

تعیین مناطق بهینه دفن پسماند با تأکید بر روند گسترش شهری براساس تلفیق مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و میانگین وزنی مرتب شده

سامان نادى زاده شورابه^۱، نجمه نیسانی سامانی^{۲*}، محمدرضا جلوخانی نیارکی^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۲. استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

۳. استادیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۳)

چکیده

با توجه به توسعه بی‌رویه و غیراصولی شهرها و عدم وجود الگوهای صحیح مصرف منطقی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش برای دفع پسماندهای شهری، دفن بهداشتی است. امروزه ایجاد محل دفن به دلیل رشد و توسعه مناطق شهری و افزایش مخالفت عمومی، مشکل‌تر شده است. به همین دلیل توصیه می‌شود که مکان دفن در جهت رشد و توسعه آتی مناطق مسکونی و شهری قرار نگیرد. بنابراین هدف از این تحقیق انتخاب مکان بهینه دفن پسماند با توجه به گسترش فیزیکی شهر تهران در یک دوره ۲۸ ساله با در نظر گرفتن پارامتر ریسک در تصمیم‌گیری است. در این تحقیق علاوه بر معیارهای محیطی، اجتماعی و اقلیمی برای بررسی گسترش فیزیکی شهر تهران از داده‌های ماهواره‌ای لندست از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۵ استفاده شده است. در مقاله حاضر برای وزن‌دهی به معیارهای مختلف از مقایسات زوجی و جهت استخراج مکان‌های مناسب اولیه با در نظر گرفتن مفهوم ریسک در تصمیم‌گیری از مدل میانگین وزنی مرتب شده استفاده شده است. در نهایت مکان‌های مناسب نهایی برای دفن پسماند با در نظر گرفتن روند گسترش شهری در جهت‌های جغرافیایی مختلف طی ۲۸ سال گذشته انتخاب شده است. نتایج حاصل از مدل میانگین وزنی مرتب شده نشان دهنده این است که به ترتیب بیشترین و کمترین مساحت مکان مناسب برای دفن پسماند در حالت‌های OR و AND انتخاب شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مناسب‌ترین مکان‌ها اولیه برای دفن پسماند در قسمت‌های جنوب، جنوب غربی و غرب تهران قرار دارند، ولی با توجه به در نظر گرفتن روند گسترش شهری در جهت‌های جغرافیایی مختلف طی ۲۸ سال گذشته، مکان مناسب نهایی برای دفن پسماند از گزینه‌های مناسب در جهت جغرافیایی جنوب تهران قرار دارند.

کلید واژگان: پسماند، گسترش شهری، AHP-OWA، ریسک در تصمیم‌گیری

۱. مقدمه

رشد جمعیت شهری با افزایش در مصرف سرانه و ضایعات همراه بوده که بالاترین تأثیر را بر تخریب محیط زیست داشته است، بنابراین تولید زباله نقش مهمی در آلوده کردن آب‌ها و فضاهای باز دارد. امروزه با رشد شدید جمعیت و نتیجه آن افزایش زباله و آلودگی شدید زیست محیطی توسط فعالیت‌های انسانی، انتخاب یک مکان مناسب برای دفع بهداشتی زباله امری اجتناب ناپذیر است (Motlagh & Sayadi, 2015). تولید مواد زائد جامد به وسیله سازمان‌های صنعتی و مناطق شهری مشکلات زیست محیطی مهمی ایجاد می‌کند (Mikkelsen *et al.*, 1997). در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به ترتیب بیش از ۷۰ درصد و کمتر از ۶۰ درصد از بودجه شهرداری‌ها صرف هزینه جمع‌آوری زباله می‌شود (Henry *et al.*, 2006). براساس سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مدیریت یکپارچه مواد زائد جامد به ترتیب اولویت شامل چهار مرحله کاهش تولید زباله از منبع، بازیافت، کمپوست و دفن است (USEPA, 2010). با این حال با توجه به توسعه بی‌رویه شهرها، رشد روزافزون تولید پسماند و همچنین مشکلات مدیریت پسماندها، رایج‌ترین و کم هزینه‌ترین روش برای دفع پسماندها، دفن بهداشتی آن‌ها است (Eskandari *et al.*, 2012). انتخاب مکان مناسب دفن بهداشتی پسماند، یک برنامه‌ای است که به منظور شناسایی محل دفن در دسترس و بهینه، نیاز به فرآیند گسترده ارزیابی زمینی دارد. همچنین باید منطبق با الزامات و مقررات دولتی باشد (Effat & Hegazy, 2012) و در عین حال باید کمترین آسیب و زیان بر محیط زیست و سلامت عمومی ساکنان اطراف داشته باشد و همچنین از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد (Kontos *et al.*, 2005). امروزه ایجاد محل دفن به دلیل رشد و توسعه مناطق شهری و افزایش مخالف عمومی، مشکل‌تر شده است و به همین دلیل توصیه می‌شود که مکان دفن در جهت رشد و توسعه آتی

مناطق مسکونی و شهری قرار نگیرد. باید توجه داشت که روش‌های مختلف دفع به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد، اما بدون استفاده از یک سیستم توانمند به عنوان ابزاری مطمئن که توانایی استفاده از لایه‌های اطلاعات متعدد و تجزیه و تحلیل آن‌ها را داشته باشد امکان حل این معضلات امکان‌پذیر نخواهد بود (Effat & Hegazy, 2012). ادغام سیستم اطلاعات مکانی و روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره به تصمیم‌گیر کمک می‌کند که توابع آنالیز تصمیم نظیر رتبه‌بندی گزینه‌ها را برای انتخاب گزینه برتر به منظور دفن پسماندها را انجام دهد. مطالعات متعددی در مورد مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری انجام شده است. Chang (۲۰۰۸) در پژوهشی در شهر هارلینگن تگزاس با ادغام سیستم اطلاعات مکانی با تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، مناطق مناسب برای دفن پسماند به ۵ طبقه تقسیم شدند. بر اساس ارزیابی نهایی و غربال‌گیری سایت ۱ در حومه شهر هارلینگن به عنوان بهترین منطقه به منظور دفن پسماند انتخاب شد. در تحقیقی دیگر برای مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری از ۳۶ معیار (معیارهای اقتصادی، فنی، اجتماعی و جغرافیایی) و ۴ گزینه استفاده شده است. برای انتخاب بهترین سایت از FAHP^۱ با تابع عضویت مثلثی استفاده کرده‌اند. چرا که برای فرد تصمیم‌گیرنده مناسب‌تر است که مقادیر مربوط به گزینه‌ها را به صورت زبانی ارائه دهد. در این تحقیق از دو فاز برای تعیین مکان مناسب برای دفن پسماندها استفاده شده است. اول اینکه مکان‌های مناسب برای دفن پسماندها براساس قیده‌های تعیین شده و در مرحله دوم رتبه‌بندی مکان‌های کاندید به دست آمده براساس اطلاعات اصلی به روش FAHP انجام شده است. تأکید این تحقیق بر در نظر گرفتن قوانین و مقررات و نظریه فنی کارشناسان جهت تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماندهای شهری بوده است (Nazari *et al.*, 2012). در

^۱ Fuzzy Analytic Hierarchy Process

مختلف مشخص می‌شوند و سپس با استفاده از یک مدل اقدام به مقایسات زوجی کرده و در نهایت به لایه‌های مسأله وزنی اختصاص داده می‌شود و سپس با جمع جبری وزن‌های نقشه‌ها، نقشه مناسب مکانی جهت دفن پسماندها مشخص می‌شود. سپس این نقشه نهایی به طبقات مختلف از لحاظ تناسب کلاسه‌بندی می‌شوند. در مرحله بعد تصمیم‌گیر از بین کلاس بسیار مناسب اقدام به انتخاب گزینه برتر می‌نماید. در تحقیقات قبلی اشاره‌ای به توسعه فیزیکی شهر نشده است، لیکن انتخاب مکان‌های دفن پسماند در محل گسترش فیزیکی شهر باعث مشکلات زیادی از جمله مشکلات محیطی و اقتصادی می‌شود. لذا در این تحقیق علاوه بر موارد در نظر گرفته شده در مقالات قبلی، روند گسترش شهری شهر تهران در بازه زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۵ نیز جهت انتخاب موقعیت‌های بهینه دفن پسماند با درجات ریسک مختلف در تصمیم‌گیری در نظر گرفته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱،۲. وضعیت مواد زائد جامد و منطقه

مورد مطالعه

منطقه تهران دارای دو محل دفن پسماند، یکی در شرق شهرستان تهران که فقط زباله‌های ساختمانی در آنجا دفن می‌شوند و دیگری در جنوب شهر تهران واقع شده است. از آنجا که زباله‌ها در تهران به صورت غیربهداشتی دفن می‌شوند مشکلات زیست محیطی مانند دریاچه‌ای از شیرابه حدود ۱۲ هکتار و ۲۵۰ تن گاز متان توسط این زباله‌ها تولید می‌شود که بوی بد این گاز و بسیاری دیگر از گازهای نامطبوع کل منطقه را فرا گرفته و باعث بسیاری از بیماری‌های پوستی و تنفسی و سرطان در میان ساکنان نزدیک به محل‌های دفن پسماند به خصوص در کهریزک شده است (شکل ۱) (Abediniangerabi & Kamalirad, 2016).

پژوهشی با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در شهر بهبهان از معیارهای اقتصادی، اجتماعی و محیطی استفاده کردند. ابتدا اهمیت نسبی معیارها نسبت به یکدیگر با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام شد و از روش ¹SAW برای ارزیابی تناسب اراضی استفاده شد. نتایج نشان داد که ۳۸ درصد از منطقه دارای تناسب بالا بوده و در نهایت ۵ مکان مناسب برای دفن پسماندها انتخاب گردید (Rahmat et al., 2017). رامشت و همکاران (۲۰۱۲) در انتخاب مکان مناسب دفن پسماندهای شهری ویژگی‌های انسانی، هیدرولوژی، زمین شناسی، ژئومورفولوژی و زیست محیطی در نظر گرفته‌اند. نتیجه گرفتند که پهنه‌های دفن زباله در شهرستان کوهدشت را می‌توان به ۵ کلاس طبقه‌بندی کرد. در این میان پهنه‌های بسیار مناسب و مناسب به ترتیب با مساحت ۲۰۵،۱۸ و ۱۹۸،۳۱۹ کیلومترمربع بالاترین ارجحیت را جهت دفن پسماند دارا بوده و در مجموع با داشتن ۱۰،۱۴ درصد مساحت کل محدوده شهرستان در اولویت نخست طرح‌های دفن پسماند قرار می‌گیرند. رنجبر و همکاران (۲۰۱۴) برای انتخاب مکان دفن پسماندهای شهر تبریز از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و پرامتی ^۲ V به همراه صفر و یک استفاده کردند. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش پرامتی II اقدام به رتبه‌بندی مکان‌های به‌دست آمده در کلاس عالی توسط جریان خالص پرداخته و سپس با استفاده از روش پرامتی V اقدام به تشکیل یک مدل ریاضی صفر و یک (با اضافه کردن محدودیت‌های علمی و بودجه) شده است و لذا بهترین مکان برای دفن پسماندها در کلاس عالی بدین شکل در این پژوهش انتخاب شده است.

