

EXTENDED ABSTRACT

Spatial Assessment of Risky and Safe Sites for Solid Waste Landfills (Case study: Isfahan Province, Iran)

Ali Dehnavi^a, Saeed Nadi^b, Shervin Jamshidi^{a,*}

^a Department of Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Iran

^b Department of Geomatics Engineering, Faculty of Civil Engineering and Transportation, University of Isfahan, Iran

Received: 16 October 2022; **Reviewed:** 08 April 2023; **Accepted:** 18 April 2023

Keywords:

Domestic waste, Environmental risk assessment, ArcGIS, Landfill, Solid waste management.

1. Introduction

According to the estimations, about 80% of municipal and rural solid waste in Iran is disposed in landfills. This rate is similar to some countries like Greece or Croatia in Eastern Europe. However, there is a pivotal tendency, particularly among industrialized and developed countries like Germany, Japan, Belgium and Netherlands, to reduce the rate of landfilling solid wastes less than 1% through the recycling, composting and reuse (EEA, 2016). The European Union has set 10% as its vision for limiting the rate of solid waste landfills by 2035. Despite the will of reducing solid waste landfills worldwide, its application is inevitable, particularly in developing countries like Iran. Therefore, spatial analysis and zoning safe areas is the primary step for protecting the environment against the pollutions in these sites.

In the last decade, there are quite numerous researches that aimed on optimizing the location of landfills through the combination of multi criteria decision making and spatial analysis tools, like geographic information systems (GIS). However, they were usually confined to a city area, used a few criteria, and emphasized to specific case studies. This conventional approach can highlight the locations where landfills might have the least environmental risks in a small scale. In addition, the accumulation of these researches can highlight some critical criteria and geographic layers. Although, we believe that in larger scales, optimizing the locations of landfills should be finalized by detailed quantified environmental impact assessment, like life cycle assessment (LCA). Prior to any technical decisions, a spatial survey is required to filter the risky regions for zoning landfills.

This study uses GIS tool with 70 layers and criteria to classify the large area of Isfahan province, centre Iran, into risky and safe zones. Accordingly, the status of existing 210 solid waste landfills, disposal stations, and facilities are checked based on national guidelines and regulations. Here, the states and cities with the highest environmental violations are highlighted.

2. Methodology

The required data of 70 geographic layers with their last updates (2016) were obtained from official organizations. Moreover, based on the spatial regulation of landfills, some buffering zones were defined. For example, the distance of buffer zones (BZ) between any waste management site and surface water resources (lakes, rivers, reservoirs, and diversion dams), residential areas (cities, industrial or rural towns, and nomads),

and protected environmental areas were set 1Km. The distance of BZ for transit infrastructures (roads and railways) set as 300m while it is increased to 500m for energy-based infrastructures (power plants, refineries, gas and power distribution systems). The distance of BZ for modern man-made touristic places (hotels and hostels, museums, and camping sites) and historic places (mosques, shrines, caravansary, castles, etc) with cultural inheritance were set 3km. The BZ for springs and Qanats set as 400m, faults or seismic areas 200m, and for domestic and international airports set as 3 and 8km, respectively. In addition, the total area of aquifers with shallow water levels (less than 5m depth), forests and pastures, endangered plains, and mining sites set as risky zones. In these layers, the maximum scale of layers was 1:50000 as it shows that the highest error was 10m in this study.

The spatial assessment by BZs in the large scale of province indicates that 57% of the entire area should be classified as restricted and risky zones for waste management sites. Aquifers, surface waters and environmental protected areas were the most effective layers in this step. As shown in Fig. 1, the largest clear area is located on the east side and central of province. However, clear spots can also be found in western regions.

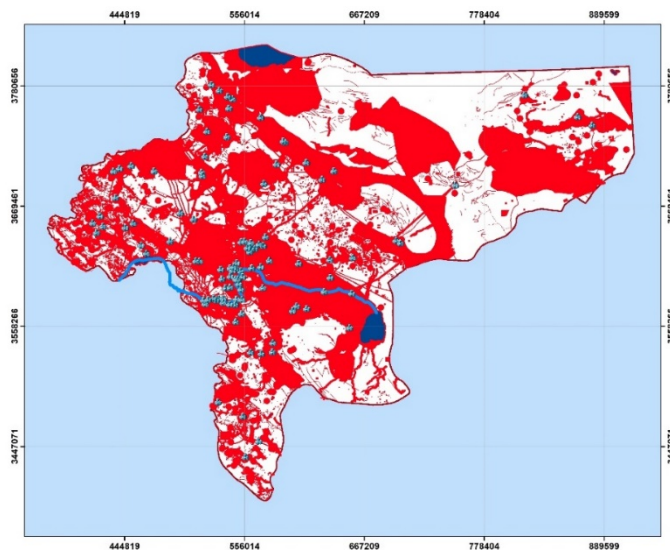


Fig. 1. Risky (Red) and safe (White) zones of Isfahan province for solid waste landfills

Elaborate analysis shows that among 210 existing landfills and waste management sites in Isfahan province, only 34 sites (16%) are located in the environmentally safe areas, while the others has at least one spatial environmental violation. 54 sites (26%) have only one violation, while 2 spatial environmental violations were observed for 45 sites (21%). About one third of sites (37%) have 3 or more spatial environmental violations classified as inappropriately located (IL) sites. This number reduces to one tenth (9.5%) for sites with 5 and more spatial environmental violations which are classified as areas with severely inappropriate locations (ILS). Therefore, SIL and IL were introduced as sites with the primary and secondary priorities for relocating, respectively.

Among 176 waste management sites with at least one spatial environmental violation, municipal solid landfills (65%) and the dumping and landfills of construction wastes (20%) were the most prevalent areas (Fig. 2). However, if areas with the potential of elevating risks, such as steep slopes ($>15\%$), restricted plains for water extraction, areas with groundwater level between 5-10m, river banks with BZ of 1-2km, and thalwegs are added to 69 layers, the allowable area for solid waste landfills would be reduced from 43% to 29%. This reduction can highlight regions where implementing a waste management site is conditional and requires elaborate engineering techniques to reduce any adverse environmental impacts, particularly in events like floods (Fig. 3).

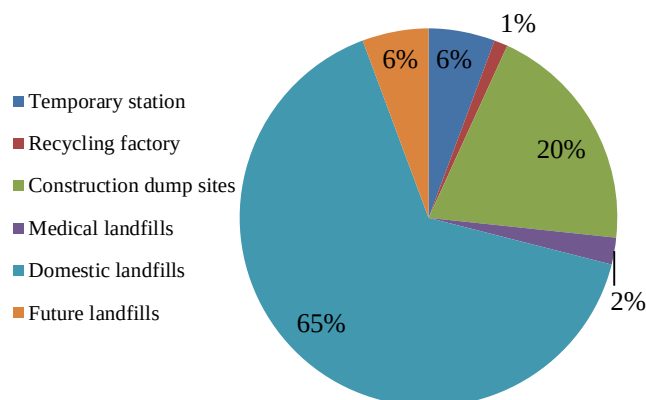


Fig. 2. Distribution of violating sites and landfills based on their application

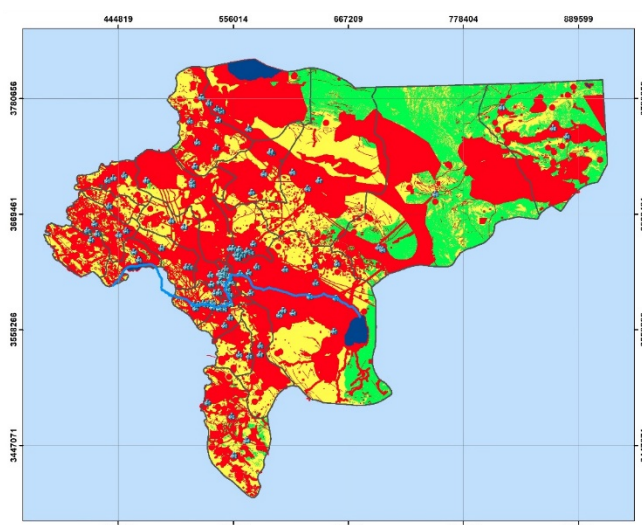


Fig. 3. Distribution of risky (red), conditional (yellow) and safe (green) zones for solid waste landfills

4. Conclusion

This study with 70 layers of GIS and their BZs in a large scale of Isfahan province, centre Iran, could classify regions for the implementation of solid waste management sites and landfills. This approach determined risky, conditional, and safe areas by considering all critical layers including surface and groundwater resources, faults, touristic, residential and environmental protected areas, infrastructures, etc. Accordingly, the existing sites were highlighted based on the number of violations in which IL and SIL sites prioritized for relocating. It is also recommended that slope, thalweg, restricted agricultural plains, and rivers with greater BZs should be added to other layers for safer waste site management.

