

## مکانیابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر کرج با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره

سعیده بیگدلو<sup>۱</sup>، مظاهر معین‌الدینی<sup>۲\*</sup>، قاسمعلی عمرانی<sup>۳</sup>، سیدحسن موسوی<sup>۴</sup>، علیرضا میرزاحسینی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست و کارشناس بهداشت محیط شهرداری کرج.

۲\* - عضو هیات‌علمی گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- عضو هیات‌علمی گروه مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط‌زیست و کارشناس بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) شهرداری کرج.

\* ایمیل نویسنده مسئول: moeinaddini@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۹/۰۵

### چکیده:

امروزه مکانیابی محل دفن یک فرایند ضروری در مدیریت نخاله ساختمانی در مناطق با رشد زیاد جمعیت به شمار می‌رود. از این رو در این پژوهش که با حمایت مالی شهرداری کرج انجام پذیرفته است، مکان‌یابی محل‌های مناسب دفن نخاله‌های ساختمانی در سطح شهرستان کرج با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و روش ارزیابی چند معیاره مد نظر قرار گرفت. در گام نخست با مطالعه پژوهش‌های مشابه داخلی و خارجی معیارها و زیرمعیارهای موثر در فرایند مکان‌یابی شناسایی گردید و با استفاده از روش دلفی مهم‌ترین این معیارها و زیرمعیارها با توجه به شرایط شهرستان کرج غربالگری شدند که در نتیجه ۱۶ زیرمعیار در قالب ۴ معیار اصلی شناسایی شدند. وزن‌دهی معیارها و زیرمعیارها با استفاده از روش AHP و در نرم‌افزار Expert Choice 11 صورت پذیرفت. در مرحله بعد این زیرمعیارها در محیط GIS تبدیل به نقشه شده، سپس در نرم‌افزار IDRISI استانداردسازی و در نهایت در نرم‌افزار GIS به روش WLC روی هم‌گذاری گردیدند. در نهایت چهار گزینه با مجموع مساحت ۹۷۰۰ هکتار (۷/۴ درصد کل مساحت شهرستان کرج) برای هدف مورد نظر شناسایی شد. در انتها پهنه‌های شناسایی شده با روش TOPSIS اولویت‌بندی شدند. نتایج اولویت‌بندی نشان داد که اولویت پهنه‌های مناسب به ترتیب  $A1 < A3 < A4 < A2$  می‌باشد.

### کلمات کلیدی

"مکان‌یابی"، "نخاله ساختمانی"، "مدیریت پسماند"، "ناپسیس"، "کرج"

## Site selection of construction and demolition wastes landfill using Multi-Criteria Evaluation (MCE) methodology

Saeideh Bigdelo<sup>1</sup>, Mazaher Moeinaddini<sup>2\*</sup>, Ghasemali Omrani<sup>3</sup>, Seyed Hassan Mousavi<sup>4</sup>, Alireza Mirzahosseini<sup>3</sup>

1. Graduated master in environmental pollution and environmental health expert at Karaj municipality.
- 2\*. Faculty member in department of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Faculty member in department of environmental engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University.
4. Graduate master Faculty of Environment, University of Tehran and HSE expert in Karaj municipality.

Email Address: moeinaddini@ut.ac.ir

### Abstract

Today, site selection is an important and necessary issue for construction and demolition wastes management in population fast-growing regions. Therefore, the main purpose of this research that was sponsored by Karaj municipality is landfill site selection for CDW in Karaj city with geographic information system (GIS) and multi-criteria evaluation (MCE) method. At first, by studying literature review, the criteria and sub-criteria necessary for site selection were identified. Four criteria and sixteen sub-criteria were selected by Delphi method. Weighting of criteria and sub-criteria was done by AHP method and expert choice software. All of the sub-criteria were mapped, standardized and overlaid in Arc GIS and IDRISI software environment by weighted linear combination (WLC) method. Finally, four alternatives (A1-A4) with a total area of 9700 hectares (4.7% of the total area of Karaj) have the the highest suitability, for CDW landfill in Karaj. These alternatives were ranked with TOPSIS method as  $A2 > A4 > A3 > A1$ .