به طور کلی رویکردی که در ادبیات مقالات ذکر شده به چشم می‌خورد به این صورت است که ابتدا معیارهای

¹ Simple Additive Weighting

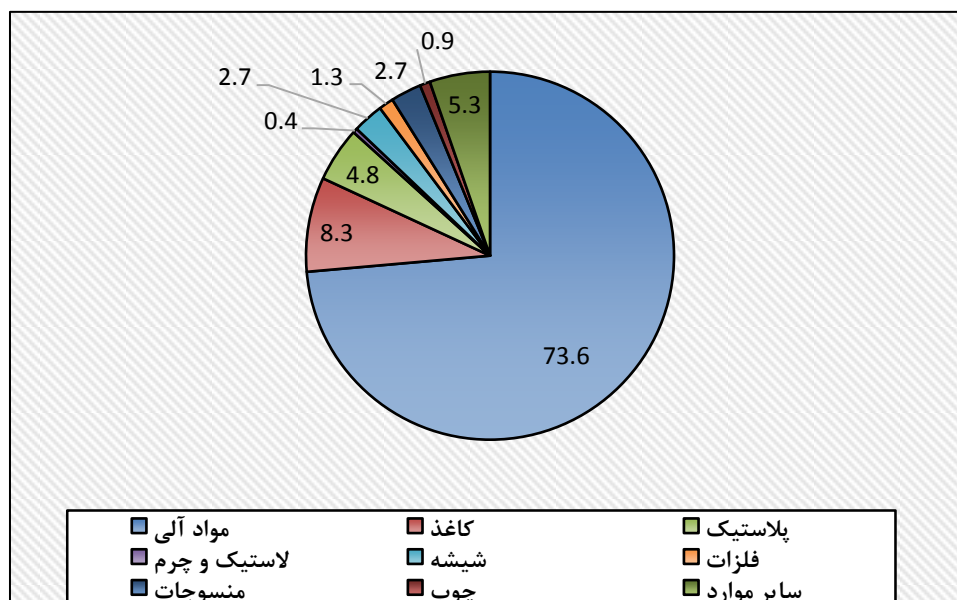
² Promethee



شکل ۱. دریاچه‌ای از شیرابه که توسط زباله‌ها در کهریزک تولید شده است

میوه‌ها و گوشت برای مصارف نهایی است. بیشترین درصد تشکیل دهنده پسماندهای شهری تهران، مواد آلی با ۷۳/۶ درصد و کمترین آن لاستیک و چرم با ۰/۴ درصد است. شکل (۲) میزان درصد مواد تشکیل دهنده پسماندهای شهری تهران را نشان می‌دهد.

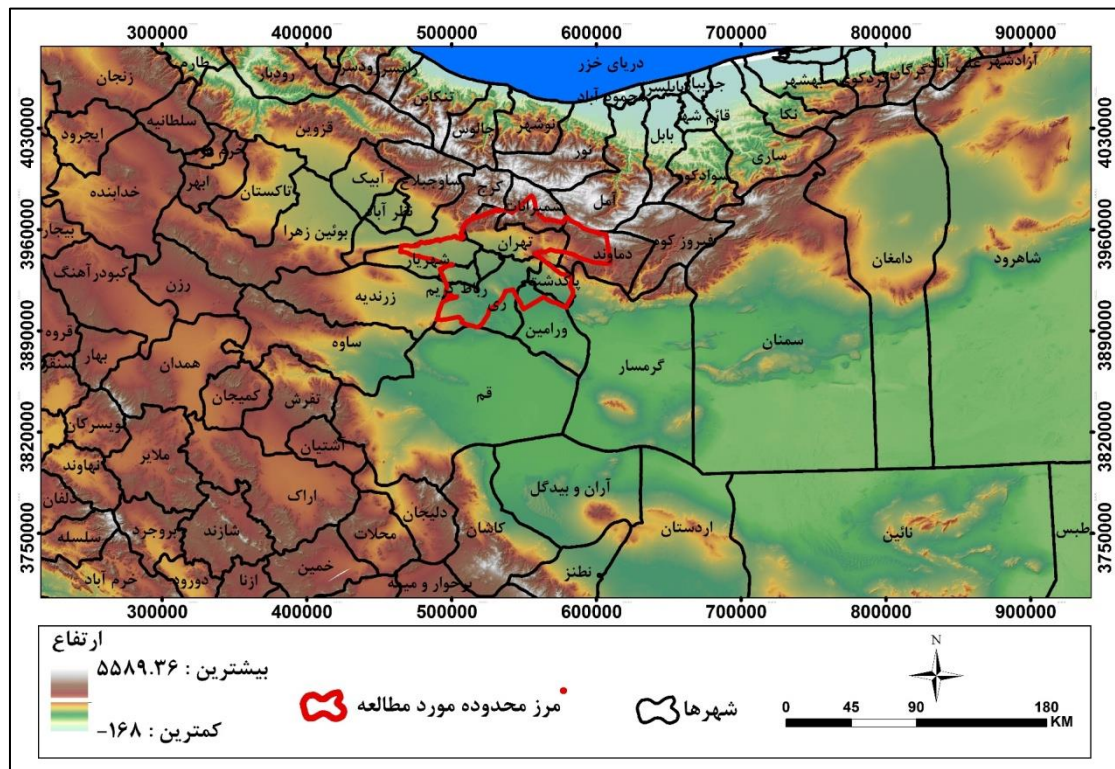
به طور کلی تفاوت آشکاری بین درصد تشکیل دهنده مواد جامد شهری در شهرهای مختلف جهان است؛ به عنوان نمونه درصد پسماندهای غذایی مربوط به کشورهای کم درآمد بالاتر از کشورهای پر درآمدتر بوده که دلیل اصلی آن عدم آماده سازی اولیه سبزیجات،



شکل ۲. ترکیب مواد زائد جامد شهری در تهران (به درصد)

۵۱° و ۱۷' تا ۵۱° و ۳۳' طول شرقی و ۳۵° و ۳۶' تا ۳۵° و ۴۴' عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۳).

شهرستان تهران به عنوان پایتخت ایران و مرکز تهران دارای ۸/۵ میلیون نفر جمعیت است. این شهرستان در



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۲.۲. داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

در این مطالعه برای بررسی تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM5، ETM+ و OLI به ترتیب مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۶ که از سایت زمین‌شناسی آمریکا^۱ دانلود شده‌اند، استفاده شده است. تمام تصاویر مورد استفاده در سیستم مختصات WGS84 و سیستم تصویر UTM زون ۳۹ با خطای RMSE کمتر از ۰/۵ پیکسل قرار گرفتند. همچنین از معیارهای محیطی (زمین‌شناسی، گسل، شیب، جهت شیب، زمین لغزش، آب‌های سطحی، عمق آب‌های زیرزمینی، مناطق حفاظت شده، بافت خاک، مناطق سیل خیز)، اجتماعی (فاصله از سکونت‌گاه‌های روستایی، فاصله از سکونت‌گاه‌های شهری، فاصله از زیرساخت‌ها، فاصله از

جاده، فاصله از فرودگاه)، و اقلیمی (نوع اقلیم، جهت باد) برای مکان‌یابی دفن پسماند استفاده شده است (جدول ۳) و برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تولید لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه از نرم‌افزارهای ENVI4.8، Arc GIS10.3 و Expert Choice متناسب با قابلیت هر یک از آن‌ها در هر مرحله استفاده گردید.

۳.۲. روش تحقیق

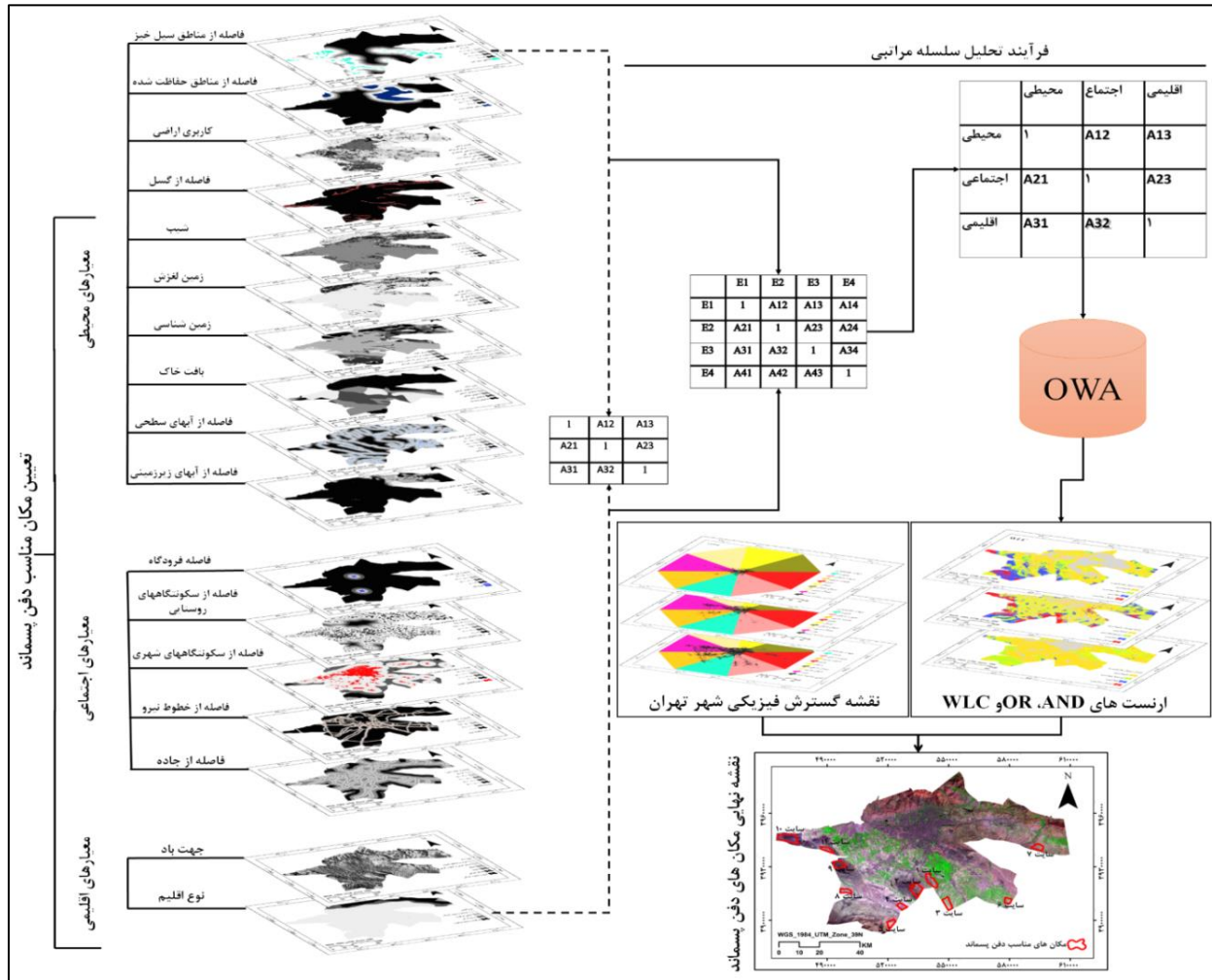
مراحل کلی پژوهش به صورت شکل (۴) نشان داده شده است.