تحلیل مکانی مناطق ایمن و پرخطر برای دفن پسماند جامد (مطالعه موردی: استان اصفهان)

علی دهنوی¹، سعید نادی²، شروین جمشیدی^{1*}

¹ استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان
² استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

دریافت: 1401/7/24، بازنگری: 1402/1/19، پذیرش: 1402/1/29، نشر آنلاین: 1402/1/29

چکیده

جانمایی ایستگاه‌ها و مراکز جمع‌آوری، پردازش و دفن پسماند شهری و روستایی نیازمند ارزیابی زیست‌محیطی است. بدین منظور، تهیه بانک اطلاعاتی از داده‌ها و تحلیل مکانی لایه‌ها برای اعمال حداقل فاصله مورد نیاز از مناطق مهم با آسیب‌پذیر، اهمیت بسزایی در ارزیابی زیست‌محیطی دارد. در این پژوهش، با گردآوری، آماده‌سازی و روی هم‌گذاری 70 لایه اطلاعاتی در سطح استان اصفهان با نرم‌افزار ArcGIS و اعمال بافر (Buffer Zone) برای هر کدام از محدوده‌های ممنوعه (بین 200 متر تا 8 کیلومتر)، مشخص شد فقط 43% سطح استان قابلیت اجرای دفن‌گاه‌ها را داراست. همچنین در بین 210 دفن‌گاه و مراکز پردازش پسماند موجود استان، فقط 16% در مناطق مجاز قرار گرفته‌اند. در این بین، 37% مراکز حداقل 3 تعارض با ضوابط و آیین‌نامه‌های محیط‌زیستی (وضعیت نامطلوب) داشته و 9/5% حداقل 5 تعارض (وضعیت بسیار نامطلوب) دارند. اکثر این مراکز نیز از نوع دفن‌گاه‌های پسماند شهری و روستایی است. همچنین شهرستان‌هایی با بیشترین محل‌های دفن‌گاه نامطلوب مشخص شد و پیشنهاد گردید تا جابه‌جایی این مراکز در اولویت اقدامات محیط‌زیستی استان قرار گیرد. به‌علاوه پیشنهاد شد تا دسته‌بندی مناطق از دو به سه دسته مجاز، مشروط و ممنوعه در آیین‌نامه‌ها تغییر یابد. در این شرایط با شناسایی مناطق آسیب‌پذیر اما مجاز به اجرای محل‌های دفن پسماند، می‌توان تمهیدات ویژه مهندسی برای آن‌ها در نظر گرفت.

کلمات کلیدی: ArcGIS، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی، پسماند عادی، دفن‌گاه، مدیریت پسماند جامد.

1- مقدمه

دفن پسماند در آن‌ها کمتر از یک درصد و بعضاً صفر است (EEA، 2016؛ World Bank، 2019).

یکی از اهداف مهم اتحادیه اروپا برای سال 2035، کاهش سهم دفن پسماند به کمتر از 10 درصد است. در اتحادیه اروپا و از جمله در کشورهای با اقتصاد پیشرفته نظیر آلمان، برای دستیابی به هدف مورد نظر، به‌ترتیب بازیافت، سوزاندن پسماند و نهایتاً کمپوست‌سازی را در اولویت برنامه‌های پردازش و دفن پسماند قرار داده‌اند. این در حالی است که کشورهای اروپای شرقی با اقتصاد و فناوری ضعیف‌تر، مانند یونان، بعد از دفن به مسائلی همچون بازیافت و کمپوست‌سازی می‌پردازند (Nelles و همکاران، 2016). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از دفن‌گاه‌ها در مدیریت و پردازش پسماند در کشورهای توسعه‌یافته رو به کاهش است، اما در کشورهای در حال توسعه و از جمله ایران، ویژگی‌ها

براساس گزارش بانک جهانی، سرانه متوسط تولید پسماند خانگی در دنیا تقریباً برابر 740 گرم در روز برآورد شده (Kaza و همکاران، 2018) و براساس پژوهش‌های داخلی، این رقم برای ایران حدود 86% متوسط جهانی و برابر 640 گرم در شبانه روز می‌باشد (Nabizadeh و همکاران، 2008). اما یکی از چالش‌های مدیریت پسماند شهری و روستایی در کشور، حجم بالای پسماند دفن شده در انواع دفن‌گاه‌ها است، به‌طوری که سهم دفن‌گاه‌های کشور از پذیرش پسماند تا بیش از 80% برآورد می‌شود. در یونان، کرواسی، قبرس و چین به‌ترتیب 81، 80، 76 و 65 درصد از پسماندها دفن می‌شوند این در حالی است که کشورهایی مانند سوئیس، بلژیک، هلند، آلمان و ژاپن از جمله مناطقی هستند که



تحلیل سلسله مراتبی، جانمایی 13 محل پیشنهادی دفن پسماند رد و سه مورد تأیید شد (Ali و Ahmad، 2020).

در مقیاس بزرگتر، در یک ایالت در شمال شرق کشور یونان، با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل مکانی با GIS، مناسب‌ترین محل دفن پسماند عادی تعیین شد (Demesouka و همکاران، 2019). در شهر مسقط، با استفاده از تحلیل مکانی با GIS و براساس 12 مؤلفه مشخص شد که تنها 2% سطح محدوده مورد مطالعه قابلیت اجرای دفن پسماند را براساس ضوابط موجود داراست (Hereher و همکاران، 2020). به‌طور مشابه، در شهر گونداز در کشور اتیوپی و با استفاده از تحلیل مکانی GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مشخص شد که 4/5% مناطق مورد مطالعه، بهترین شرایط زیست‌محیطی را برای اجرای دفن‌گاه‌های زباله دارند (Sisay و همکاران، 2021).

در بورسا در کشور ترکیه نیز با استفاده از روش تلفیقی تحلیل مکانی و تصمیم‌گیری چندمعیاره (TOPSIS)²، جانمایی شش دفن‌گاه بررسی شد و بهترین مناطق برای جانمایی دفن‌گاه‌های پسماند شناسایی گردید (Yildirim و همکاران، 2018). در شهر سامسون ترکیه نیز مجدد با همین روش و براساس 12 مؤلفه، مناطق مساعد برای اجرای دفن‌گاه پسماند شناسایی شد (Özkan و همکاران، 2020). همچنین در شهر معمار هندوستان، جانمایی هفت دفن‌گاه پسماند با روش تلفیقی GIS و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد بررسی قرار گرفت (Ali و همکاران، 2021). در شهرهای بابل و سلیمانیه عراق، با استفاده از 12 لایه اطلاعاتی و ترکیب با وزن‌دهی تحلیل سلسله مراتبی، دو محل دفن مناسب از بین 10 مورد پیشنهادی تعیین شد (Alkaradaghi و همکاران، 2019; Chabuk و همکاران، 2019).

در اکثر مطالعاتی که در بالا به آن‌ها اشاره شده است، اولاً مقیاس مطالعات در سطح یک شهر و محدوده اطراف آن‌ها بوده است. ثانیاً لایه‌ها و معیارهای مورد استفاده برای جانمایی مراکز دفن پسماند محدود به موارد خاص (کمتر از 15 لایه) شده است. همچنین، مطالعات با استفاده از روش‌های تلفیقی با GIS جهت تعیین مناطق بهینه و با امتیاز بالا برای دفن پسماند انجام شده و این درحالی است که حداقل در ایران، محدوده‌های مجاز و ممنوعه توسط دستورالعمل‌های نظارتی تاحدودی تعیین شده است. به-عبارتی دستورالعمل‌های موجود با رویکردهای پژوهشی اتخاذ شده در مقالات متفاوت است و ایجاد فاصله حداقلی تا مناطق ممنوعه با روش‌های وزن‌دهی خبرگان محور مانند تحلیل سلسله مراتبی الزاماً نمی‌تواند گزینه بهینه‌ای را برای جانمایی تعیین کند. زیرا جانمایی با حداقل پیامدهای محیط‌زیستی بدون انجام مطالعات ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، نمی‌تواند بیانگر جانمایی مناسب این

و جوانب مختلف مدیریت پسماند در شرایط فعلی، استفاده از دفن‌گاه‌ها را اجتناب‌ناپذیر نموده است. بنابراین، برای کاهش پیامدهای نامطلوب محیط‌زیستی اجرای دفن‌گاه‌های جدید یا بهره‌برداری از دفن‌گاه‌های موجود، در گام نخست ضروری است که جانمایی آن‌ها براساس موازین و معیارهای مکانی، مورد بررسی قرار گیرد.

در یک پژوهش که توسط Emadodin و همکاران در سال 2020 انجام شد، با استفاده از تحلیل توصیفی و بهره‌گیری از دو مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)، نامناسب‌ترین محل‌های دفن در سطح شهرستان گرگان براساس 11 مؤلفه شناسایی شده است. به‌طور مشابه و براساس 12 لایه و با بهره‌گیری از روش سلسله مراتبی فازی، نامناسب‌ترین نقطه برای محل دفن در شهرستان رامهرمز تعیین گردید (Chit Sazan و همکاران، 2013). همچنین با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و تحلیل سلسله مراتبی و با استناد به 9 لایه، محل‌های مناسب برای دفن پسماند در شهر کرمانشاه تعیین شد (Amanpour و همکاران، 2014).

برای شهر بناب، براساس پنج مؤلفه در قالب تحلیل سلسله مراتبی و بدون درنظر گرفتن تحلیل مکانی، محل‌های بهینه دفن پسماند شناسایی شده است (Adeli و Khoureshiddoust، 2009). در شهر مرودشت، 18 لایه با وزن‌دهی براساس تحلیل سلسله مراتبی برای شناسایی مناطق نامطلوب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار گرفت و محل‌های مناسب برای دفن پسماند شناسایی شد (Sobhani و Khalilvand، 2017). در شهر اهواز در استان خوزستان، 11 محل مناسب برای اجرای دفن‌گاه پسماند شهری به روش تلفیقی GIS و تحلیل سلسله مراتبی فازی شناسایی شد (Chabok و همکاران، 2020). محل مناسب برای دفن پسماند شهر رودبار نیز با روش و تحلیل مکانی فازی و طی سه مرحله و براساس 5 گروه طبقه‌بندی کیفی انجام شد و میزان سهم هرکدام از مناطق پنجگانه ضعیف تا بسیار مطلوب مشخص گردید (Mortazavi Chamchali و Ghazifard، 2019).