**Keywords:** "Site Selection", "Demolition Waste", "Waste Management", "TOPSIS", "Karaj"

## ۱- مقدمه

سالانه جمعیت ۳/۱۴ درصد تبدیل کرده است که بالاترین نرخ رشد در سطح کشور محسوب می‌شود. جمعیت بالای شهری باعث ایجاد حجم زیادی از مشکلات شهری در زمینه مدیریت مواد زائد و نخاله‌های ساختمانی شده است. عوامل بسیاری از قبیل وضعیت اقتصادی مردم، فصول مختلف سال، مناطق مختلف شهری، افزایش جمعیت، رشد و توسعه شهر و... همچنین خاکبرداری، تخریب و نوسازی، تعمیرات، حفاری بر روند تولید نخاله‌های ساختمانی در کلان‌شهر کرج تأثیرگذار هستند. در بعضی مناطق شهر به علت وضعیت مناسب اقتصادی مردم، ساخت و ساز رونق بیشتری دارد و در بعضی فصول به دلیل وضعیت مناسب‌تر آب و هوایی ساخت و ساز بیشتری انجام شود که بر روند تولید نخاله‌های ساختمانی تأثیر می‌گذارد (سازمان پسماند شهرداری کرج، ۱۳۹۵). روزانه ۱۰ هزار تن (سالانه ۳/۶۵ میلیون تن در سال) نخاله ساختمانی در کلان‌شهر کرج تولید می‌شود که متأسفانه هیچ گونه برنامه‌ای برای بازیافت این حجم از نخاله‌ها پیش‌بینی نشده است و بطور مستقیم در مراکز دفع حصار (تا سال ۱۳۹۴)، مرکز دفن حلقه‌دره و بطور غیرمجاز پیرامون شهر دفع می‌گردد (اداره کل محیط‌زیست استان البرز، ۱۳۹۶). امروزه بیش از ۱۶۰۰ هکتار بافت فرسوده در البرز وجود دارد که با این میزان بافت فرسوده بحث نخاله‌های ساختمانی تا ۱۵ سال آینده از جدی‌تری چالش‌های محیط‌زیستی شهر کرج به شمار خواهد رفت. پسماندهای ساختمانی و عمرانی اگر چه خطرات کمتری نسبت به مواد زائد جامد شهری برای سلامت بشر و محیط‌زیست دارند ولی دفع بی‌رویه و مدیریت ناصحیح این پسماندها پس از دفع، میزان خطر این پسماندها را تشدید می‌کند (شکوهمیان و نجفیان رضوی، ۱۳۹۰، بیگم موسوی و حافظی مقدس، ۱۳۹۰). از این رو شناسایی محل مناسب برای دیوی موقت، بازیافت و سپس دفن بهداشتی نخاله‌های ساختمانی از جمله مهم‌ترین اقدامات مدیریتی به شمار می‌رود که در این مطالعه سعی شده است تا با توجه به نیاز شهرداری کرج در مدیریت و ساماندهی نخاله‌های ساختمانی اقدام به شناسایی مکان مناسب دیو و دفن نخاله‌های ساختمانی گردد.

## ۲- روش انجام تحقیق

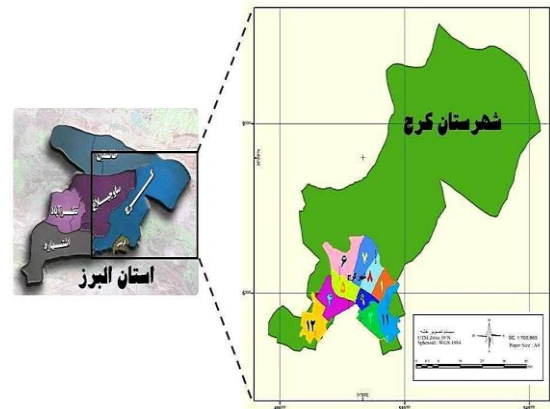
## • محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی این پژوهش کلان‌شهر کرج (به‌عنوان مهم‌ترین مرکز تولید نخاله ساختمانی) در شهرستان کرج است. شایان ذکر است در مکان‌یابی محل دفع نخاله‌های ساختمانی در شهرهای بزرگ با وجود یک یا چند ایستگاه انتقال، می‌توان محل دفع را در ۳۰ الی ۴۰ کیلومتری از مرکز تولید پسماند و نخاله احداث نمود که از لحاظ اقتصادی نیز با صرفه است (معین‌الدینی، ۱۳۸۶). در نهایت با توجه به مرور منابع و پیشینه مطالعات، شعاع ۴۰ کیلومتری از مرکز تولید نخاله‌های ساختمانی (شهر کرج) محدود به مرز شهرستان کرج به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. شکل شماره ۱ موقعیت محدوده مطالعاتی را در استان البرز نشان می‌دهد. شهرستان کرج یکی از شهرستان‌های کوهپایه‌ای ایران است که در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز و در فاصله ۳۵ کیلومتری غرب شهر تهران واقع شده است. این شهرستان از شمال به استان مازندران، از جنوب به شهرستان فردیس و