این تحقیق از نوع کاربردی و روش آن تحلیلی-توصیفی است. در این تحقیق ابتدا برای آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای برای طبقه‌بندی، مراحل پیش پردازش شامل تصحیح هندسی و تصحیح اتمسفری انجام شد. تصحیح هندسی با استفاده از نقشه توپوگرافی با روش ثبت تصویر به نقشه انجام گرفت و همچنین برای تصحیح

¹ United States Geological Survey

آنالیز و استانداردسازی شدند. سپس با استفاده از نظرات کارشناسان خبره و به کارگیری مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی هر یک از معیارها وزن‌دهی شدند. در مرحله بعد با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی مرتب شده، نقشه‌های نهایی با ارنس‌های مختلف تهیه گردید.

اتمسفیری از روش FLAASH استفاده شده است. در مرحله بعد، طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از روش بیشترین شباهت انجام شد. سپس معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن پسماند از سازمان‌های مربوطه جمع‌آوری شد و با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی



شکل ۴. مراحل اصلی تحقیق

۱،۳،۲. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره است (Saaty, 1980) زیرا امکان فرموله کردن مسائل پیچیده طبیعی را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و

در این تحقیق از دو مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و میانگین‌گیری وزنی مرتب شده برای انتخاب بهترین مکان دفن پسماند استفاده شده است که در زیر هر کدام از آن‌ها شرح داده شده‌اند:

که توسط Saaty و Vargas (۱۹۹۱) انجام گرفت یک دامنه برای مقایسه معیارها پیشنهاد شد که شامل مقادیر عددی ۱ تا ۹ می‌شود. هر کدام از این اعداد نشان دهنده درجه اهمیت هستند به طوری که مقدار ۱ نشان دهنده اهمیت برابر و مقدار ۹ نشان دهنده اهمیت فوق العاده قوی یک شاخص نسبت به شاخص دیگر است (جدول ۱).

همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در مسئله وجود دارد (Saaty, 1986). در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تأثیر را در تعیین هدف دارد؛ به عبارت دیگر معیار وزن‌دهی به هر واحد اطلاعاتی نیز بر اساس بیشترین نقشی است که آن عامل در داخل لایه ایفاء می‌کند (Malczewski, 1999). با توجه به تحقیقاتی

جدول ۱. مقادیر اهمیت برای مقایسات زوجی (Saaty, 1980)

مقدار عددی	اهمیت پارامترها نسبت به یکدیگر
۱	اهمیت برابر
۳	اهمیت متوسط
۵	اهمیت قوی
۷	اهمیت خیلی قوی
۹	اهمیت فوق العاده قوی
۲-۴-۶-۸	اهمیت بین فواصل

استانداردسازی شده (a_{ij}) توصیف می‌شوند $(a_{ij} \in [0.1] \text{ for } j = 1, 2, \dots, n)$. مسئله ارزیابی چندمعیاره همچنین شامل مجموعه‌ای اولویت به عنوان وزن‌های معیار می‌شود: $w_j \in [0.1]$ برای $j=1, 2, \dots, n$. با داشتن لایه‌های نقشه و وزن‌های معیار، عملگر ترکیبی OWA به محل سلول i مجموعه‌ای از وزن‌های ترتیبی $v = v_1, v_2, \dots, v_n$ اختصاص می‌دهد به طوری که برای هر $j=1, 2, \dots, n$ ، $v_j \in [0.1]$ و $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ عملگر ترکیبی OWA به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (Malczewski, 2006):

$$OWA = \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^n u_j v_j} \right) z_{ij} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن $Z_i n \geq \dots \geq Z_i 2 \geq Z_i 1$ با مرتب کردن مقادیر توصیفی $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$ به دست می‌آید و u_j همان وزن معیار است که براساس ترتیب Z_{ij} ها مرتب‌سازی شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در

۲،۳،۲. میانگین‌گیری وزنی مرتب شده (OWA)

در یک مسئله تصمیم‌گیری، افراد ریسک‌پذیر بر روی خواص خوب یک گزینه و افراد ریسک‌گریز بر روی خواص بد یک گزینه تأکید می‌کنند و آنرا ملاک انتخاب خود قرار می‌دهند. روش OWA قادر است تا میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد را محاسبه و آنرا در انتخاب گزینه نهایی وارد نماید (Mirghafoori, 2014). روش OWA برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ توسط Yager (۱۹۸۸) برای توصیف یک رده از روش‌های MCDA ارائه شد. توانایی روش OWA در این است که منجر به درجه‌بندی پیوسته سناریوهای بین عملگر اشتراک (ریسک‌ناپذیر) و عملگر اجتماع (ریسک‌پذیری) می‌شود (Gorsevski et al., 2012).

تصمیم‌گیری‌های مکانی باید منجر به انتخاب یک (یا چند) گزینه مکانی شوند. هر کدام از این گزینه‌ها $(i=1, 2, \dots, m)$ ، با یک دسته مقادیر

¹ Multiple Criteria Decision Analysis

$$\text{ORness} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n-j}{n-1} \right) \lambda k, 0 \leq \text{ORness} \leq 1$$

رابطه ۳

هر چقدر مقدار ارنس بیشتر باشد میزان ریسک‌پذیری تصمیم‌گیر بیشتر خواهد بود و هر چقدر مقدار ارنس کمتر باشد میزان ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر بیشتر خواهد بود. مزیت روش OWA این است که محقق می‌تواند به واسطه دوباره مرتب‌سازی و تغییر پارامترهای معیار، دامنه وسیعی از نقشه‌ها و راه‌حل‌های مختلف و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند.

۲،۳،۳. روش AHP - OWA

در این مقاله دو روش برای ارزیابی چندمعیاره در GIS معرفی شد: فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و میانگین‌گیری وزنی مرتب‌شده. این دو روش در یک سطح اجرا نمی‌شوند. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی یک ابزار کلی برای ایجاد مدل سلسله‌مراتبی مسائل تصمیم‌گیری مکانی، پردازش کلی فرآیند و ارزیابی هر کدام از فرآیندهاست. فرآیند ارزیابی در تحلیل سلسله‌مراتبی از یک ترکیب خطی وزن‌دار ساده برای محاسبه مقادیر هر کدام از سلول‌های رستری استفاده می‌کند. عملگر OWA نیز یک چارچوب کلی برای انجام پردازش‌هایی مانند AHP فراهم می‌آورد. ماهیت و ساختار این دو الگوریتم به گونه‌ای است که از ترکیب آن‌ها می‌توان برای ایجاد یک ابزار تصمیم‌گیری مکانی قدرتمند بهره برد (Yager & Kelman, 1999). برای رسیدن به این چارچوب فرض بر این است که دو مرحله اول AHP یعنی تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی و وزن‌دهی نسبی اهداف با استفاده از مقایسه‌های دوجه‌دو برآورد شده است. از این مرحله به بعد مسئله با کمیت‌سنج‌های هدایت شده OWA پردازش می‌شود. مقادیر کلی مربوط به هر سلول i ام در دو مرحله قابل محاسبه خواهد بود؛ ابتدا مقادیر هر سلول با در نظر گرفتن هر کدام از اهداف با استفاده از رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

این روش از دو نوع وزن استفاده می‌شود: وزن‌های معیار و وزن‌های ترتیبی. وزن‌های معیار نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر کدام از معیارهای ارزیابی هستند (لایه‌ها و نقشه‌ها) اما وزن‌های ترتیبی بر اساس موقعیت مکانی سلول‌های لایه‌ها و نقشه‌ها اختصاص‌دهی می‌شوند. بنابراین در یک نقشه همه سلول‌ها دارای یک وزن معیار مشترک هستند اما وزن ترتیبی آن‌ها متفاوت خواهد بود (Gorsevski et al., 2012).

عملگر تجمیعی OWA بر مجموعه وزن‌ها تأکید دارد، به دلیل اینکه اکثر تصمیم‌سازی‌های بر مبنای GIS به مجموعه‌ای از وزن‌ها برای مرتبط‌سازی با معیارها نیاز دارد اما مسئله نادیده گرفته می‌شود، یا اگر یک رویکرد با عنوان اصلاح وزن معیار جهت ایجاد وزن نسبی برای گنجاندن وزن معیار به عملگر OWA به صورت رابطه (۲) پیشنهاد داد (Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015a, 2015b, 2015c).

$$v_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^j ul}{\sum_{i=1}^n ul} \right)^\alpha - \left(\frac{\sum_{i=1}^{j-1} ul}{\sum_{i=1}^n ul} \right)^\alpha$$

رابطه ۲

که در آن u_i وزن معیار j ام بر اساس مقدار مشخص شده معیار Z_{ij} است. وزن معیار w_j به معیار j ام در همه موقعیت‌ها برای نشان دادن اهمیت نسبی معیار طبق ارنس خروجی (درجه ریسک‌پذیری) تصمیم‌گیرنده ارجاع داده می‌شود. این وزن بازتاب دهنده مقادیر و علایق یک تصمیم‌است (Jelokhani-Niaraki & Malczewski, 2015a).