در شهرستان اصفهان و با استناد به مطالعات مکانی همراه با تحلیل سلسله مراتبی برای 19 معیار، محل‌های بهینه دفن نخاله‌های ساختمانی براساس ضوابط و دستورالعمل شهرداری‌ها مکان‌یابی شد (Tabatabaei و Aghsaei، 2016). با استفاده از تحلیل مکانی در شهر ابوجا¹ در نیجریه مشخص شد که هیچکدام از 6 دفن‌گاه موجود، منطبق با ضوابط زیست‌محیطی بین‌المللی نبوده است (Aderoju و همکاران، 2020). به‌طور مشابه و برای شهر کلکته با استفاده از نرم‌افزار تحلیل مکانی GIS و منطق فازی-

گزینه‌ها باشد (Balogun-Adeleye و همکاران، 2019؛ Kumar و همکاران، 2020).

بنابراین، در این پژوهش و برای نخستین بار در مقیاس یک استان، 70 لایه اطلاعاتی مکانی مورد ارزیابی قرار گرفته و با لحاظ محدوده‌های بافر ممنوعه مطابق با ضوابط و آیین‌نامه‌های موجود، محدوده‌های مجاز و ممنوعه برای تعیین محدوده استقرار مراکز دفن پسماند عادی شناسایی شده است. این محدوده‌ها می‌تواند زمینه‌ساز انجام مطالعات تکمیلی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برای شناسایی مناطق بهینه اجرای دفن‌گاه‌های پسماند باشد. همچنین و در این مطالعه، جانمایی 210 دفن‌گاه موجود در استان به تفکیک کلاس‌بندی مناطق و شهرستان‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته و میزان تعارضات آن‌ها با ضوابط و معیارها مشخص شده است. شناسایی دفن‌گاه‌های موجود با بیشترین تعارضات می‌تواند موید اهمیت و اولویت سیاست‌های اصلاحی و تغییر جانمایی این مراکز باشد که در روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های پیشین کمتر لحاظ شده است.

2- مواد و روش‌ها

2-1- محدوده مورد مطالعه

این مطالعه در محدوده جغرافیایی استان اصفهان به مساحت 107017 کیلومتر مربع با عرض و طول جغرافیایی به ترتیب بین 30 درجه و 43 دقیقه تا 34 درجه و 27 دقیقه شمالی و 49 درجه و 38 دقیقه تا 55 درجه و 32 دقیقه شرقی انجام شده است. این استان براساس سرشماری سال 1395 در حدود 5 میلیون و 120 هزار نفر جمعیت دارد که تنها 12% آن را روستاییان شامل می‌شوند (MPO، 2018). در این استان روزانه 3000 تن پسماند شهری و روستایی تولید می‌شود که 20% آن مستقیماً دفن می‌شود. باید توجه داشت مراکز دفن پسماند برای دفع بقایای پسماند پردازش شده نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند که تعداد موارد موجود و در حال بررسی در استان 210 عدد است (Jamshidi و Dehnavi، 2022).

2-2- لایه‌های مطالعاتی

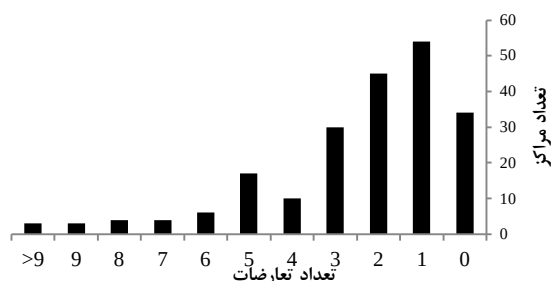
با توجه به ضوابط زیست‌محیطی محل‌های دفن پسماند عادی، لایه‌های 70 گانه تهیه و بافرهای مربوط به هر لایه به تفکیک در هر لایه اعمال شده است. بسیاری از این لایه‌ها در پژوهش‌های مشابه به‌عنوان لایه‌های کلیدی مطرح شده است که البته می‌بایست مبتنی بر ضوابط زیست‌محیطی باشد (Kapilan و Elangovan، 2018؛ Özkan و همکاران، 2019؛ Rezaeisabzevar و همکاران، 2020). در بین پژوهش‌های

مروری، لایه‌هایی همچون آب سطحی و زیرزمینی، کاربری اراضی، فاصله از گسل‌ها، راه‌ها و مناطق شهری، به‌همراه شیب زمین مهم بوده‌اند. بنابراین، با ترسیم و هم‌پوشانی لایه‌ها، نقشه نهایی پهنه‌بندی مورد نظر در دو کلاس مجاز (خارج از محدوده بافر) و ممنوعه (داخل محدوده تجمعی بافر) و براساس ضوابط داخل کشور تهیه شد (Department of Environment، 2019). در پیوست (1)، لایه‌های 70 گانه مورد استفاده و محدوده بافر آن طبق قوانین مرتبط درج شده است. اکثر لایه‌های فوق، مستخرج از مطالعات مکانی برای تدوین سند آمایش سرزمین استان اصفهان است (PBO، 2020). با این وجود، نقشه‌های مرتبط با منابع آب مانند سدها، چشمه‌ها، رودخانه‌ها، حریم رودخانه با سیل 25 ساله، عمق آب زیرزمینی و دشت‌های ممنوعه از شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان (تا سال 1399)، مکان‌های باستانی، تاریخی و گردشگری از اداره میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری استان اصفهان، مناطق چهارگانه حفاظت‌شده و محل‌های لندفیل کنونی و پیشنهادی از سازمان حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان (به‌روزرسانی شده تا 1399) و شهرهای جدید، محدوده طرح‌های توسعه، هادی و تفصیلی شهرها، تقسیمات کشوری از استانداری گردآوری شده است. لازم به‌ذکر است محل‌های لندفیل کنونی از نوع لایه نقطه‌ای است که جزء لایه‌های هفتادگانه برای تعیین محدوده بافر نیست، اما در این پژوهش با مقایسه این محل‌ها با مناطق ممنوعه جانمایی لندفیل‌ها کنترل می‌شود. همچنین از آنجایی که لایه‌های اطلاعاتی از منابع مختلف دریافت شده است و هرکدام از سازمان‌ها از استانداردها و مقیاس‌های مختلف (1:25000 تا 1:50000) و با دقت‌های متفاوت، داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند، لذا نقشه‌های تولید شده بر اساس این نقشه‌های پایه می‌تواند حداکثر خطایی معادل با بالاترین سطح خطای موجود در بین لایه‌های مورد استفاده داشته باشد. از آنجایی که بالاترین سطح مقیاس نقشه‌های مورد استفاده در تحلیل 1:50,000 است، بیشترین خطای محتمل در خروجی‌های تولید شده در سطح همین مقیاس و معادل 10 متر است.

2-3- آماده‌سازی لایه‌ها

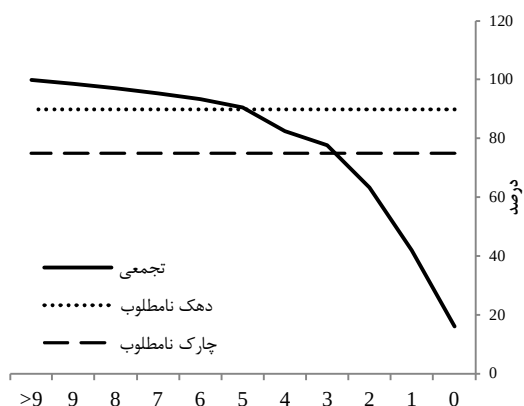
برای نمایش نقشه‌ها در صفحه مسطح از سیستم تصویر Map Projection استفاده شد. معمول‌ترین سیستم تصویر به‌کار گرفته شده در کشور UTM³ است که از Zone برای نمایش عوارض در صفحه مسطح بهره می‌برد. با توجه به معمول بودن سیستم تصویر UTM در دستگاه‌های اجرایی کشور و این که محدوده استان اصفهان در گستره طول جغرافیایی 49 تا 55 درجه و در نواحی شماره 39 و 40 UTM قرار دارد، سیستم تصویر مورد استفاده در

که 54 مرکز موجود یا پیشنهادی (معادل 26% کل مراکز) دارای تعارض با یک محدوده ممنوعه مطابق ضوابط زیست محیطی هستند و برای 45 مرکز (معادل 21% کل مراکز) نیز 2 تعارض با محدوده‌های ممنوعه مشاهده شده است.



شکل 2- فراوانی مراکز دفن و پردازش پسماند در استان اصفهان به تفکیک تعداد تعارضات با ضوابط زیست محیطی

همچنین، شکل (3) نشان می‌دهد که بیش از یک سوم مراکز دفن و پردازش، تعارضات زیست محیطی بیش از دو مورد (3 و بیشتر) دارند. کمتر از 20% مراکز دفن و پردازش پسماند، تعارضات زیست محیطی بیشتر از 4 مورد (5 و بیشتر) دارند که برای جابه جایی باید در اولویت قرار گیرند. به عبارت دقیق تر، 77 مرکز (معادل 37% کل مراکز) دارای 3 تعارض زیست محیطی و بیشتر هستند که از نظر جانمایی نامطلوب هستند. همچنین 20 مرکز (معادل 9/5% کل مراکز) دارای 6 تعارض زیست محیطی و بیشتر هستند که از نظر جانمایی بسیار نامطلوب طبقه بندی می‌شوند. جدول (1) به طور خلاصه اولویت محل های دفن پسماند موجود در سطح استان را برای جانمایی مجدد و جابه جایی نشان می‌دهد که می‌تواند به عنوان معیاری برای برنامه ریزی کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت مورد استفاده قرار گیرد.