صنعت ساختمان و فعالیت‌های عمرانی حجم عظیمی از مواد و مصالح را مصرف کرده و در مقابل مقدار زیادی ضایعات ساختمانی را تولید می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد میانگین عمر ساختمان‌ها در کشورهای جهان حدود ۴۰ سال است و با توجه به اینکه حدود ۲۵ درصد بافت شهری در کشورهای جهان فرسوده هستند، احداث ساختمان‌های جدید مقدار زیادی نخاله ساختمانی تولید خواهد کرد (رجبی‌نژاد و فلاح، ۱۳۸۹). در هلند ۱ تا ۱۰ درصد از کل مواد و مصالح خریداری شده برای ساخت و ساز به ضایعات تبدیل می‌شوند این در حالی است که این میزان در برزیل به ۲۰ تا ۳۰ درصد می‌رسد. تولید نخاله‌های ساخت و تخریب در ایران به خصوص در مقایسه با کشورهای توسعه یافته، بسیار بیشتر از دیگر کشورهاست. در ایران نیز درصد وزنی نخاله‌های ساختمانی در زباله‌های دفن شده بیش از ۶۵ درصد برآورد شده است. این امر بیانگر بالا بودن سرانه تولید نخاله‌های ساختمانی در کشورهای در حال توسعه همچون ایران نسبت به سایر کشورهای توسعه یافته است (مرتهب و کاوسیان، ۱۳۸۸). نسبت اجزای تشکیل دهنده نخاله‌های ساختمانی نیز در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه با یکدیگر متفاوت است. در کشورهای توسعه یافته نخاله‌های ساختمانی به ترتیب بیشتر از موادی همچون آسفالت، لوح‌های سفالی، چوب، بتن، میلگرد، پلاستیک، مصالح بسته‌بندی، پانل‌های گچی و شیشه تشکیل شده است (مرتهب و کاوسیان، ۱۳۸۸). حجم روزافزون مواد و زباله‌های شهری به ویژه نخاله‌های حاصل از تخریب ساختمان‌ها و بافت‌های فرسوده شهری، مشکلات فراوانی را در کشور به ویژه کلان‌شهرها به وجود آورده است. روزانه حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ هزار تن (۷۰ تا ۹۰ میلیون تن سالانه) نخاله ساختمانی در کشور تولید می‌شود که در حال حاضر این مقدار پسماند ساختمانی تولیدی پنج برابر پسماند شهری است (پاست و همکاران، ۱۳۹۶). نخاله‌های ساختمانی از جمله مشکلاتی است که اگر امروز چاره‌ای برای آنها اندیشیده نشود در آینده‌ای نه چندان دور تبدیل به یک بحران خواهند شد (اشترزاده، ۱۳۹۲). از این رو طی سالیان گذشته مطالعات مختلفی با هدف مدیریت و مکان‌یابی محل دفن آنها در کشور صورت پذیرفته است که مطالعه قانعی اردکانی و همکاران، ۱۳۹۶؛ پاست و همکاران، ۱۳۹۶؛ اشرفی و همکاران، ۱۳۹۵؛ مرتضوی و اجل لوثیان، ۱۳۹۴؛ ساکی، ۱۳۹۳؛ اشترزاده، ۱۳۹۲؛ رضائیان فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ توکلی و همکاران، ۱۳۹۱؛ حسینیان و همکاران، ۱۳۹۱؛ بیگم موسوی و حافظی مقدس، ۱۳۹۰؛ رجبی‌نژاد و فلاح، ۱۳۸۹؛ عموی و همکاران، ۱۳۸۷ از جمله مهم‌ترین این موارد به شمار می‌روند. استان البرز و به ویژه کلان‌شهر کرج به واسطه سیل مهاجرت‌ها و نیاز به مسکن سال‌ها است که به کارگاه ساختمانی تبدیل شده است و هر ساله با روند کاهشی سطح باغات و جایگزینی آنها با ساختمان‌های سر به فلک کشیده به لحاظ سرانه مصرف مصالح ساختمانی و به تبع آن تولید نخاله‌های ساختمانی در رتبه نخست کشور قرار دارد. یکی از خصوصیات منحصر به فرد کلان‌شهر کرج نزدیکی آن به پایتخت است که باعث شده تعداد زیادی از افرادی که در تهران مشغول به کار هستند در شهر کرج سکونت داشته باشند و این شهر را به شهری مهاجرپذیر با نرخ رشد