درجه ارنس یا ریسک‌پذیری موقعیت عملگر OWA را در بین AND (مینیمم) و OR (ماکزیمم) نشان می‌دهد. این درجه بیانگر میزان تأکید تصمیم‌گیر بر روی مقادیر بهتر و یا بدتر یک مجموعه از شاخص‌ها و یا همان ریسک‌پذیری یا ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر است. درجه ارنس به صورت رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Miyanabadi & Afsha, 1999):

که در آن $P(w_i|x)$ احتمال تعلق x به ردیف w_i است. عبارت فوق بیان می‌کند که اگر احتمال تعلق x به w_i بیشتر از احتمال تعلق x به w_j باشد، آنگاه x در ردیف w_i قرار دارد. با استفاده از قاعدهٔ بیز داریم:

$$P(w_i|x) = \frac{P(x|w_i)P(w_i)}{P(x)} \quad \text{رابطه ۷}$$

حال با جای‌گذاری رابطهٔ ۶ در ۷، رابطهٔ ۸ به دست خواهد آمد:

$$x \in w_i \text{ if } P(x|w_i) p(w_i) > P(x|w_j) p(w_j) \quad \text{رابطه ۸} \\ \text{for all } j \neq i$$

که در آن، $P(x|w_i)$ عبارت است از احتمال رخداد x به شرط آن که عضو ردیف w_i باشد و $P(w_i)$ عبارت است از احتمال وقوع ردیف i است.

پس از طبقه‌بندی تصاویر، اراضی ساخته شده استخراج گردید. در نهایت، در هشت جهت جغرافیایی مقایسه گردید.

۵.۳.۲. معیارهای انتخاب مکان دفن پسماند

مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد فرآیند مشکل، پیچیده و طولانی است. این مکان باید با الزامات و مقررات دولتی موجود منطبق و در همان حال باید هزینه‌های اقتصادی، زیست محیطی، بهداشتی و اجتماعی را به حداقل برساند (Siddiqui et al., 1996). برای ارزیابی یک سایت به عنوان یک مکان مناسب برای دفن مواد زائد جامد عواملی زیادی در نظر گرفته می‌شود (Savage et al., 1998). به طور کلی معیارهای مکان‌یابی برای دفن پسماند به چهار دسته کلی محیطی، اجتماعی و اقلیمی (کاربری اراضی، زمین‌شناسی، گسل، آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، شیب، فرودگاه، زمین لغزش، سیل‌خیزی، فاصله از زیرساخت‌ها، سکونت‌گاه‌های شهری، سکونت‌گاه‌های روستایی، مناطق حساس، فاصله از جاده، جهت باد، نوع اقلیم) تقسیم می‌گردد (جدول ۴) (Uyan, 2014) که در زیر توضیح داده شده‌اند:

$$s_{iq} = \sum_{k=1}^1 uk(q). z_{ik}(q)$$

for all $i = 1, 2, \dots, m$ and $q = 1, 2, \dots, p$

$$uk(q) = \left(\sum_{k=1}^1 uk(q) \right)^{\alpha_q} - \left(\sum_{k=1}^{l-1} uk(q) \right)^{\alpha_q} \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن، $Z_{ik}(q)$ با مرتب‌سازی دوبارهٔ مقادیر، معیارهای مربوط به هدف q ام، $x_{ik}(q)$ به دست می‌آید و $u_{k(q)}$ نیز برابر است با وزن ترتیبی معیار k ام برای هدف q ام. $\alpha(q)$ نیز مشخصهٔ کمیت‌سنج مفهومی مربوط به هدف q ام است. با داشتن مقادیر هر کدام از سلول‌ها برای هر کدام از اهداف (S_{iq})، مقدار کلی سلول i ام را می‌توان از رابطهٔ (۵) محاسبه کرد:

$$AHP-OWA_i = \sum_{q=1}^p vq z_{iq} \quad \text{for all } i = 1, 2, \dots, m$$

And

$$vq = \left(\sum_{q=1}^p uq \right)^{\alpha_s} - \left(\sum_{q=1}^{p-1} uq \right)^{\alpha_s} \quad \text{رابطه ۵}$$

که در آن، Z_{iq} با مرتب‌سازی دوبارهٔ مقادیر گزینه‌ها در سطح اهداف S_{iq} به دست می‌آید و u_q نیز وزن مرتب شدهٔ هدف q ام است. α_g نیز مشخصهٔ متصل به کمیت‌سنج مفهومی مربوط به هدف کلی مسئلهٔ تصمیم‌گیری مکانی است (Boroushaki & Malczewski, 2008).

۴.۳.۲. استخراج نقشهٔ گسترش شهری

برای تهیهٔ نقشهٔ گسترش شهری از روش بیشترین شباهت استفاده شده است. روش بیشترین شباهت جزء روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده است که نیاز به داده‌های آموزشی دارد. در این روش احتمال اینکه یک پیکسل بتواند به هر یک از m کلاس موجود تعلق یابد بررسی می‌شود و سپس پیکسل به کلاسی که بیشترین احتمال را دارد اختصاص می‌یابد. این روش از قاعدهٔ تصمیم بیز (رابطهٔ ۶) برای محاسبهٔ احتمال استفاده می‌کند (Jensen & Lulla, 1987).

$$x \in w_i \text{ if } P(w_i|x) > P(w_j|x) \quad \text{رابطه ۶} \\ \text{for all } j \neq i$$

۱,۵,۳,۲. معیارهای محیطی

۱,۱,۵,۳,۲. فاصله از آب‌های زیرزمینی

یک مکان دفن پسماند باید در منطقه‌ای که عمق آب‌های زیرزمینی به اندازه کافی عمیق باشد ایجاد گردد، به طوری که کیفیت آب‌های زیرزمینی به دلیل حرکت شیرابه از مکان‌های دفن پسماند تحت تأثیر قرار نگیرند معیارهای مشخصی برای انتخاب مناسب‌ترین فاصله آب‌های زیرزمینی از مکان‌های دفن پسماند وجود ندارد؛ برای مثال Vasiljevic و همکاران (۲۰۱۲) بیان کرد که فاصله مناسب مکان‌های دفن پسماند با آب‌های زیرزمینی ۵ متر است. در حالی که Khan و Samadder (۲۰۱۵) فاصله ۴-۳/۵ متر را در نظر گرفته است. در این پژوهش فاصله کمتر از ۳۰۰ متر بسیار نامناسب و بیشتر از ۹۰۰ متر بسیار مناسب است.

۲,۱,۵,۳,۲. فاصله از آب‌های سطحی

آب‌های سطحی پارامتر مهم برای انتخاب مکان دفن پسماند است. برای جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی توسط شیرابه‌های محل دفن باید فاصله مناسبی از آن‌ها در نظر گرفته شود (Sener et al., 2010). در این پژوهش فاصله کمتر از ۵۰۰ متر بسیار نامناسب و فاصله بیشتر از ۳۵۰۰ متر بسیار مناسب است.

۳,۱,۵,۳,۲. شیب

Lin و Kao (۱۹۹۸) شیب مناسب برای ایجاد مکان‌های دفن پسماند را ۱۲-۶ درصد پیشنهاد کردند، زیرا شیب تند ایجاد کردن محل دفن و نگهداری از آن را دشوار می‌کند و اگر بیش از اندازه هموار باشد شبکه زهکشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شیب بالاتر از ۱۲ درصد در هنگام بارش رواناب ایجاد می‌کند که با افزایش رواناب و کاهش نفوذ آلودگی ممکن است سطح بیشتری از منطقه را در برگیرد. در این پژوهش شیب بالاتر از ۲۰ درصد بسیار نامناسب و شیب بین ۱۲-۶ - بسیار مناسب در نظر گرفته شده است.

۴,۱,۵,۳,۲. زمین شناسی

جنس سنگ میزان نفوذپذیری را نشان می‌دهد. نفوذپذیری زیاد باعث آلوده شدن آب‌های زیرزمینی می‌شود. نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از جنس زمین از نوع ذخایر تراسی و مخروط افکنه است که دارای نفوذپذیری زیاد است، بنابراین کمترین وزن به این طبقه نسبت داده شده است؛ در نتیجه با استفاده از نقشه زمین شناسی، زمین شناسی منطقه به ۷ طبقه تقسیم گردید که بیشترین وزن به طبقه بازالت، ریولیت و گرانیت نسبت داده شد.

۵,۱,۵,۳,۲. فاصله از مناطق سیل خیزی

سیل خیزی به شیب، توپوگرافی و نفوذپذیری منطقه بستگی دارد. در مناطق با پتانسیل سیل خیزی بالا خطر انتشار آلودگی به محیط اطراف افزایش می‌یابد. بنابراین باید به شناسایی مناطق با پتانسیل سیل خیزی بالا پرداخت و از احداث لندفیل در آن‌ها اجتناب کرد. همچنین ویژگی‌های دیگر سیلاب (به عنوان مثال حدود مرز دوره ۱۰۰ ساله سیلاب) نیز باید مشخص باشد. اگر شیب کمتر از ۱۵ درصد و خاک آبرفتی باشد دشت سیلابی وجود دارد.

۶,۱,۵,۳,۲. بافت خاک

دانه‌بندی خاک که ترکیبی از ذرات شن، رس و سیلت است در انتخاب محل دفن بسیار مهم است. نسبت ذرات سه گانه مربوط تعیین کننده ویژگی تراوایی خاک به شمار می‌آید. به این معنا که هرچه درصد شن در ساختار خاک بیشتر باشد میزان نفوذپذیری آن بیشتر می‌گردد و در مقابل افزایش درصد رس در خاک علاوه بر کاهش نفوذپذیری، به علت وجود کلوئیدها، خاک به نحو مؤثری در تبادلات کاتیونی شرکت جسته و زمینه پدیده فیلتراسیون سیال می‌گردد. لذا خاک به هر منظور که مورد مطالعه قرار گیرد (چه خاک پوششی و چه خاک بستر و کف محل دفن) تراوایی یکی ویژگی مهم آن تلقی می‌گردد.