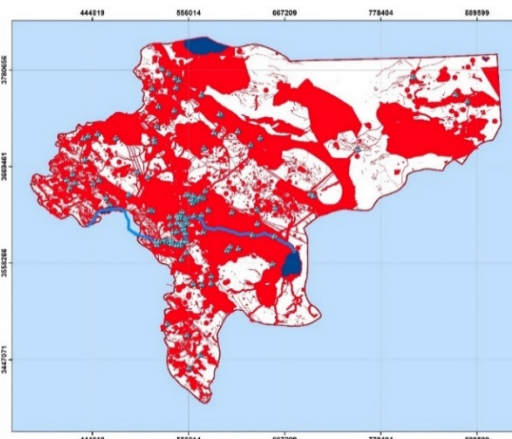


شکل 3- توزیع تجمعی (%) مراکز دفن و پردازش پسماند در استان اصفهان به تفکیک تعداد تعارضات با ضوابط زیست محیطی

پایگاه داده مکانی برای این کاربرد UTM بوده است. لازم به توضیح است برای تهیه پایگاه داده عملیاتی برای آماده سازی لایه ها مانند کنترل و برقراری پیوستگی عوارض به همراه حذف المان های تکراری، خطاهای ظاهری در فایل رقومی و خطاهای توپولوژی و تفکیک عوارض نقطه ای، خطی و سطحی انجام شد. به علاوه عملیاتی برای تمیز کردن داده ها مانند حذف هاشور و اشکالات گرافیکی (مانند عدم اتصال دو المان) و یکپارچگی عوارض خطی و سطحی انجام پذیرفت. روی هم گذاری لایه ها نیز با وزن یکسان انجام شد.

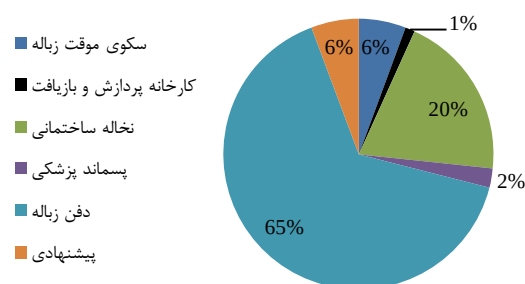
3- نتایج

پس از روی هم گذاری لایه ها و اعمال محدوده های بافر ممنوعه، می توان دو منطقه مجزا برای اجرای تأسیسات مرتبط با جمع آوری، پردازش و دفن پسماند (مناطق مجاز) و مناطق ممنوعه در سطح استان تعیین نمود. شکل (1) پراکنش مناطق مجاز (سفید) و مناطق ممنوعه (قرمز) در استان اصفهان را نمایش می‌دهد که در آن؛ مناطق ممنوعه در حدود 57% سطح استان را تشکیل می‌دهند. این موضوع بیانگر آن است که بیش از نیمی از پهنه استان حائز شرایط مناسب زیست محیطی برای دفن پسماند نیست که اکثراً به دلیل وجود آبخوان، سطح آب زیرزمینی بالا و وجود مناطق چهارگانه حفاظت شده محیط زیست است.



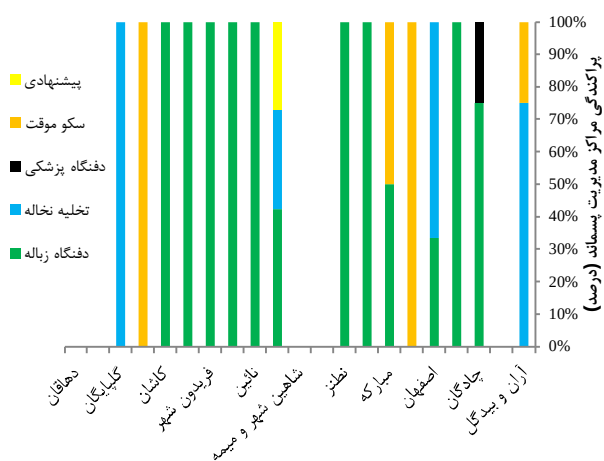
شکل 1- نقشه مناطق ممنوعه (قرمز) و مجاز (سفید) برای دفن پسماند براساس ضوابط زیست محیطی

بررسی جزئی تر نقشه مکانی نشان می‌دهد که از مجموع 210 مرکز موجود و شناسایی شده جمع آوری، پردازش و دفن پسماند خانگی و پزشکی و نخاله های ساختمانی در سطح استان اصفهان، فقط 34 مورد (معادل 16% کل مراکز) در محدوده مجاز قرار دارد و مابقی به دلایل مختلف مانند تعارض با یک بافر لایه ممنوعه یا بیشتر، در مناطق ممنوعه قرار می‌گیرند. شکل (2) نشان می‌دهد



شکل 5- پراکندگی نوع مراکز دفن و پردازش پسماند با حداقل یک تعارض زیست محیطی در استان

همچنین شکل (6) مراکز با جانمایی نامطلوب (جزء 37% کل مراکز) را به تفکیک نوع در هر شهرستان نشان می دهد. به عنوان مثال، مراکز نامطلوب در شهرستان های آران و بیدگل، اصفهان و گلپایگان بیشتر از نوع مراکز دفن نخاله های ساختمانی هستند، اما این مراکز در شهرستان های لنجان و خمینی شهر، از نوع سکوی موقت می باشند. شهرستان چادگان دارای مرکز دفن پسماند پزشکی است که جانمایی نامطلوبی دارد. بر این اساس مطابق شکل (7) می توان مشاهده کرد غالب مراکز نامطلوب در اکثر شهرستان ها از نوع مراکز دفن پسماندهای خانگی، شهری و روستایی است. همچنین 20 مرکز پردازش و دفن پسماند با جانمایی بسیار نامطلوب (با 5 تعارض زیست محیطی و بیشتر) وجود دارد که اکثراً در شهرستان های خور و بیابانک، اصفهان، آران و بیدگل و چادگان قرار گرفته اند.

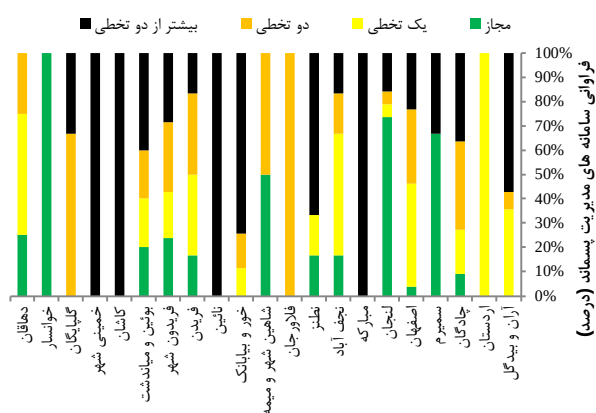


شکل 6- پراکندگی نوع مراکز پسماند با حداقل سه تعارض زیست محیطی (جانمایی نامطلوب) به تفکیک شهرستان

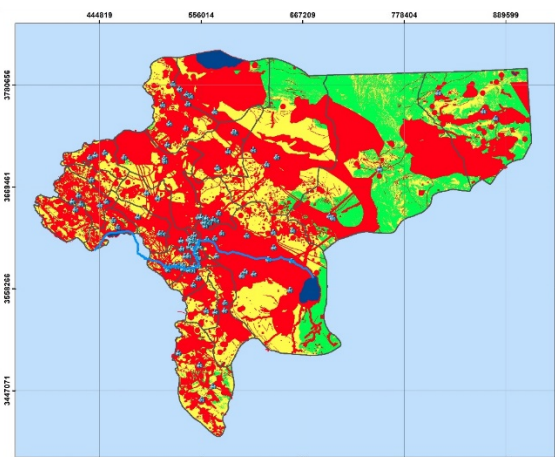
جدول 1- پراکندگی محل های دفن در سطح استان با توجه به دستورالعمل محل های دفن پسماند

نام لایه	درصد توسعه	اولویت جابه جایی
محل های دفن با 5 تخطی و بیشتر	18%	1
محل های دفن با 3 تا 4 تخطی	19%	2
محل های دفن با 1 تا 2 تخطی	47%	3
محل های دفن مجاز	16%	-

شکل (4) سهم هر شهرستان استان را در مراکز پسماند با یک تعارض، دو تعارض و بیشتر نشان می دهد. به عنوان مثال، مراکز جمع آوری، پردازش و دفن پسماند با جانمایی مناسب (مجاز) در شهرستان های خوانسار، لنجان، سمیرم، شاهین شهر و میمه به ترتیب 100%، 75%، 67% و 50% از تعداد کل مراکز موجود در همان شهرستان را تشکیل می دهد که نشان دهنده وضعیت نسبتاً مناسب این شهرستان ها است. برعکس، 100% مراکز ثبت شده موجود در شهرستان های کاشان، ناین، مبارکه و خمینی شهر در محدوده ممنوعه قرار دارند. شناسایی این مراکز به تفکیک شهرستان می تواند زمینه را برای سیاست گذاری و برنامه ریزی جهت اصلاح این زیرساخت ها در سطح استان فراهم آورد. باید توجه داشت که تمامی این سامانه های ثبت شده از نوع دفنگاه (پسماند خانگی، پزشکی و نخاله ساختمانی) نیست. بلکه بخشی از آن ها ایستگاه ها و سکوی های موقت پسماند، برخی کارخانه پردازش و بازیافت، و برخی مراکز دفن پیشنهادی و در حال بررسی در اداره کل حفاظت محیط زیست استان است. شکل (5) نشان می دهد که از مجموع 176 مرکز دفن و پردازش پسماند در استان اصفهان با حداقل یک تعارض زیست محیطی، حدود 65% آن دفنگاه پسماند خانگی و 20% آن محل دفن نخاله های ساختمانی است.