و در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. از این رو پس از تعیین مرز محدوده مطالعاتی، معیارها و زیرمعیارهای موثر در فرایند مکان‌یابی با مرور و مطالعه منابع و پژوهش‌های مشابه داخلی و خارجی شناسایی گردید و سپس معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده با استفاده از روش دلفی و در قالب پرسشنامه مقایسه زوجی در اختیار پژوهشگران صاحب نظر در فرایند مکان‌یابی، مدیریت نخاله‌های ساختمانی و آشنا به کلان‌شهر و شهرستان کرج قرار گرفت. نتایج حاصل از این پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و وزن و درجه اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها مشخص گردید. در گام بعد هر یک از زیرمعیارهای غربال شده و نهایی در محیط ArcGIS 10 تبدیل به نقشه شده و پس از استانداردسازی در نرم‌افزار IDRISI، مجدد در نرم‌افزار ArcGIS 10 به روش وزندهی افزودنی ساده (WLC) روی هم‌گذاری گردیدند و پهنه‌های مناسب جهت دفن بهداشتی نخاله‌های ساختمانی در قالب نقشه مطلوبیت سرزمین شناسایی و معرفی شدند. در گام آخر نیز با استفاده از روش TOPSIS پهنه‌های شناسایی شده اولویت‌بندی شدند. شکل شماره ۲ مراحل انجام پژوهش را نشان داده است.

شهریار، از غرب به شهرستان ساوجبلاغ و از شرق به شهرستان تهران محدود است. شهرستان کرج دارای مساحتی معادل ۱۴۸۳ کیلومترمربع بوده و در مجموع دارای ۲ بخش، ۷ شهر، ۶ دهستان و ۸۱ آبادی دارای سکنه است. (سالنامه آماری استان البرز، ۱۳۹۵).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی در استان البرز

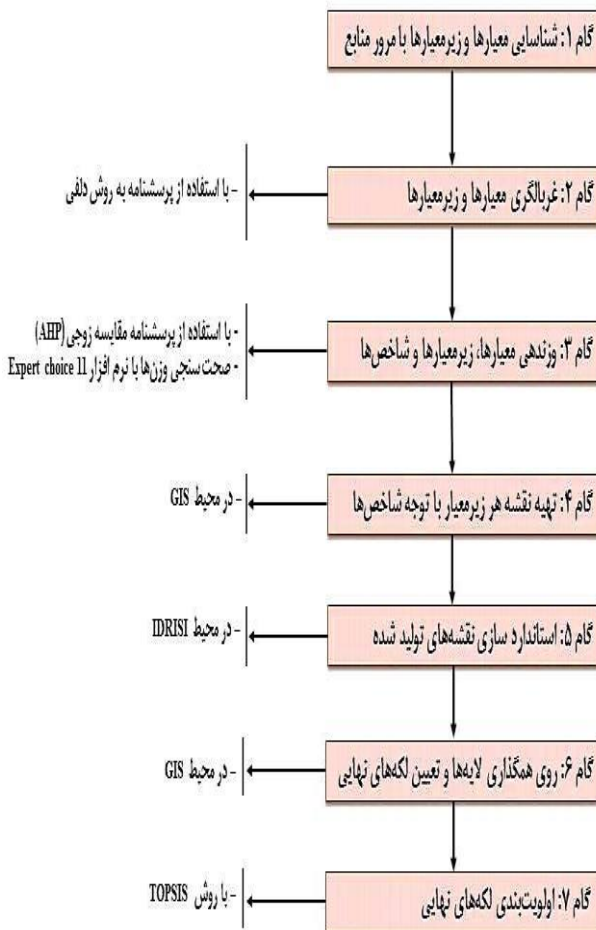
#### • مواد پژوهش

در این پژوهش مواد تحقیق را می‌توان در دو گروه داده‌های مورد نیاز و نرم‌افزارهای مورد استفاده تقسیم‌بندی و مطالعه نمود. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز با توجه به معیارهای موثر در مکان‌یابی با تکیه بر فعالیت‌های مشابه انجام شده و مرور منابع گردآوری گردیدند که مهم‌ترین این داده‌ها عبارت از نقشه‌های رقومی توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین، نقشه زمین‌شناسی (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)، نقشه خاکشناسی، داده‌های هواشناسی و مراکز تاریخی و گردشگری هستند. همچنین این که فرایند مکان‌یابی یک مسئله تصمیم‌گیری چند شاخصه است و با استفاده از مدل رستری قابل حل است (Malczewski, 1999). در نتیجه می‌بایست در انتخاب نرم‌افزار مناسب این نکته را مد نظر قرار داد که نرم‌افزار انتخابی علاوه بر مدل رستری، مدل وکتوری را نیز پشتیبانی کرده و قابلیت استفاده از قواعد تصمیم‌گیری چندشاخصه را نیز داشته باشد. از این رو مهم‌ترین نرم‌افزارهای مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از:

- نرم‌افزار ArcGIS 10 (برای ایجاد و تکمیل لایه‌ها، ژئورفرنس کردن نقشه‌ها، تعیین سیستم مختصات و ...).
- نرم‌افزار Expert choice 11 (جهت وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها با استفاده از روش AHP).
- نرم‌افزار IDRISI (جهت انجام عملیات نرمال‌سازی نقشه‌ها و همچنین تلفیق فازی).
- نرم‌افزار Topsis Solver 2.0.0 (جهت وزندهی و اولویت‌بندی و رتبه‌بندی پهنه‌های گزینش شده).

#### • روش مطالعه

هدف اصلی این پژوهش مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی در سطح شهرستان کرج با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)



شکل ۲- مراحل مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهرستان کرج

### ۳- نتایج

نتایج حاصل از این پژوهش به ترتیب مراحل مختلف اشاره شده در شکل شماره ۲ ارائه شده است.

#### • شناسایی معیارها و زیرمعیارها

در گام نخست پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق داخلی و خارجی مورد بررسی قرار گرفت و معیارها و زیرمعیارهای مورد استفاده در فرایند مکان‌یابی نخاله‌های ساختمانی شناسایی و استخراج گردید. در این مرحله ۴ معیار اصلی و ۱۶ زیرمعیار شناسایی و گردید.

#### • وزندهی و غربالگری معیارها و زیرمعیارها

در این مرحله معیارها و زیرمعیارهای استخراج شده از مرحله قبل در قالب پرسشنامه مقایسه زوجی تهیه و در اختیار ۱۷ پژوهشگر صاحب نظر در فرایند مکان‌یابی، مدیریت نخاله‌های ساختمانی و آشنا به کلان‌شهر و شهرستان کرج قرار گرفت که در نهایت تعداد ۱۱ پرسشنامه در مدت زمان مشخص شده دریافت شد و نتایج حاصل از این پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار Expert Choice 11 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و وزن و درجه اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها مشخص گردید که در جدول شماره ۱ هر یک از این معیارها، زیرمعیارها و وزن آنها ارائه شده است. همچنین شکل شماره ۳ نمایی از نرم‌افزار Expert Choice 11 و وزن‌های به دست آمده را نشان می‌دهد. در این نتایج، هرچه وزن یک معیار یا زیرمعیار بالاتر باشد می‌توان گفت که از اهمیت بیشتری در حصول به هدف نهایی برخوردار است.