و آب برای مکان دفن پسماند بسیار نامناسب در نظر گرفته شد و کاربری زمین بایر مکان بسیار مناسب برای دفن در نظر گرفته شد.

۱۰,۱,۵,۳,۲. زمین لغزش

زمین لغزش عمدتاً در مناطق کوهستانی که بارندگی در آن زیاد بوده و دارای لیتولوژی رسوبی هستند اتفاق می‌افتد. با توجه به شرایط آب و هوایی، زمین شناختی، ساخت و ساز در شیب‌های تند و سایر شرایط مستعد کننده ناپایداری دامنه، در بخش‌های شمالی تهران بحث زمین لغزش به مشکل حاد تبدیل شده است. بر اساس طبقه‌بندی Varnes (۱۹۷۸) زمین لغزش به ۵ طبقه بدون خطر، خطر کم، خطر متوسط، خطر بالا و خطر خیلی بالا تقسیم شد که به طبقه بدون خطر بیشترین وزن داده شد و به طبقه خطر بسیار بالا کمترین وزن نسبت داده شد.

۲,۵,۳,۲. معیارهای اجتماعی

۱,۲,۵,۳,۲. فاصله از سکونتگاه‌های شهری و روستایی

مکان‌های دفن زباله باید در خارج از شهر و دور از مراکز جمعیتی ایجاد شوند زیرا باعث تأثیر منفی بر ارزش زمین و توسعه آینده سکونتگاه‌ها می‌شود. از طرف دیگر به منظور کاهش هزینه حمل‌ونقل و زمان و وسعت منطقه مورد مطالعه و سایر مشکلات دوری راه، تا حد امکان باید سعی شود که محل دفن در مکان نزدیک‌تر واقع شود. به گفته Allen و همکاران (۲۰۰۳) فاصله از مراکز شهری باید حداقل ۵ کیلومتر و از مناطق مسکونی حومه شهر باید ۵۰۰ متر فاصله داشته باشد. در این پژوهش برای سکونتگاه‌های شهری فاصله کمتر از ۵ و بیشتر از ۲۰ کیلومتر بسیار نامناسب و فاصله بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر بسیار مناسب است. برای سکونتگاه‌های روستایی فاصله کمتر از ۲۵۰۰ متر و بیشتر از ۷۰۰۰ متر بسیار نامناسب و فاصله بین ۵۵۰۰ تا ۷۰۰۰ بسیار مناسب است.

۲,۲,۵,۳,۲. فاصله از شبکه‌های جاده‌ای

با توجه به قوانین ملی و بین‌المللی محل‌های دفن زباله باید دور از شبکه جاده‌های اصلی و فرعی قرار

۷,۱,۵,۳,۲. فاصله از مناطق حفاظت شده

مناطق حفاظت شده شامل مناطق زیست‌گاهی و جانوری بوده که باید محل دفن از آن‌ها فاصله کافی داشته باشد. مرداب‌ها، تالاب‌ها و پارک‌های جنگلی از جمله این مناطق به شمار می‌روند. محل دفن انتخابی باید به گونه‌ای باشد که هیچ اثر سوئی در کوتاه مدت روی این مناطق نداشته باشد. هر چه فاصله از این مناطق بیشتر باشد درجه مناسب بودن بیشتر می‌شود. در این پژوهش فاصله کمتر از ۱ کیلومتر بسیار نامناسب و بیشتر از ۴ کیلومتر بسیار مناسب است.

۸,۱,۵,۳,۲. فاصله از گسل

مکان‌های دفن باید دورتر از مناطق زلزله‌خیز و گسل‌ها باشد. این فاصله مناسب مانع از نفوذ شیرابه به آب‌های زیرزمینی می‌شود. عدم توجه به گسل‌ها احتمال انتشار شیرابه در مناطق وسیع و در نتیجه امکان وقوع فجایع زیست محیطی و انسانی در این مناطق را به دنبال خواهد داشت (Al-Hanbali et al., 2011). بر اساس USEPA^۱ (۱۹۹۳) مکان دفن نباید در ۶۰ متری یک گسل قرار گیرد. در این پژوهش فاصله کمتر از ۲۰۰ متر بسیار نامناسب و فاصله بیشتر از ۵۰۰ متر بسیار مناسب است.

۹,۱,۵,۳,۲. کاربری اراضی

اراضی کشاورزی، صنعتی و حیات‌وحش نمونه‌هایی از کاربری اراضی محسوب می‌شوند. ارزش تملک زمین تابع نوع کاربری آن است و همچنین نوع و شدت آلودگی رابطه مستقیم با کاربری دارد. لذا باید قبل از انتخاب مکان دفن در منطقه مورد مطالعه به شناخت کاربری‌های مختلف در آن پرداخت. به انواع کاربری‌های اراضی مختلف وزن‌های متفاوتی با توجه به فعالیت‌های اقتصادی و تراکم جمعیت نسبت داده شد. محدوده مورد مطالعه شامل ۵ کاربری است. در این پژوهش مناطق ساخته‌شده

¹ United States Environmental Protection Agency

مکان دفن باید لحاظ شود. در مناطق سرد که زمان یخبندان طولانی است زمین سفت شده و حفاری و خاک برداری مشکل انجام می‌شود. لذا باید به اندازه کافی مواد پوششی در فصول گرم برای زمستان و یخبندان ذخیره شود. منطقه مورد مطالعه به چهار نوع آب و هوا طبقه‌بندی شده است. در این پژوهش برای انتخاب مکان دفن، آب و هوای خشک و نیمه خشک بسیار مناسب، مدیترانه‌ای مناسب، مرطوب و نیمه مرطوب نامناسب و خیلی مرطوب بسیار نامناسب در نظر گرفته شده است.

۲،۳،۵،۳،۲. جهت باد

سکونتگاه‌های نزدیک به مکان‌های دفن زباله تحت تأثیر بوی بد تولید شده از این مکان‌ها قرار می‌گیرند. از این رو بهتر است که مکان‌های دفن در مکانی ایجاد شوند که جهت باد به سمت سکونتگاه‌ها نباشد. به منظور بررسی جهت وزش باد منطقه مورد مطالعه، نقشه جهت با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی منطقه تهیه شد (روش پیشنهاد شده توسط Sener و همکاران، (۲۰۱۰)). جهات مورفولوژیکی براساس درجه و فرکانس باد براساس درصد تعیین شدند. جهات شرق، جنوب شرق و شمال شرقی سرعت باد کم بود، بنابراین به این مناطق بیشترین وزن داده می‌شود. جهت وزش باد غالب در تهران غربی (۲۷۰ درجه) و متوسط سرعت وزش باد ۵/۵ متر بر ثانیه است. بنابراین به جهت غربی و مناطق مسطح کمترین وزن داده شد زیرا مناطق مسطح به دلیل اینکه از تمام جهات تحت تأثیر باد قرار می‌گیرند و در نتیجه نامناسب هستند.

۴. نتایج

۱،۴. وزن و نقشه معیارها

با بهره‌گیری از نظر کارشناسان متخصص و با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی وزن معیارها و زیر معیارها در سطوح مختلف محاسبه و نتایج آن به صورت جدول (۴) نشان داده شده است.

بگیرند (Kontos *et al.*, 2005). از سوی دیگر، مکان‌های دفن باید در تمام فصول و تمام شرایط اقلیمی قابل دسترسی بوده، دارای جاده‌های با عرض کافی و حداقل بار ترافیکی و به سهولت با آزاد راه‌ها و در صورت امکان با راه آهن در ارتباط باشد (Sener *et al.*, 2010) و همچنین برای کاهش هزینه‌های ایجاد جاده و هزینه‌های حمل و نقل مکان‌های دفن نباید در فاصله خیلی دور از شبکه‌های جاده‌ای قرار گیرند (Khan & Samadder, 2015). در این پژوهش فاصله کمتر از ۵۰۰ متر و بیشتر از ۱۳ کیلومتر بسیار نامناسب و فاصله بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر بسیار مناسب است.

۳،۲،۵،۳،۲. فاصله از زیرساخت‌ها

به منظور جلوگیری از آسیب به سیستم‌های زیرساختی (خطوط انتقال گاز و برق)، مکان‌های دفن پسماند باید فاصله مناسبی با آن‌ها داشته باشند. در این پژوهش فاصله کمتر از ۲۵۰ متر بسیار نامناسب، ۲۵۰-۵۰۰ متر نسبتاً مناسب، ۵۰۰-۱۰۰۰ مناسب و فاصله بیشتر از ۱۰۰۰ متر بسیار مناسب در نظر گرفته شده است (Uyan., 2014).

۴،۲،۵،۳،۲. فاصله از فرودگاه

مقادیر متفاوتی برای فاصله بین محل‌های دفن و فرودگاه در ادبیات تحقیق در نظر گرفته شده است، به عنوان مثال Bagchi (۱۹۹۴) ۳/۰۴۸ متر، Kontes و همکاران (۲۰۰۵) ۳۰۰۰ متر و Effat و Hegazy (۲۰۱۲) ۵۰۰۰ متر. از دلایل مهم انتخاب محل دفن پسماند در فاصله مناسب از فرودگاه این است که محل‌های دفن زباله مرکز تجمع پرندگان زیادی است که می‌توانند در هنگام نشستن هواپیماها خطرات جدی ایجاد کنند. در این پژوهش فاصله کمتر از ۳ کیلومتر بسیار نامناسب و بیشتر از ۸ کیلومتر بسیار مناسب است.