شکل 4- توزیع مراکز دفن و پردازش پسماند (%) به تفکیک شهرستان ها و تعداد تعارضات با ضوابط زیست محیطی

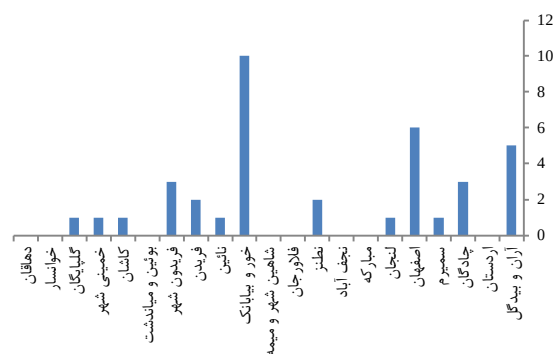


شکل 8- نقشه مناطق ممنوعه (قرمز)، مشروط (زرد) و مجاز (سبز) برای دفن پسماند در استان اصفهان

در صورتی که لایه‌های شش‌گانه فوق (لایه‌های مشروط)، در استان اصفهان و نقشه مکانی در نظر گرفته شود، آنگاه سطح مناطق مجاز برای دفن پسماند در استان از 43% به 29% کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، 14% مناطق و سطح استان در محدوده دشت‌های ممنوعه، با شیب بیشتر از 15%، دارای جنگل یا مرتع مرغوب، آبراهه، یا در مجاورت دو کیلومتری رودخانه‌ها یا با عمق آب زیرزمینی بین 5 تا 10 متر می‌باشد که لازم است برای احداث محل‌های پردازش و دفن پسماند، تدابیر مهندسی لازم اتخاذ شود. شکل (8) پراکندگی این سه منطقه در استان اصفهان را نمایش می‌دهد. با مقایسه شکل (1) و (8) می‌توان مشاهده نمود غالب مناطق مجاز مرکزی، غربی و جنوبی استان در شکل (1) به دلیل وجود لایه‌های مشروط (شکل (8))، نیازمند اتخاذ تمهیدات ویژه مهندسی برای جانمایی مراکز دفن پسماند هستند. پراکندگی سطح استان برای مناطق مجاز دفن پسماند تحت دو دستورالعمل فعلی و پیشنهادی در جدول (3) آمده است. بدیهی است توجه به مولفه‌هایی نظیر عمق آب زیرزمینی، شیب و مراتع مازاد بر دستورالعمل‌های فعلی در جانمایی محل‌های دفن پسماند می‌تواند برای سایر نقاط نیز به‌طور مشابه مورد ارزیابی قرار گرفته و کاهش پهنه مجاز محل‌های دفن برآورد شود.

جدول 3- پراکندگی مناطق مجاز محل دفن پسماند

دستورالعمل فعلی و پیشنهادی در سطح استان	
میزان توسعه	نام پهنه
43%	پهنه مجاز (دستورالعمل فعلی)
14%	پهنه مجاز (مشروط به رعایت نکات مهندسی)
29%	پهنه مجاز (دستورالعمل پیشنهادی)



شکل 7- فراوانی مراکز پسماند با حداقل 5 تعارض زیست‌محیطی (جانمایی بسیار نامطلوب) به تفکیک شهرستان

علی‌رغم این که ضوابط زیست‌محیطی جانمایی محل‌های دفن پسماند با توجه به بافر مکانی تعیین شده می‌توانند مناطق مستعد دفن پسماند یا مناطق پرخطر را شناسایی و تعیین کنند، برخی معیارها در این ضوابط دیده نشده که می‌توانند بر افزایش ریسک زیست‌محیطی ناشی از دفن پسماند اثرگذار باشند. به عنوان مثال، شیب تند و توپوگرافی زمین می‌تواند منجر به انتشار و انتقال شیرابه به سایر مناطق پایین‌دست شود. همچنین جانمایی مراکز دفن در مسیر آبراهه‌های فصلی (خط‌القدرها)، در مجاورت جنگل‌ها و مراتع مرغوب و حتی در مناطق با دشت‌های ممنوعه، می‌تواند اثرات زیست‌محیطی نامطلوبی داشته و تهدیدی برای محیط پذیرنده یا مناطق مجاور آن‌ها باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که مناطق شش‌گانه مطابق جدول (2) در ضوابط زیست‌محیطی جانمایی محل‌های دفن به عنوان مناطق با ریسک متوسط لحاظ شوند. به عبارت دیگر، می‌توان مناطق را از دو محدوده مجاز و ممنوعه، در سه دسته (1) مجاز، (2) مشروط به مهندسی دقیق و (3) ممنوعه طبقه‌بندی نمود. در این شرایط، برای دفن‌گاه‌های مستقر در مناطق شش‌گانه (مناطق مشروط)، لازم است تدابیری با مهندسی دقیق اتخاذ شود تا شرایط برای کاهش ریسک زیست‌محیطی فراهم گردد (Cortellazzo و همکاران، 2022).

جدول 2- لایه‌های پیشنهادی برای تعیین مناطق مشروط در

جانمایی محل‌های دفن پسماند	
نام لایه	تعریف لایه
آبراهه‌ها	خط‌القدرها که در صورت بارش آب در آن‌ها جاری می‌شود
عمق آب زیرزمینی	مناطق با عمق آب زیرزمینی بین 5 تا 10 متر (براساس داده 10 ساله)
رودخانه	بین 1 تا 2 کیلومتر از رودخانه‌ها
نقشه شیب	مناطق با شیب بیشتر از 15%
دشت‌های ممنوعه	محدوده دشت‌های ممنوعه
جنگل‌ها و مراتع مرغوب	محدوده جنگل‌ها و مراتع مرغوب

4- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل مکانی براساس لایه‌های مختلف اثرگذار در شناسایی مراکز پردازش و دفن پسماند با جانمایی مناسب یا نامطلوب نشان داد که تقریباً نیمی از سطح استان اصفهان، شرایط حداقلی برای جانمایی مراکز دفن را ندارد. مناطق شرقی استان سطح بیشتر و مستعدتری برای اجرای تأسیسات و مراکز دفن دارد تا با لایه‌های کلیدی تداخل و همپوشانی نداشته باشد اما در مناطق و بافت‌های جمعیتی فشرده غرب استان، محدودیت‌ها نسبتاً بالاست. در این بین، لایه‌های آب زیرزمینی و مناطق حفاظت‌شده چهارگانه محیط‌زیست بیشترین تأثیر را در تعیین مناطق ممنوعه و پرخطر داشته‌اند. همچنین مراکز جمعیتی شهری و روستایی، زیرساخت‌های ترابری و انرژی، رودخانه‌ها و منابع آب سطحی، و محدوده‌های با ارزش گردشگری و تاریخی از دیگر لایه‌های اثرگذار در این استان بوده‌اند. گسل‌ها و مناطق لرزه‌خیز بدلیل محدوده بافر کوچک‌تر و توسعه کمتر در استان برخلاف مطالعات پیشین اثرگذاری کمتری داشته‌اند (Rezaeisabzevar و همکاران، 2020).

در این پژوهش برای نخستین بار در مقایسه با سایر مطالعات مشابه برای مکانیابی محل‌های دفن پسماند، مطالعات در سطح استان با مساحتی بالغ بر 100 هزار کیلومتر مربع انجام شده است. با توجه به گستردگی وسعت جغرافیایی مطالعات، این پژوهش بر مکان‌یابی محل‌های پردازش و دفن زباله شهری با رویکردی متفاوت از روش‌های متعارف تلفیقی جغرافیایی- بهینه‌یابی تأکید دارد. به‌عنوان مثال، مناسب‌ترین محل‌های دفن براساس روش تلفیقی مطالعات مکانی و تحلیل سلسله‌مراتبی با وزن‌دهی هفت معیار فاصله از منابع آب، مناطق مسکونی، راه‌های دسترسی، اکوسیستم‌های آسیب‌پذیر، کاربری اراضی و مناطق شیب‌دار صورت گرفته است (Redjem و همکاران، 2021؛ Şimşek و Alp، 2022). بدین منظور، اولاً این پژوهش بر لحاظ لایه‌های متعدد جغرافیایی (70 لایه)، به‌ویژه آنهایی که بر ریسک بهداشتی و زیست‌محیطی مؤثر هستند با احتساب یک محدوده بافر مطابق دستورالعمل سازمان محیط‌زیست تأکید دارد. بنابراین تعداد این لایه‌ها بسیار فراتر از مطالعات مشابه است. تنوع لایه‌ها و وسعت محدوده دلایلی است که اتخاذ یک محدوده بافر را پیش از هرگونه بهینه‌یابی در مقیاس کوچک‌تر ضروری می‌سازد و این رویکرد وجه تمایز با مطالعات متعارف مکان‌یابی در مقیاس شهری است. زیرا مکانیابی محل‌های دفن در یک محدوده شهری عملاً با دستورالعمل‌های موجود که بر فاصله حداقل یک کیلومتری از محدوده شهری و مسکونی تأکید می‌کند، منافات دارد و به‌عبارتی بهینه‌یابی در این محدوده بافر یک کیلومتری نباید صورت گیرد. بنابراین پژوهش‌هایی مشابه Dolui و Sarkar (2021) که بدون