جدول ۱- وزن هر یک از معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده

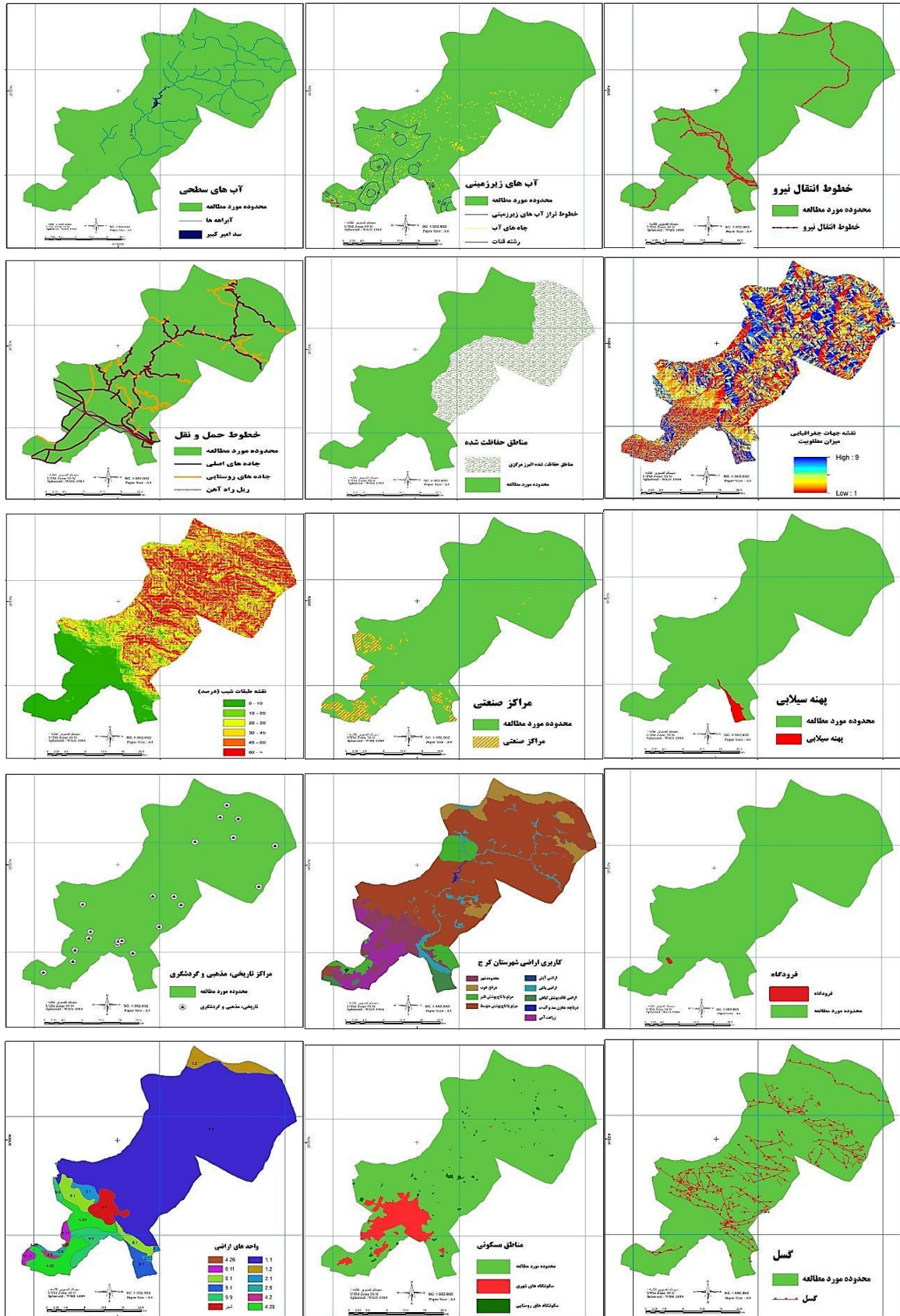
وزن	زیرمعیار	معیار اصلی
۰/۲۲۶	فاصله از منابع آب سطحی	فاصله و حریم (۰/۴۵۹)
۰/۱۵۲	فاصله از منابع آب زیرزمینی	
۰/۱۰۲	فاصله از شبکه راه‌ها و راه‌آهن	
۰/۰۲۶	فاصله از فرودگاه	
۰/۳۱۹	فاصله از مراکز مسکونی	
۰/۰۳۵	فاصله از مراکز صنعتی	
۰/۰۵۲	فاصله از خطوط انتقال نیرو و انرژی	
۰/۰۶۹	فاصله از مراکز تاریخی، مذهبی	
۰/۰۱۹	فاصله گسل‌ها	
۰/۴۵۰	شیب زمین	ویژگی‌های فیزیکی سرزمین (۰/۰۹۳)
۰/۱۴۹	جهت و شدت باد	
۰/۰۵۰	نفوذپذیری خاک	
۰/۰۸۱	عمق خاک	
۰/۲۶۹	سیل خیزی در دوره بازگشت ۱۰۰ سال	زیستگاه‌های حساس (۰/۳۰۵)
۰/۳۰۵	اکوسیستم‌های حفاظت شده	
۰/۱۴۳	کاربری اراضی	کاربری اراضی (۰/۱۴۳)



شکل ۳- نمایی از نرم‌افزار Expert Choice 11 و وزن‌های به دست آمده

#### • استانداردسازی نقشه‌ها

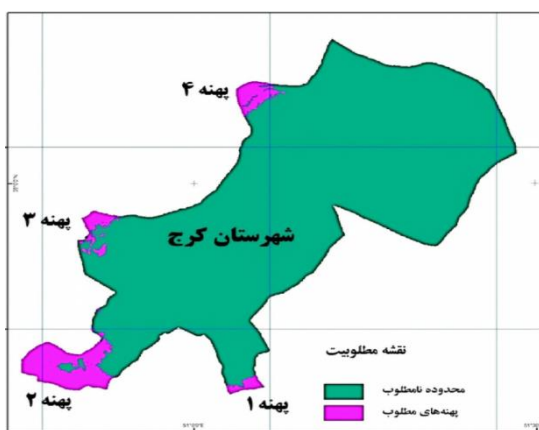
در این مرحله لایه‌های اطلاعاتی تاثیر گذار در فرایند مکان‌یابی ابتدا در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 10 تهیه شده (شکل شماره ۴) و سپس در گام بعدی با استفاده از توابع فازی<sup>۱</sup> سیگموئید و قابل تعریف توسط کاربر در محیط نرم‌افزار IDRISI استانداردسازی شدند. در جدول شماره ۲ توابع عضویت فازی و حد آستانه مورد استفاده برای هر یک از زیرمعیارها ارائه شده است.