۳،۵،۳،۲. معیارهای اقلیمی

۱،۳،۵،۳،۲. نوع آب و هوا

نوع آب و هوا معیار مهمی است که باید در انتخاب

جدول ۴. وزن معیارهای اصلی، معیارها و زیرمعیارهای استفاده شده برای مکان‌یابی دفن پسماند

معیارهای اصلی	وزن	CR	معیارها	وزن	CR	زیرمعیار	وزن	CR
محیطی	۰/۵۴۸	۰/۰۳	شیب (درصد)	۰/۰۳۴	۰/۰۵	>۶	۰/۱۷۰	۰/۰۶
						۱۲-۶	۰/۶۴۱	
						۱۶-۱۲	۰/۲۶۰	
						۲۰-۱۶	۰/۰۷۱	
						<۲۰	۰/۰۳۹	
			فاصله از آب‌های سطحی (متر)	۰/۲۰۳		>۵۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۲
						۱۵۰۰-۵۰۰	۰/۰۶۵	
						۲۵۰۰-۱۵۰۰	۰/۱۰۵	
						۳۵۰۰-۲۵۰۰	۰/۳۰۴	
						<۳۵۰۰	۰/۴۸۳	
			عمق آب‌های زیرزمینی (متر)	۰/۰۸۴		>۱۵	۰/۰۵۸	۰/۰۲
						۳۰-۱۵	۰/۱۳۶	
						۴۵-۳۰	۰/۲۷۲	
						<۴۵	۰/۵۳۴	
			فاصله از مناطق حفاظت شده (متر)	۰/۱۵۳		>۳۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۱
						۵۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۱۳۲	
						۷۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۲۶۵	
						<۷۰۰۰	۰/۵۵۰	
			کاربری اراضی	۰/۲۰۵		باير	۰/۴۶۷	۰/۰۱
						مرتع	۰/۲۸۰	
						کشاورزی	۰/۱۴۵	
						باغ	۰/۰۷	
						آب و ساخته شده	۰/۰۳۸	
			فاصله از گسل (متر)	۰/۰۱۷		>۲۰۰	۰/۰۷۵	۰/۰۱
						۵۰۰-۲۰۰	۰/۳۳۳	
						<۵۰۰	۰/۵۹۲	
			زمین شناسی*	۰/۰۲۰		A	۰/۰۲۵	۰/۰۴
						B	۰/۰۳۵	
						C	۰/۰۴۹	
						D	۰/۰۹۷	
						E	۰/۱۴۸	
						F	۰/۲۴۷	
						G	۰/۳۹۸	
			بافت خاک	۰/۰۱۹		استپی	۰/۰۴۰	۰/۰۳
						لیتوسل	۰/۰۶۱	
						آبرفتی	۰/۱۲۹	
						بیابانی	۰/۲۸۵	
						شور	۰/۴۸۵	
			فاصله از مناطق سیل خیز (متر)	۰/۰۳۴		>۳۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۰۶
						۵۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۰۵۶	
						۷۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۱۱۶	
						۹۰۰۰-۷۰۰۰	۰/۲۷۲	
						<۹۰۰۰	۰/۵۲۱	

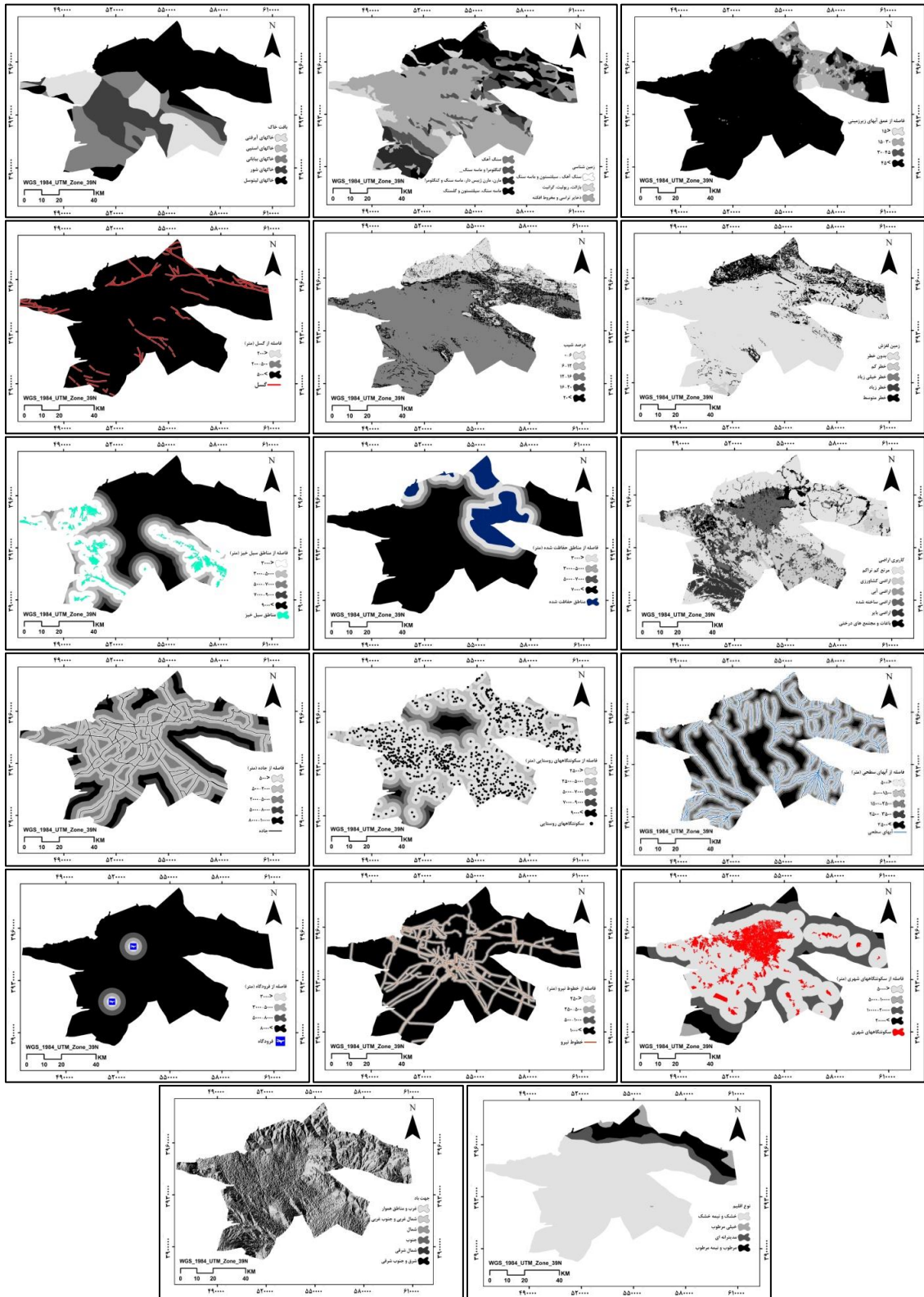
ادامه جدول ۴.

معیارهای اصلی	وزن	CR	معیارها	وزن	CR	زیرمعیار	وزن	CR
			زمین لغزش	۰/۰۶۱		بدون خطر	۰/۴۶۰	۰/۰۲
						خطر کم	۰/۳۰۹	
						خطر متوسط	۰/۱۳۸	
						خطر زیاد	۰/۰۵۷	
						خطر خیلی زیاد	۰/۰۲۶	
اجتماعی	۰/۳۳۰		فاصله از سکونتگاه‌های شهری (متر)	۰/۵۲۳	۰/۰۳	>۵۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۲
						۱۰۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۲۹۱	
						۲۰۰۰۰-۱۰۰۰۰	۰/۵۳۹	
						۲۰۰۰۰<	۰/۱۱۸	
			فاصله از سکونتگاه‌های روستایی (متر)	۰/۱۴۱		>۲۵۰۰	۰/۰۳۶	۰/۰۴
						۵۰۰۰-۲۵۰۰	۰/۰۶۰	
						۷۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۱۰۵	
						۹۰۰۰-۷۰۰۰	۰/۲۴۱	
						۹۰۰۰<	۰/۵۵۸	
			فاصله از فرودگاه (متر)	۰/۱۳۲		>۳۰۰۰	۰/۰۴۸	۰/۰۳
						۵۰۰۰-۳۰۰۰	۰/۱۱۶	
						۸۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۳۶۲	
						۸۰۰۰<	۰/۵۷۴	
			فاصله از جاده (متر)	۰/۱۴۹		>۵۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۱
						۲۰۰۰-۵۰۰	۰/۰۶۷	
						۵۰۰۰-۲۰۰۰	۰/۱۲۲	
						۸۰۰۰-۵۰۰۰	۰/۴۹۴	
						۱۰۰۰۰-۸۰۰۰	۰/۲۷۵	
			فاصله از خطوط نیرو (متر)	۰/۰۵۵		>۲۵۰	۰/۰۵۸	۰/۰۳
						۵۰۰-۲۵۰	۰/۱۵۶	
						۱۰۰۰-۵۰۰	۰/۲۵۴	
						۱۰۰۰<	۰/۵۳۲	
اقلیمی	۰/۱۲۲		نوع اقلیم	۰/۳۵۰	۰/۰	خشک و نیمه خشک	۰/۵۳۸	۰/۰۱
						مدیترانه ای	۰/۲۷۸	
						مرطوب و نیمه مرطوب	۰/۱۳۲	
						خیلی مرطوب	۰/۰۵۲	
			جهت باد	۰/۶۵۰		شرق و جنوب شرقی	۰/۴۴۸	۰/۰۳
						شمال شرقی	۰/۲۴۱	
						جنوب	۰/۱۴۷	
						شمال	۰/۰۸۸	
						شمال غربی و جنوب غربی	۰/۰۴۸	
						غرب و مناطق هموار	۰/۰۲۸	

A*: ذخایر تراسی و مخروط افکنه B: کنگلومرا و ماسه سنگ C: مارن و مارن ژیبس دار و ماسه سنگ و کنگلومرا D: ماسه سنگ، سیلتستون و گل‌سنگ
E: سنگ آهک، سیلتستون و ماسه سنگ F: سنگ آهک G: بازالت، ریولیت و گرانیت.

یک از معیارها به دست آمده که به صورت شکل (۵) نشان داده شده است.