لحاظ یک محدوده بافر ممنوعه، فاصله بیشتر را ملاکی مطلوب برای بهینه‌سازی جانمایی محل‌های دفن پسماند می‌دانند، لازم است پیشنهاد مکان‌یابی را با ارزیابی ریسک‌های بهداشتی و زیست‌محیطی در محدوده بافر ارائه نمایند (Dolui و Sarkar، 2021). ثانیاً این پژوهش با لحاظ محدوده بافر برای مناطق حفاظت‌شده محیط‌زیست و آبخوان‌ها با عمق کم (تا 10 متر)، دشت‌های ممنوعه و جنگل‌ها و مراتع مرغوب توانسته است مناطق اکولوژیکی آسیب‌پذیر را نیز به همراه رعایت فاصله‌های ایمن از انواع مناطق مسکونی مدنظر قرار دهد. در مطالعه‌ای که اخیراً توسط Kuru و همکاران (2021) در غرب ترکیه برای مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن در مقیاس یک استان انجام شده است، از رویکرد مشابه این مقاله در تعیین محدوده بافر در پنج طبقه استفاده شده است. آنچه در پژوهش مذکور وجود دارد و غیاب آن در پژوهش حاضر احساس می‌شود لحاظ مؤلفه باد غالب برای تعیین میزان مطلوبیت منطقه برای مکان‌یابی است. اما باید توجه داشت این مؤلفه به سادگی در تحلیل مکانی در کنار لایه‌های دیگر نمی‌تواند گنجانده شود زیرا باد غالب صرفاً جهت احتمالی انتشار بو را نشان می‌دهد اما هیچگونه اطلاعاتی نظیر فاصله مناسب طولی (در مسیر باد) و عرضی (عمود بر جهت وزش باد) برای اتخاذ یک محدوده بافر ارائه نمی‌دهد، مگر آن‌که با استفاده از داده‌های هواشناسی و مدل‌سازی پخش و انتشار آلودگی هوا پیش از مکان-یابی، محدوده بافر برای باد غالب هر منطقه ابتدا مشخص گردد (Kuru و همکاران، 2021).

همچنین در پژوهش حاضر مناطق و شهرستان‌ها با بیشترین مراکز دفن با جانمایی نامطلوب و بسیار نامطلوب شناسایی شدند که شرایط را برای مدیریت بهتر جهت جابه‌جایی مراکز و تعیین مناطق مجاز فراهم می‌آورد. در این شرایط می‌توان با استفاده از بانک اطلاعاتی موجود پیشنهادات آتی را جانمایی نموده و گزینه‌های موجود مورد ارزیابی قرار گیرد که در چه لایه‌ها بیشترین تعارض را داراست. بنابراین برخلاف مطالعات پیشین که در آن‌ها تلاش می‌شد مناطق بهینه (با حداکثر فاصله) از محدوده‌های آسیب‌پذیر شناسایی شود، این پژوهش مناطق آسیب‌پذیر را با یک محدوده بافر فیلتر می‌نماید. این رویکرد در شناسایی و جابه‌جایی لندفیل‌های موجود براساس لایه‌های بافر در مقیاس گسترده به‌طور مشابه اخیراً در فلسطین اشغالی انجام شده است.

در پژوهش Helal (2022) با احتساب لایه‌های بافر برای فاصله‌گذاری از مناطق آسیب‌پذیر مانند جریان‌های سطحی (100 متر)، مناطق مسکونی (1/5 کیلومتر)، آثار باستانی (300 متر)، چاه‌ها و چشمه‌ها (360 متر)، مناطق با شیب بیشتر از 35% و غیره و وزن‌دهی این لایه‌ها براساس تحلیل سلسله‌مراتبی، مناطق مستعد دفن پسماند شناسایی شده است (Helal، 2022). بدیهی

است در این گونه پژوهش‌ها که در مقیاس بزرگ انجام می‌شود، وجود چنین بانک اطلاعاتی به همراه گزارش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (Jamshidi و Naderi، 2023)، می‌تواند دورنمای کامل‌تری از شرایط زیست‌محیطی محل‌های دفن در گذشته یا پیشنهادی برای آینده ارائه نماید که نسبت به گزینه‌های پیشنهادی روش متعارف و ترکیبی تحلیل مکانی و بهینه‌سازی می‌تواند قابلیت اجرایی و عملیاتی بیشتری در مقیاس بزرگ مانند مقیاس استانی و منطقه‌ای داشته باشد. به عبارت دیگر، ارائه تحلیل‌های اقتصادی مانند هزینه‌های جابه‌جایی پسماند یا اجرای لندفیل در این مرحله در سطح استان لازم نیست بلکه پس از تعیین مناطق مجاز، در مقیاس کوچک‌تر امکان تحلیل هزینه-فایده نسبت به نقاط مورد نظر وجود خواهد داشت.

همچنین پیشنهاد شد در راستای کاهش اثرات زیست‌محیطی احتمالی، مناطقی که در محدوده ضوابط و آیین‌نامه‌های زیست‌محیطی نیستند، اما شرایط را برای انتشار و انتقال آلودگی از مراکز دفن فراهم می‌کنند، به صورت مناطق مشروط در مطالعات دیده شود. به عنوان مثال، نواحی با شیب تند، محدوده‌های جنگلی و مراتع، خط‌القورها و دشت‌های ممنوعه مناطقی هستند که لازم است مراکز دفن با تمهیدات خاص و مشروط به لحاظ سیستم‌های کامل مهندسی شده اجرا گردند. در این شرایط می‌توان مناطق خارج از محدوده ممنوعه اما با ریسک انتشار آلودگی را مشخص نموده و برای اجرای مراکز دفن از آن‌ها یا پرهیز نمود یا مشابه مطالعات انجام شده برای پسماند پزشکی در استان اصفهان، تمهیدات ویژه برای طراحی لندفیل‌های مطمئن در نظر گرفت (Pourzamani و همکاران، 2019). در محدوده مورد مطالعه مشخص شد اعمال مناطق مشروط باعث کاهش مناطق مجاز از 43% به 29% سطح استان می‌شود. این میزان مقادیر مجاز در سطح محدوده مورد مطالعه به طور مشابه در مطالعات اخیر در مرسین ترکیه نیز برآورد شده است. در پژوهش مذکور براساس 11 معیار مرتبط با مؤلفه‌های ارتفاعی، فاصله از منابع آب، مسیرهای ارتباطی، مناطق مسکونی و پوشش گیاهی سطح مجاز برای جانمایی محل‌های دفن زباله کمتر از 20% تعیین شده است (Bilgilioglu و همکاران، 2022).

در نهایت باید توجه داشت تحلیل مکانی صورت گرفته با استناد به داده‌ها و نقشه‌های موجود (1395 تا 1399)، در مقیاس بزرگ 1:50,000 و برای محدوده استان اصفهان انجام شده است. در این بررسی، محدوده رودخانه‌ها براساس سیل با دوره بازگشت 25 سال و عمق آب زیرزمینی براساس درون‌یابی حسب عمق چاه‌های پیژومتری دیده شده است. ممکن است عمق آب زیرزمینی کمتر یا بیشتر از مقدار برآورد شده بوده یا با گذشت زمان، راه‌های دسترسی یا مناطق مسکونی و اقامتی جدید اضافه شده یا محدوده شهرها اضافه شده باشد. بنابراین همان‌طور که در

بالا گفته شد، و با توجه به عدم قطعیت‌ها و خطاهای موجود لازم است جانمایی محل‌های دفن پسماند در مناطق مجاز و مشروط پس از انجام خدمات مهندسی و مشاوره (آزمایش خاک، تعیین عمق آب زیرزمینی، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، ارزیابی اقتصادی و ...) انجام شود. لذا پیشنهاد می‌شود پژوهشگران در مطالعات آتی، برای جانمایی مراکز دفن پسماند، نه تنها محدوده‌های بافر را مطابق این پژوهش رعایت نمایند، بلکه در انتخاب لایه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری محدود به دستاوردهای مطالعات دیگر نبوده و با توجه به الزامات هر منطقه معیارهای کلیدی را مدنظر قرار دهند. به عبارت دیگر ممکن است در یک منطقه گسل و مناطق زلزله‌خیز از اهمیت زیادی برخوردار باشد اما در منطقه‌ای دیگر، منابع آب نقش کلیدی ایفا نماید. در این خصوص استفاده از نظر خبرگان پیشنهاد نمی‌شود زیرا محل‌های مساعد یا نامساعد اکولوژیکی دارای محدوده بافر بوده و نظر خبرگان نمی‌تواند حضور لندفیل را در محدوده غیرمجاز توجیه نماید، اما برای مسائل اقتصادی و مالی یا ارزیابی ریسک بهداشتی و زیست‌محیطی در مناطق مشروط می‌توان از توابع بهینه‌سازی استفاده نمود. بنابراین برای آینده پیشنهاد می‌شود پژوهش‌ها متمرکز بر حداقل‌سازی هزینه یا ریسک اجرا یا جابه‌جایی محل‌های دفن پسماند در سطح استان با توجه به ارزیابی‌های زیست‌محیطی منطقه‌ای باشد.