شکل ۴- نقشه (لایه)های اطلاعاتی مورد استفاده در فرایند مکان یابی نخاله ساختمانی شهر کرج

جدول ۲- استانداردهای زیرمعیارهای مورد استفاده در فرایند مکان‌یابی نخاله‌های ساختمانی شهرستان کرج

نام تابع فازی	نوع تابع فازی	حد آستانه				لایه نقشه
		a	b	c	d	
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۵۰۰			۱۰۰۰	فاصله از فرودگاه (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۲۵۰			۱۰۰۰	فاصله از قنات، چشمه و چاه‌ها (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۱۰			۶۰	فاصله از سطح آب‌های زیرزمینی (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۲۵۰			۱۰۰۰	فاصله از آب‌های سطحی (متر)
سیگموئید	متقارن	۲۵۰	۳۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	فاصله از شبکه راه‌ها و راه‌آهن (متر)
سیگموئید	متقارن	۳	۵	۱۵	۲۰	فاصله از سکونتگاه‌ها (کیلومتر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۲۰۰			۵۰۰	فاصله از گسل (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۵۰۰			۱۰۰۰	فاصله از مراکز گردشگری (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۱۰۰			۴۰۰	فاصله از خطوط انتقال نیرو (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۵۰۰			۱۰۰۰	فاصله از مراکز صنعتی (متر)
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۱۰۰			۳۰۰	سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله (متر)
تعریف شده	افزایشی یکنواخت	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	عمق خاک (بر مبنای واحدهای اراضی)
تعریف شده	افزایشی یکنواخت	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	نفوذپذیری خاک (بر مبنای واحد اراضی)
سیگموئید	کاهشی یکنواخت			۱۰	۴۰	شیب زمین (درصد)
تعریف شده	کاهشی یکنواخت	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	شدت و جهت باد
سیگموئید	افزایشی یکنواخت	۵۰۰			۱۰۰۰	منطقه حفاظت شده البرز مرکزی (متر)
تعریف شده	افزایشی یکنواخت	جنگلی و باغی	کشاورزی	مرتعی	بایر	کاربری زمین (نوع کاربری)



شکل ۵- نقشه مطلوبیت مکان‌های مناسب دفن نخاله ساختمانی در شهرستان کرج

#### • شناسایی مکان‌های مناسب دفع نخاله‌های ساختمانی (تولید نقشه مطلوبیت)

در این مرحله برای تعیین مکان‌های مناسب دفن نخاله‌های ساختمانی در شهرستان کرج، کلیه نقشه‌های زیرمعیار تهیه شده در محیط ArcGIS و استاندارد شده در محیط IDRISI با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) روی هم‌گذاری شدند و در نهایت ۴ پهنه که بیشترین امتیاز را نسبت به سایر مناطق دارا بودند به عنوان پهنه‌های نهایی شناسایی شدند (شکل شماره ۵).

• رتبه‌بندی مکان‌های شناسایی شده با روش

**TOPSIS**

در این پژوهش اولویت‌بندی پهنه‌های گزینش شده، با استفاده از روش TOPSIS صورت پذیرفت که شامل شش گام است.

گام ۱: کمی‌سازی

در گام نخست میانگین ارزش پیکسل‌های هر یک از پهنه‌های

انتخابی در هر یک از نقشه‌های زیرمعیارها در نرم‌افزار ArcGIS محاسبه گردید (جدول شماره ۳) تا در فرایند اولویت‌بندی در روش TOPSIS استفاده شود.

جدول ۳- میانگین ارزش پیکسل‌های هر یک از پهنه‌های انتخابی در هر یک از نقشه‌های زیرمعیارها (ماتریس امتیازدهی به معیارها)

زیر معیارها	آب سطحی	آب زیرزمینی	راه و راه‌آهن	سکونتگاه	فرودگاه	صنایع	خطوط نیرو	مراکز تاریخی	گسل‌ها	شیب	جهت باد	عمق خاک	حالی نفوذپذیری	سیل	اراضی کاربری	حساسیت زیستگاه
گزینه‌ها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A1	20.4	2.55	140.25	117.3	73.95	7.65	25.5	153	119.85	252.45	201.45	102	12.75	0	242.25	104.55
A2	158.1	0	224.4	43.35	30.6	2.55	35.7	48.45	107.1	252.45	158.1	211.65	48.45	63.75	140.25	204
A3	73.95	2.55	137.7	119.85	71.4	25.5	28.05	102	63.75	124.95	137.7	7.65	68.85	86.7	175.95	145.35
A4	2.55	43.35	68.85	188.7	170.85	226.95	114.75	214.2	140.25	73.95	158.1	0	96.9	188.7	145.35	112.2