با توجه به داده‌های اولیه مورد استفاده در پژوهش و وزن نهایی به دست آمده برای معیارهای مختلف، نقشه هر



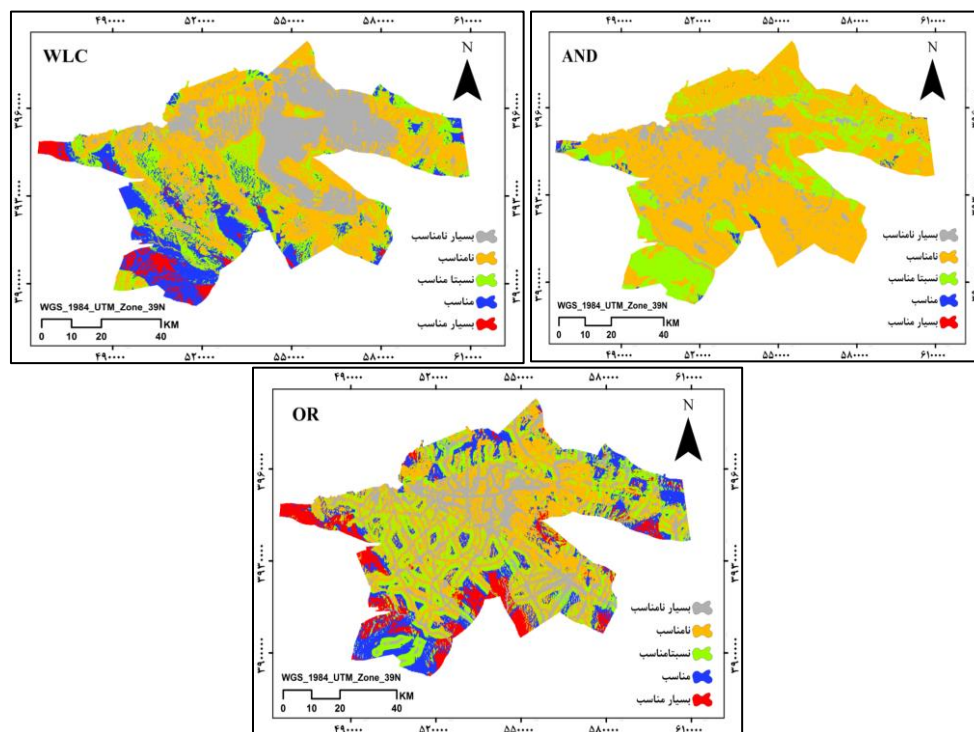
شکل ۵. نقشه معیارهای مورد استفاده در تحقیق

۲,۴. انتخاب مکان مناسب دفن پسماند با توجه

به روند گسترش شهری

برای تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند به منظور ارزیابی معیارها از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

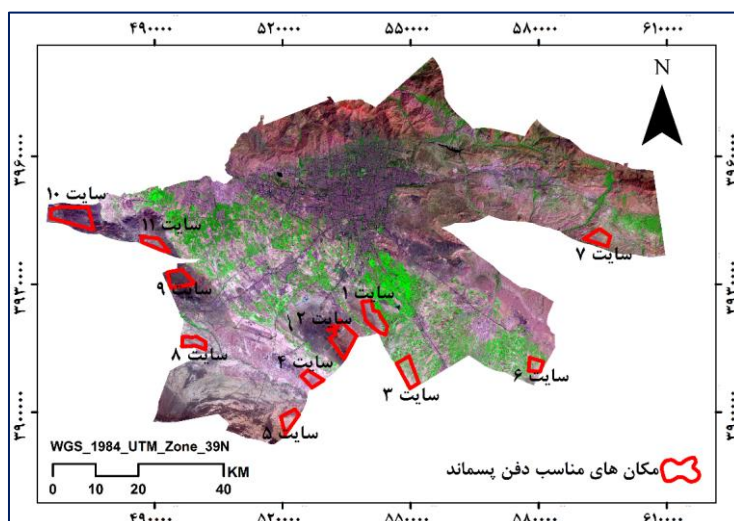
استفاده شده است. بعد از تعیین وزن برای معیارها با استفاده از روش OWA به ارنس‌های AND، OR و WLC مکان‌های مناسب برای دفن پسماند در شهر تهران انتخاب شد (شکل ۶).



شکل ۶. نقشه‌های نهایی دفن پسماند با ارنس‌های AND، OR و WLC

درحالتی که حساسیت بالایی برای مکان دفن پسماند وجود نداشته باشد از حالت خوشبینانه یا OR می‌توان استفاده کرد؛ در این صورت هزینه اقتصادی پایین‌تر خواهد بود. در حالتی که تعیین مکان و هزینه اقتصادی در حد متعادل باشد حالت WLC به نسبت مدل‌های دیگر مناسب‌تر است. در این پژوهش برای تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماند از حالت OR استفاده می‌کنیم. با توجه به حالت OR بیشترین مکان‌های مناسب دفن پسماند در قسمت‌های جنوب، جنوب غربی و غرب شهر تهران واقع شده است (شکل ۷). جدول (۵) اولویت مکان‌های مناسب دفن پسماند را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل بالا نشان داده شده در حالت AND به دلیل اینکه بالاترین ارنس به معیار با کمترین وزن داده می‌شود به صورت بدبینانه عمل کرده و به نسبت مدل‌های OR و WLC کمترین مساحت مکان‌های مناسب برای دفن پسماند را نشان می‌دهد. همچنین حالت OR بسیار خوشبینانه بوده و به نسبت مدل‌های دیگر بیشترین مساحت مکان‌های مناسب را نشان می‌دهد. مدل WLC یک مدل بینابین حالت OR و AND است. برای حالتی که برای تعیین مکان دفن پسماند حساسیت بسیار بالایی وجود داشته باشد و محدودیت اقتصادی وجود نداشته باشد باید از حالت AND استفاده کرد. ولی



شکل ۷. موقعیت مکان‌های مناسب دفن پسماند با استفاده از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸

جدول ۵. اولویت مکان‌های مناسب دفن پسماند

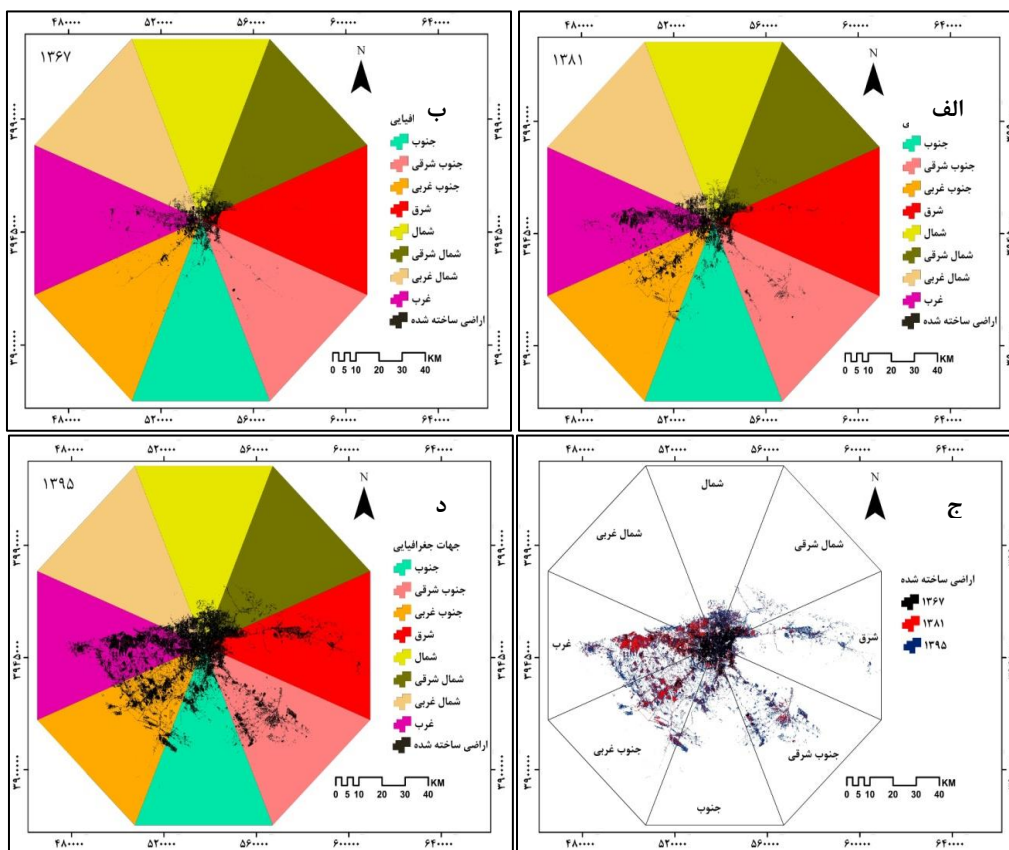
	سایت ۱	سایت ۲	سایت ۳	سایت ۴	سایت ۵	سایت ۶	سایت ۷	سایت ۸	سایت ۹	سایت ۱۰	سایت ۱۱
OR	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۵
AND	۰/۰۵۵	۰/۵۶	۰/۰۲۴	۰/۰۳۱	۰/۰۴۹	۰/۰۲۵	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۴۷	۰/۰۶۶	۰/۰۵۹
WLC	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۱۸
mean	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۱۹

۱۳۶۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ استخراج و با توجه به جهت‌های جغرافیایی مختلف، به صورت شکل (۸) نشان داده شده است. با استفاده از تحلیل‌های مکانی و به‌کارگیری قواعد همپوشانی لایه‌های مکانی روند گسترش شهری برای جهت‌های مختلف به صورت شکل (۸) نشان داده شده است.

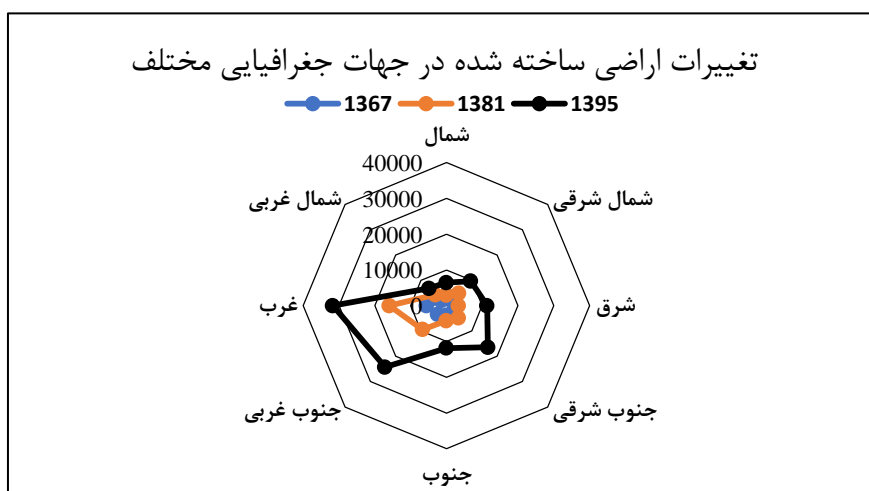
با استفاده از تحلیل مکانی zonal statistics as table مساحت اراضی ساخته‌شده در جهت‌های جغرافیایی مختلف برای سال‌های ۱۳۶۷، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ محاسبه شده است، سپس روند و میزان گسترش شهری برای جهت‌های مختلف طی ۲۸ سال گذشته استخراج و به صورت شکل (۹) نشان داده شده است.