5- تشکر و قدردانی

این پژوهش مستخرج از طرح پژوهشی به شماره 98/4883/ص است که با حمایت مالی اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان اصفهان در دانشگاه اصفهان انجام شده است. همچنین از زحمات و راهنمایی‌های آقایان دکتر ایرج حشمتی، دکتر نادر مختارانی، مهندس ریاحی، مهندس قیدرلوئی، مهندس بابادی و سرکار خانم مهندس سلیمی کمال تشکر و قدردانی می‌گردد.

6- مراجع

- Aderoju OM, Dias GA, Gonçalves AJ, "A GIS-based analysis for sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria", *Environment, Development and Sustainability*, 2020, 22 (1), 551-574.
<https://doi.org/10.1007/s10668-018-0206-z>
- Ali SA, Ahmad A, "Suitability analysis for municipal landfill site selection using fuzzy analytic hierarchy process and geospatial technique", *Environmental Earth Sciences*, 2020, 79 (10), 227.
<https://doi.org/10.1007/s12665-020-08970-z>
- Ali SA, Parvin F, Al-Ansari N, Pham QB, Ahmad A, Raj MS, Anh DT, "Sanitary landfill site selection by integrating AHP and FTOPSIS with GIS: a case study of Memari Municipality, India", *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, 28 (6), 7528-7550.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11004-7>

- EEA, Municipal Waste Management across European Countries, European Environmental Agency, 2016, doi:10.2800/475915.
- Emadodin S, Farzaneh F, Arekhi S, Salar YS, "Landfill Site selection for municipal waste materials using analytic hierarchy process and artificial neural networks (Case study: Gorgan City)", *Geography and Environmental Hazards*, 2020, 34, 55-59. doi:https://dx.doi.org/10.22067/geo.v9i2.86496
- Helal AH, "Multicriteria Evaluation-GIS Integration Framework for Landfill Site Selection in Limited Space Regions: A case study in the west bank", edited by Dede, T. *Advances in Civil Engineering*, 2022, 1-13. https://doi.org/10.1155/2022/9367256
- Hereher ME, Al-Awadhi T, Mansour SA, "Assessment of the optimized sanitary landfill sites in Muscat, Oman", *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2020, 23 (3), 355-362. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2019.08.001
- Jamshidi S, Naderi A, "A quantitative approach on environment-food nexus: integrated modeling and indices for cumulative impact assessment of farm management practices", *PeerJ*, 2023, 11, e14816. https://doi.org/10.7717/peerj.14816
- Kapilan S, Elangovan K, "Potential landfill site selection for solid waste disposal using GIS and multi-criteria decision analysis (MCDA)", *Journal of Central South University*, 2018, 25 (3), 570-585. https://doi.org/10.1007/s11771-018-3762-3
- Kaza S, Yao L, Bhada-Tata P, Van Woerden F, *What a Waste 2.0, A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, 2018.
- Khourshiddoust AM, Adeli Z, "The Application of AHP Method For Optimum Solid Waste Landfill Site Selection: A Case Study Of Bonab City In East Azerbaijan Province, Iran", *Journal of Environmental Studies*, 2009, 35, 27-32.
- Kumar KC, Ram VG, Kalidindi SN, "A review of studies on environmental performance analysis of construction and demolition waste management using life cycle assessment", *Urban Mining and Sustainable Waste Management*, Springer Singapore, Singapore, 2020, 39-48. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0532-4_5
- Kuru A, Tok E, Guroglu Aktas M, Demir HH, Özcan HK, Demir G, "GIS and multicriteria decision analysis for landfill site selection in edirne province, Turkey", *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2021, 969-981. doi:10.21597/jist.792249
- Management and Planning Organization (MPO) of Isfahan Province, "Synthesis Report of planning Studies in Isfahan Province", Planning and Budget Organization, Islamic republic of Iran, 2018.
- Mortazavi Chamchali M, Ghazifard A, "The use of fuzzy logic spatial modeling via GIS for landfill site selection (case study: Rudbar-Iran)", *Environmental Earth Sciences*, 2019, 78, 10, 305. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8296-y
- Nabizadeh R, Heidari M, Hassanvand M, "Municipal Solid Waste Analysis in Iran", *Iran Journal of Health and Environ.*, 2008, 1 (1), 9-18.
- Nelles M, Grünes J, Morscheck G, "Waste management in germany-development to a sustainable circular Alkaradaghi K, Ali SS, Al-Ansari N, Laue J, Chabuk A, "Landfill Site Selection Using MCDM Methods and GIS in the Sulaimaniyah Governorate, Iraq", *Sustainability*, 2019, 11 (17), 4530. https://doi.org/10.3390/su11174530
- Amanpour S, Saedi J, Soleimani Rad E, "Locating urban landfill, the city of Kermanshah Case Study", *Human and Environment*, 2014, 11 (27), 55-64.
- Balogun-Adeleye RM, Longe EO, Aiyesimoju KO, "Environmental assessment of municipal solid waste (MSW) disposal options: A case study of Olushosun landfill, Lagos State", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 640 (1), 012091. https://doi.org/10.1088/1757-899X/640/1/012091
- Bilgilioglu SS, Gezgin C, Orhan O, Karakus P, "A GIS-based multi-criteria decision-making method for the selection of potential municipal solid waste disposal sites in Mersin, Turkey", *Environmental Science and Pollution Research*, 2022, 29 (4), 5313-5329. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15859-2
- Chabok M, Asakereh A, Bahrami H, Jaafarzadeh NO, "Selection of MSW landfill site by fuzzy-AHP approach combined with GIS: case study in Ahvaz, Iran", *Environmental Monitoring and Assessment*, 2020, 192 (7), 433. https://doi.org/10.1007/s10661-020-08395-y
- Chabuk A, Al-Ansari N, Hussain HM, Laue J, Hazim A, Knutsson S, Pusch R, "Landfill sites selection using MCDM and comparing method of change detection for Babylon Governorate, Iraq", *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (35), 35325-35339. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05064-7
- Chit Sazan M, Dehghani F, Rast Manesh F, Mirzaei Y, "Solid waste disposal site selection using spatial information technologies and Fuzzy-AHP logic: (Case study: Ramhormoz)", *Journal of Applied RS & GIS Techniques in Natural Resource Science*, 2013, 4 (1), 55.
- Cortellazzo G, Russo LE, Busana S, Carbone L, Favaretti M, Hangen H, "Field trial of a reinforced landfill cover system: performance and failure", *Geotextiles and Geomembranes*, 2022, 50 (4), 655-667. https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2022.03.007
- Dehnavi A, Jamshidi S, "Final report of research project: Integrated municipal and rural solid waste management of Isfahan province", *Isfahan Provincial Directory of environmental Protection*, 2022, 23-24.
- Demesouka OE, Anagnostopoulos KP, Siskos E, "Spatial multicriteria decision support for robust land-use suitability: The case of landfill site selection in Northeastern Greece", *European Journal of Operational Research*, 2019, 272 (2), 574-586. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.005
- Department of Environment, *Guideline for Technical Evaluation and Environmental Criteria for Domestic and Special Waste Landfills*, 2019.
- Dolui S, Sarkar S, "Identifying potential landfill sites using multicriteria evaluation modeling and GIS techniques for Kharagpur city of West Bengal, India", *Environmental Challenges*, 2021, 5, 100243. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100243

- Yildirim V, Memisoglu T, Bediroglu S, Colak HE, "Municipal solid waste landfill site selection using multi-criteria decision making and GIS: Case study of bursa province", *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2018, 26 (2), 107-119.
<https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1364646>
- economy?", *International Conference on Solid Waste Management, Procedia Environmental Sciences*, 2016, 6-14.
- Özkan B, Özceylan E, Sarıççek İ, "GIS-based MCDM modeling for landfill site suitability analysis: A comprehensive review of the literature", *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, 26 (30), 30711-30730.
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06298-1>
- Özkan B, Sarıççek İ, Özceylan E, "Evaluation of landfill sites using GIS-based MCDA with hesitant fuzzy linguistic term sets", *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27 (34), 42908-42932.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-10128-0>
- Planning and Budget Organization (PBO), "Isfahan Province Land Planning Document", Islamic Republic of Iran, 2020.
- Pourzamani HR, Jamshidi S, Ghazifard A, "Secure Landfill design for hospital and healthcare solid waste desposal in Isfahan", 2019.
- Redjem A, Benyahia A, Dougha M, Nouibat B, Hasbaia M, Ozer A, "Combining the Analytic hierarchy process with gis for landfill site selection: the case of the municipality of m'sila, algeria", *Romanian Journal of Geography*, 2021, 65 (2), 171-186.
- Rezaeisabzevar Y, Bazargan A, Zohourian B, "Landfill site selection using multi criteria decision making: Influential factors for comparing locations", *Journal of Environmental Sciences*, 2020, 93, 170-184.
<https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.02.030>
- Şimşek K, Alp S, "Evaluation of landfill site selection by combining fuzzy tools in gis-based multi-criteria decision analysis: a case study in diyarbakır, Turkey", *Sustainability*, 2022, 14 (16), 9810.
<https://doi.org/10.3390/su14169810>
- Sisay G, Gebre SL, Getahun K, "GIS-based potential landfill site selection using MCDM-AHP modeling of Gondar Town, Ethiopia", *African Geographical Review*, 2021, 40 (2), 105-124.
<https://doi.org/10.1080/19376812.2020.1770105>
- Sobhani B, Khalilvand M, "Application of fuzzy logic (fuzzy) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in locating landfill for household waste in Marvdasht city with an emphasis on Hydro climatic parameters", *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 2017, 7 (3), 1-20.
- Tabatabaei J, Aghsaei H, "Locating of the optimal site for construction waste disposal using weighted linear combination method; a case study in Isfahan, Iran", *Journal of Health System Research*, 2016, 12 (3), 307-314.
- World Bank, "Urban and rural municipal solid waste in china and the circular economy, a brief overview and opportunities going forward", The World Bank Group, 2019.

