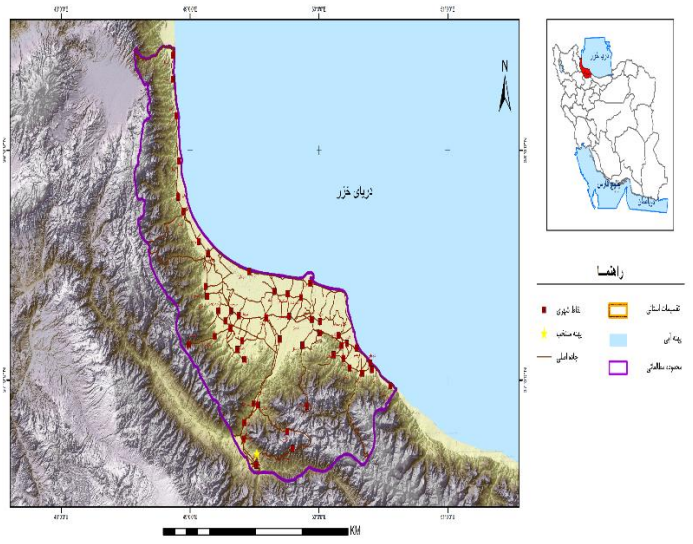


شکل۴. مکان یابی محل دفن زباله استان گیلان پس از حذف جنگل های هیرکانی

شکل۵. پهنه منتخب

۴-۱. پهنه منتخب

نهایت در شمال غربی شهر لوشان و در فاصله ۶ کیلومتری این شهر واقع شده است و فاصله ان از شهر رشت حدود ۸۷ کیلومتر می‌باشد و دارای یک جاده فرعی است که دسترسی به پهنه منتخب را راحتر می‌کند. شیب این پهنه ۳ درصد است.این پهنه با مساحت۵۵ هکتار به عنوان پهنه منتخب انتخاب گردیده است. شکل(۵)یک تصویر هوایی از پهنه انتخابی و شکل(۶) موقعیت این پهنه در استان را نشان می‌دهد.



شکل۶. موقعیت پهنه منتخب در استان

۵. نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که انتخاب محل دفن پسماند در استان گیلان به دلیل تراکم بالای جمعیت، حساسیت‌های زیست‌محیطی و محدودیت‌های فیزیوگرافی، نیازمند تحلیل دقیق داده‌های محیطی، انسانی و زیرساختی است. با استفاده از GIS و مدل منطق بولین، بر اساس ضوابط زیست محیطی دفن پسماند ایران نواحی مناسب و نامناسب به‌طور نظام‌مند شناسایی شد و مشخص شد که نواحی شمالی و مرکزی استان به دلیل جنگل‌های هیرکانی و تراکم جمعیت بالا، گزینه‌های مناسبی برای دفن پسماند نیستند.اکثر پهنه های مناسب در مناطق جنوبی استان قرار گرفتند که فاقد پوشش گیاهی و فاید مسیر دسترس مناسب به پهنه هستند. همچنین به دلیل واقع شدن این پهنه ها در مناطق کوهستانی اغلب این مناطق دارای فیزیوگرافی غیر مناسب و شیب های تند هستند.

در نهایت، پهنه‌ای واقع در شمال‌غربی شهر لوشان به‌عنوان محل نهایی دفن انتخاب شد، چرا که دسترسی جاده‌ای مناسب، شیب مطلوب و فاصله معقول از مراکز جمعیتی دارد و اثرات زیست‌محیطی آن نسبت به سایر گزینه‌ها کمتر است. نتایج این مطالعه می‌تواند به برنامه‌ریزی پایدار مدیریت پسماند در استان گیلان کمک کرده و پایه علمی محکمی برای تصمیم‌گیری مدیران و سیاست‌گذاران فراهم آورد. وجود پهنه های مناسب کم در این استان بیانگر نیاز به بنیان گذاری مقرارت پسماندی جهت بازیافت و تفکیک از مبدا پسماندهای شهری است.

منابع

[۱] امیدی خواه دیلمی, م.، م. منوری, ق. عمرانی, مکان یابی جایگاه دفن زباله در شرق استان گیلان بر اساس روش غربال منطقه‌ای و محلی. مجله علمی " آمایش سرزمین ", ۲۰۱۳. ۵(۱): 132-101 .p.

[۲] نیک زاد, و همکاران.، مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل فرایند شبکه‌ای فازی (FANP) (مطالعه موردی: شهرستان علی‌آباد). جغرافیا و مخاطرات محیطی, ۲۰۱۷. ۶(۱): 87-67 .p.

[۳] امیرسلیمانی, ی.، ع. عابسی, ی. ابراهیمان قاجاری, ارزیابی محدودیتهای مکانی برای دفن بهداشتی زباله‌های شهری در استان مازندران با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی. فصلنامه علوم محیطی, ۲۰۲۰. ۱۸(۴): 1- p. 20.

[4] Khoshravesh, M., et al., Multi-Criteria Spatial Analysis for Locating Waste Landfill with Boolean and Weighted Approach in Mazandaran Province, Iran. Environment and Water Engineering, 2025. 11(1): p. 27-36.

[5] Asefa, E.M., Y.T. Damtew, and K.B. Barasa, Landfill site selection using GIS based multicriteria evaluation technique in Harar City, Eastern Ethiopia. Environmental health insights, 2021. 15: p. 1178630221105317.۴

[6] Şener, Ş., et al., Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). Waste management, 2010. 30(11): p. 2037-2046.

[7] Delgado, O.B., et al., Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico. Waste management, 2008. 28(7): p. 1137-1146.

[۸] زیست, س.م., دستور العمل ارزیابی فنی و ضوابط زیست محیطی پسماندهای عادی و ویژه