با توجه به جدول (۵) مناسب‌ترین مکان در حالت OR سایت ۹، در حالت AND سایت ۱۰ و در حالت WLC سایت ۵ است. با توجه به سه حالت OR، AND و WLC به طور میانگین مکان‌های مناسب برای دفن پسماند سایت‌های ۵ و ۱۰ هستند. همچنین جدول (۵) نشان می‌دهد مناسب‌ترین مکان‌های دفن پسماند در سمت غرب شهر تهران قرار دارند.

برای انتخاب مکان مناسب از بین این مکان‌ها پارامتر گسترش شهری که امروزه در اکثر شهرهای جهان به‌ویژه کلان‌شهرهایی مانند تهران به عنوان پدیده غالب نمایان است، بررسی می‌شود. برای این منظور با تلفیق مدل طبقه‌بندی بیشترین شباهت و تکنیک باینری کردن نقشه‌های اراضی ساخته‌شده برای سال‌های مختلف



شکل ۸. تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۵



شکل ۹. میزان تغییرات مساحت اراضی ساخته شده در جهت های جغرافیایی مختلف

۵. بحث و نتیجه گیری

رشد جمعیت شهری با افزایش در مصرف سرانه و ضایعات همراه بوده که بالاترین تأثیر را بر تخریب محیط زیست داشته است، بنابراین تولید زباله نقش مهمی در آلوده کردن آبها و فضاهای باز دارد. امروزه ایجاد محل دفن به دلیل رشد و توسعه مناطق شهری و افزایش مخالفت عمومی، مشکل تر شده است و به همین دلیل توصیه می شود که مکان دفن در جهت رشد و توسعه آتی مناطق مسکونی و شهری قرار نگیرد. بنابراین هدف از این تحقیق انتخاب مکان بهینه دفن پسماند با توجه به گسترش فیزیکی شهر تهران در یک دوره ۲۸ ساله با در نظر گرفتن پارامتر ریسک در تصمیم گیری است. این تحقیق از نوع کاربردی و روش آن تحلیلی-توصیفی است. ابتدا مراحل پیش پردازش تصاویر ماهواره ای شامل تصحیح هندسی و تصحیح اتمسفری انجام شد. تصاویر با استفاده از روش بیشترین شباهت، طبقه بندی شدند. سپس معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن پسماند جمع آوری شده و با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی آنالیز و استانداردسازی شدند. سپس با استفاده از نظرات کارشناسان خبره و به کارگیری مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی هر یک از معیارها وزن دهی شدند. در مرحله بعد با استفاده از روش میانگین گیری وزنی مرتب شده نقشه های نهایی با ارنس های مختلف تهیه گردید. در نتیجه مکان های مناسب دفن پسماند با توجه به روند گسترش شهری انتخاب گردید. نتایج نشان می دهد با

توجه به سه حالت OR، AND و WLC به طور میانگین مکان های مناسب برای دفن پسماند سایت های ۵ و ۱۰ هستند. در استان تهران مناطق کوهستانی به دلیل ارتفاع زیاد و محدودیت های قانونی ساخت و ساز و سکونت در این محدوده وجود ندارد، از این رو توسعه فیزیکی تهران عمدتاً در منطقه کوهپایه و دشت در دامنه های جنوبی البرز صورت گرفته است. بخش های جنوبی شهر در دشت وسیع و همواری رشد کرده است. ارتفاعات شمالی و شرقی، توسعه شهر را در این سمت با محدودیت مواجه کرده و شرایط جغرافیایی خاص بیابانی جنوب و بالا بودن سطح آب های زیرزمینی نیز توسعه را در این منطقه محدود کرده است. به همین دلیل بخش غربی شهر به واسطه برخورداری از شرایط نسبتاً مساعد جغرافیایی، مناسب ترین محدوده برای توسعه تلقی می شود. علاوه بر گسترش فیزیکی در جهت غربی، جهت وزش باد غالب در تهران غربی است که باعث می شود سکونتگاه های نزدیک به مکان های دفن زباله تحت تأثیر بوی بد تولید شده از این مکان ها قرار گیرند. با توجه به نتایج فوق سایت هایی که در جهت گسترش شهری قرار می گیرند حذف می شوند. با توجه به این موضوع سایت های ۹، ۱۰ و ۱۱ کنار گذاشته شده و از بین سایر سایت ها مناسب ترین مکان برای دفن پسماند انتخاب می شود که با توجه به نتایج جدول (۵) سایت ۵ مناسب ترین گزینه برای دفن پسماند است و به ترتیب سایت های ۱، ۲ و ۴ در اولویت برای دفن پسماند قرار می گیرند.

References

- Abediniangerabi, B., & Kamalirad, S. (2016). Landfill sitting using MCDM and spatial information: a case study in Tehran metropolitan. *Journal of Urban and Environmental Engineering (JUEE)*, 10(1), 11-24.
- Allen, B. G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V., Donnelly, J., Koukoulas, S., ... & Vendas, D. (2003). A landfill site selection process incorporating GIS modeling. In *Proceedings of Sardinia*.
- Al-Hanbali, A., Alsaaidh, B., & Kondoh, A. (2011). Using GIS-based weighted linear combination analysis and remote sensing techniques to select optimum solid waste disposal sites within Mafraq City, Jordan. *Journal of geographic information system*, 3(04), 267.

- Bagchi, A. (1994). Design, construction, and monitoring of landfills. 2nd ed., John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Borouhaki, S., & Malczewski, J. (2008). Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ArcGIS. *Computers & Geosciences*, 34(4), 399-410.
- Chang, N. B., Parvathinathan, G., & Breeden, J. B. (2008). Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of environmental management*, 87(1), 139-153.
- Effat, H. A., & Hegazy, M. N. (2012). Mapping potential landfill sites for North Sinai cities using spatial multicriteria evaluation. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 15(2), 125-133.
- Eskandari, M., Homaei, M., & Mahmodi, S. (2012). An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. *Waste Management*, 32(8), 1528-1538.
- 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.
- Henry, R. K., Yongsheng, Z., & Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges in developing countries—Kenyan case study. *Waste management*, 26(1), 92-100.
- Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J. (2015a). A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study. *Land Use Policy*, 42, 492-508.
- Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J. (2015b). Decision complexity and consensus in Web-based spatial decision making: A case study of site selection problem using GIS and multicriteria analysis. *Cities*, 45, 60-70.
- Jelokhani-Niaraki, M., & Malczewski, J. (2015c). The decision task complexity and information acquisition strategies in GIS-MCDA. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(2), 327-344.
- Jensen, J. R., & Lulla, K. (1987). Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.
- Khan, D., & Samadder, S. R. (2015). A simplified multi-criteria evaluation model for landfill site ranking and selection based on AHP and GIS. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23(4), 267-278.
- Kontos, T. D., Komilis, D. P., & Halvadakis, C. P. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste management*, 25(8), 818-832.
- Lin, H. Y., & Kao, J. J. (1998). A vector-based spatial model for landfill siting. *Journal of Hazardous Materials*, 58(1), 3-14.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons.
- Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4), 270-277.
- Mikkelsen, P. S., Häfliger, M., Ochs, M., Jacobsen, P., Tjell, J. C., & Boller, M. (1997). Pollution of soil and groundwater from infiltration of highly contaminated stormwater—a case study. *Water Science and Technology*, 36(8-9), 325-330.
- Mirghafoori, H. (2014). Multi-criteria decision-making methods. Jahad-daneshgahi Publications, Tehran (in Persian).
- Miyanabadi, H & Afsha, A. (2008). Using ordered weighted average (OWA) method in decision-making and risk management, " the first conference on strategic project management, sharif university, (in Persian).
- Motlagh, Z. K., & Sayadi, M. H. (2015). Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran). *Waste Management*, 46, 322-337.
- Nazari, A., Salarirad, M. M., & Bazzazi, A. A. (2012). Landfill site selection by decision-making tools based on fuzzy multi-attribute decision-making method. *Environmental Earth Sciences*, 65(6), 1631-1642.
- Rahmat, Z. G., Niri, M. V., Alavi, N., Goudarzi, G., Babaei, A. A., Baboli, Z., & Hosseinzadeh, M. (2017). Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 21(1), 111-118.

- Ramesht, M. N., Hatmy-Fard, R & S. Mousavi, H. (2012). Miunicipal solid waste landfill site selection using AHP model and technidues of GIS (Case study: Kuhdasht city) ," Journal of geography and planing, vol. 17, pp 119-138, In Persian.
- Ranjbar, A., Turabi, S. A & Hkym-Pur, F. (2014). Site selection urban waste landfill on the methods of hierarchical analysis and planing command prompt V with zero and one (Case study: Tabriz city) ," Journal of research science and technology survey, vol. 4, pp 217-230, In Persian.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority. Resource Allocation. RWS Publications, USA.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. *Management science*, 32(7), 841-855.
- Saaty, T. L., & Vargas, G. L. (1991). *Prediction, projection and forecasting* Kluwer.
- Savage, G. M., Diaz, L. F., Golueke, C. G., Martone, C., & Ham, R. K. (1998). Guidance for landfilling waste in economically developing countries. EPA, CalRecovery.
- Şener, Ş., Şener, E., Nas, B., & Karagüzel, R. 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Management*, 30(11), 2037-2046.
- Siddiqui, M. Z., Everett, J. W., & Vieux, B. E. (1996). Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. *Journal of environmental engineering*, 122(6), 515-523.
- United States Environmental Protection Agency," Office of Solid Waste. (2010). *Municipal solid waste in the United States*.
- USEPA. (1993). *Solid Waste Disposal Facility Criteria*, " EPA530-R-93-017, US EPA, Washington, DC.
- Uyan, M. (2014). MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. *Environmental earth sciences*, 71(4), 1629-1639.
- Varnes, D. J. (1958). Landslide types and processes. *Landslides and engineering practice*, 24, 20-47.
- Vasiljević, T. Z., Srdjević, Z., Bajčetić, R., & Miloradov, M. V. (2012). GIS and the analytic hierarchy process for regional landfill site selection in transitional countries: a case study from Serbia. *Environmental management*, 49(2), 445-458.
- Yager, R. R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, 18(1), 183-190.
- Yager, R. R., & Kelman, A. (1999). An extension of the analytical hierarchy process using OWA operators. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 7(4), 401-417.