پیوست 1- لایه‌ها، تعاریف و محدوده بافر (ممنوعه) هر کدام مطابق ضوابط زیست‌محیطی برای تحلیل مکانی
(Department of Environment, 2019)

ردیف	نوع لایه	محدوده بافر	تعریف	نام لایه
1	خط	1 کیلومتر	رودخانه‌های فصلی و دائمی موجود در استان	رودخانه
2	پلیگون	محدوده سیل 25 ساله تا 1 کیلومتر	حریم رودخانه‌های استان که توسط آب منطقه‌ای تعیین شده است	حریم رودخانه‌ها
3	پلیگون	1 کیلومتر	دریاچه‌های موجود در سطح استان اصفهان	دریاچه‌ها
4	پلیگون	محدوده آبخوان	سفره‌های آب زیر زمینی موجود در سطح استان اصفهان	آبخوان
5	نقطه	400 متر	چاه‌های شناسایی شده موجود در استان شامل چاه‌های کشاورزی، شرب و ...	چاه
6	نقطه	400 متر	موقعیت خروجی قنات‌های موجود در استان اصفهان	قنات
7	نقطه	400 متر	چشمه‌های آب موجود در سطح استان اصفهان	چشمه
8	پلیگون	محدوده سفره آب زیرزمینی	عمق آبخوان در 10 سال اخیر براساس اطلاعات چاه‌های آب پیرومتری	عمق آب زیرزمینی
9	نقطه	1 کیلومتر	مخازن آب موجود در سطح استان اصفهان	مخزن آب
10	نقطه	1 کیلومتر	سدهای موجود در استان (انواع سد: بتنی، خاکی و ...)	سد
11	خط	1 کیلومتر	خطوط اصلی انتقال آب شرب استان موجود در استان اصفهان	خطوط آبرسانی
12	نقطه	1 کیلومتر	آب‌بندهای موجود در استان که برای کشاورزی، مهار سیلاب، تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی و کنترل فرسایش خاک استفاده می‌شوند.	آب‌بندان
13	خط	200 متر	گسل‌های اصلی و فرعی استان اصفهان	گسل
14	نقطه	200 متر	نقاط زلزله‌خیز استان که توسط مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران شناسایی شده است.	نقاط زلزله خیز
15	پلیگون	محدوده معادن	نقشه محدوده معادن مورد بهره‌برداری در استان اصفهان	معادن مورد بهره‌برداری
16	پلیگون	محدوده معادن	نقشه محدوده معادن دارای گواهی کشف در استان اصفهان	معادن دارای گواهی کشف
17	پلیگون	1 کیلومتر	نقشه مناطق چهارگانه حفاظت شده استان اصفهان	مناطق چهارگانه حفاظت شده
18	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت شهرها و شهرهای جدید استان اصفهان	نقاط شهرها
19	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت روستاهای استان اصفهان	نقاط روستاها
20	پلیگون	1 کیلومتر	نقشه محدوده‌های شهری استان اصفهان	محدوده شهری
21	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت کانون‌های اسکان عشایر استان اصفهان	کانون‌های اسکان عشایر
22	پلیگون	1 کیلومتر	نقشه زیست‌بوم عشایر استان اصفهان	زیست‌بوم عشایر
23	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مناطق نمونه گردشگری و تفریحی که مورد استقبال قرار می‌گیرند.	مناطق نمونه گردشگری
24	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت کمپینگ‌های استان اصفهان که محل اسکان مسافران هستند.	کمپینگ
25	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مهمانپذیرهای موجود در سطح استان اصفهان	مهمانپذیر
26	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت هتل‌های موجود در سطح استان اصفهان	هتل
27	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت جاذبه‌های ساخته شده (پارک‌ها، باغ پرندگان، آکواریوم‌ها و ...)	جاذبه‌های انسان ساخت
28	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت جاذبه‌های طبیعی (آبشار، جاذبه‌های آبی، بیشه‌ها و ...)	جاذبه‌های طبیعی
29	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مجتمع‌های بین راهی در سطح استان اصفهان	مجتمع بین راهی
30	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مجتمع‌های رفاهی تفریحی در سطح استان اصفهان	مجتمع رفاهی تفریحی
31	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت روستاهایی که بیشتر مورد توجه گردشگران قرار دارد.	روستای هدف گردشگری
32	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت زائرسراها در سطح استان اصفهان	زائرسرا
33	پلیگون	3 کیلومتر	نقشه پهنه‌های واجد ارزش گردشگری کویری در سطح استان اصفهان	پهنه واجد ارزش گردشگری کویری
34	پلیگون	3 کیلومتر	نقشه پهنه‌های واجد ارزش اکوتوریسم در سطح استان اصفهان	پهنه واجد ارزش اکوتوریسم
35	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت پیست‌های دو و میدانی موجود در سطح استان اصفهان	پیست
36	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت استخرهای موجود در سطح استان اصفهان	استخر
37	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت سالن‌های چند منظوره موجود در سطح استان اصفهان	سالن چند منظوره
38	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت زمین‌های چمن و خاکی موجود در سطح استان اصفهان	زمین‌های چمن و خاکی
39	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت سالن‌های اختصاصی شامل سالن‌های رزمی، صخره نوردی و زورخانه	سالن‌های اختصاصی
40	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت کاروانسراهای موجود در سطح استان اصفهان	کاروانسرا
41	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت قلعه‌های موجود در سطح استان اصفهان	قلعه
42	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مراکز تاریخی استان اصفهان شامل شبستان‌ها، میدان‌ها، پل‌ها و ...	جاذبه تاریخی فرهنگی
43	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت امامزاده‌ها و بقعه‌های متبرکه موجود در سطح استان اصفهان	امامزاده و بقعه متبرکه

44	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت موزه‌های موجود در سطح استان اصفهان	موزه
45	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت مفاخر ثبتی موجود در سطح استان اصفهان شامل مقبره مفاخر	مفاخر ثبتی
46	نقطه	3 کیلومتر	حمام‌های ثبت شده در سطح استان اصفهان	حمام ثبت شده
47	نقطه	3 کیلومتر	بازارهای ثبت شده در سطح استان اصفهان	بازار ثبت شده
48	نقطه	3 کیلومتر	خانه‌های ثبت شده در سطح استان اصفهان	خانه ثبتی
49	نقطه	3 کیلومتر	مسجد‌های ثبت شده در سطح استان اصفهان	مسجد ثبتی
50	نقطه	3 کیلومتر	مدرسه‌های ثبت شده در سطح استان اصفهان	مدرسه ثبتی
51	نقطه	3 کیلومتر	تکیه‌ها و حسینیه‌های ثبت شده در سطح استان اصفهان	تکیه
52	نقطه	3 کیلومتر	اقامتگاه‌های سنتی ثبت شده در سطح استان اصفهان	اقامتگاه‌های سنتی
53	نقطه	3 کیلومتر	سفره‌خانه‌های سنتی ثبت شده در سطح استان اصفهان	سفره‌خانه سنتی
54	خط	300 متر	نقشه آزادراه، بزرگراه، راه اصلی، شهری، روستایی و فرعی موجود در سطح استان	راه‌های استان
55	خط	300 متر	نقشه خطوط راه‌آهن در سطح استان اصفهان	خطوط راه‌آهن
56	نقطه	500 متر	موقعیت نیروگاه‌های وزارت نیرو و بخش خصوصی در سطح استان اصفهان	نیروگاه
57	نقطه	500 متر	موقعیت پالایشگاه‌های موجود در سطح استان اصفهان	پالایشگاه
58	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت شهرک‌های صنعتی موجود در سطح استان اصفهان	شهرک‌های صنعتی
59	نقطه	1 کیلومتر	موقعیت کارخانجات موجود در سطح استان اصفهان	کارخانجات
60	نقطه	500 متر	موقعیت پست‌های فشار گاز موجود در سطح استان اصفهان	پست‌های فشار گاز
61	نقطه	500 متر	موقعیت جایگاه‌های گاز موجود در سطح استان اصفهان	جایگاه‌های گاز
62	نقطه	500 متر	موقعیت مخازن نفت موجود در سطح استان اصفهان	مخازن نفت
63	خط	500 متر	نقشه خطوط انتقال گاز موجود در سطح استان اصفهان	خط انتقال گاز
64	خط	500 متر	نقشه خطوط برق موجود در سطح استان اصفهان	خط فشار برق
65	نقطه	3 کیلومتر	موقعیت فرودگاه‌های محلی سطح استان اصفهان	فرودگاه محلی
66	نقطه	8 کیلومتر	موقعیت فرودگاه‌های بین‌المللی سطح استان اصفهان	فرودگاه بین‌المللی
67	پلیگون	-	نقشه پراکندگی دشتهای ممنوعه برداشت آب در سطح استان اصفهان	دشتهای ممنوعه
68	پلیگون	-	نقشه پراکندگی جنگل‌ها و مراتع مرغوب در سطح استان اصفهان	جنگل‌ها و مراتع
69	پلیگون	-	نقشه شیب استان که از روی مدل ارتفاعی رقومی منطقه محاسبه شده است.	نقشه شیب
70	خط	-	جانمایی خط‌القعرها به‌عنوان آبراهه در زمان بارندگی	آبراهه‌ها