گام ۲: تبدیل ماتریس تصمیم‌گیری موجود به یک ماتریس بی‌مقیاس شده (جدول شماره ۴)

جدول ۴: ماتریس امتیاز هر یک از معیارها با استفاده از نرم اقلیدسی (ماتریس بی‌مقیاس شده)

زیر معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A1	0.116	0.059	0.458	0.458	0.367	0.033	0.202	0.534	0.538	0.655	0.609	0.434	0.099	0.000	0.671	0.356
A2	0.900	0.000	0.733	0.169	0.152	0.011	0.283	0.169	0.481	0.655	0.478	0.900	0.376	0.293	0.388	0.695
A3	0.421	0.059	0.450	0.468	0.354	0.112	0.223	0.356	0.286	0.324	0.416	0.033	0.534	0.399	0.487	0.495
A4	0.015	0.997	0.225	0.737	0.847	0.993	0.911	0.748	0.630	0.192	0.478	0.000	0.751	0.869	0.402	0.382

گام ۳: اعمال وزن هر یک از معیارها در ماتریس بی‌مقیاس شده (جدول شماره ۵)

جدول ۵: ماتریس وزن هر یک از معیارها (ماتریس بی‌مقیاس شده موزون)

زیر معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
وزن	0.103	0.069	0.046	0.146	0.011	0.016	0.023	0.031	0.008	0.041	0.013	0.004	0.007	0.025	0.143	0.305
A1	0.012	0.004	0.021	0.067	0.004	0.001	0.005	0.017	0.004	0.027	0.008	0.002	0.001	0.000	0.096	0.109
A2	0.093	0.000	0.034	0.025	0.002	0.000	0.007	0.005	0.004	0.027	0.006	0.004	0.003	0.007	0.056	0.212
A3	0.043	0.004	0.021	0.068	0.004	0.002	0.005	0.011	0.002	0.013	0.005	0.000	0.004	0.010	0.070	0.151
A4	0.001	0.069	0.010	0.108	0.009	0.016	0.021	0.023	0.005	0.008	0.006	0.000	0.005	0.022	0.058	0.117

گام ۴: محاسبه ایده‌آل مثبت (A+) و منفی (A-) هر یک از زیرمعیارها (جدول شماره ۶)

جدول ۶: محاسبه ایده‌آل مثبت و منفی هر یک از زیرمعیارها

زیر معیارها	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
A <sup>+</sup>	0.093	0.069	0.034	0.108	0.009	0.016	0.021	0.023	0.005	0.008	0.005	0.000	0.001	0.022	0.096	0.212
A <sup>-</sup>	0.001	0.000	0.010	0.025	0.002	0.000	0.005	0.005	0.002	0.027	0.008	0.004	0.005	0.000	0.056	0.109

گام ۵: محاسبه فاصله ایده‌آل مثبت و منفی (جدول شماره ۷)

جدول ۷: فاصله ایده‌آل مثبت و منفی هر یک از زیرمعیارها

گزینه‌ها	A1	A2	A3	A4
A <sup>+</sup>	0.157	0.121	0.116	0.139
A <sup>-</sup>	0.062	0.140	0.078	0.116

گام ۶: محاسبه فاصله نسبی هر گزینه (جدول شماره ۸)

در این مرحله اولویت نهایی هر یک از گزینه‌ها بر مبنای فاصله نسبی آنها تعیین گردید به این صورت که بیشترین فاصله به منزله بالاترین اولویت است. مطابق این جدول، پهنه A2 با مساحت ۶۲۹۰ هکتار واقع در جنوب غربی شهرستان کرج از بالاترین اولویت با فاصله حدود ۰/۵۳۶ از حالت ایده آل برخوردار گردید و سپس به ترتیب پهنه‌های A4 (واقع در شمال غربی شهرستان کرج)، A3 (واقع در غرب شهرستان کرج) و A1 (واقع در جنوب شهرستان کرج) در رده بعدی اولویت قرار گرفتند.

جدول ۸- فاصله نسبی هر یک از گزینه‌ها از حالت ایده‌آل

گزینه‌ها	A1	A2	A3	A4
مساحت (هکتار)	۶۶۰	۶۲۹۰	۹۹۰	۱۷۶۱
فاصله از حالت ایده‌آل	۰/۲۸۲	۰/۵۳۶	۰/۴۰۲	۰/۴۵۴
اولویت	۴	۱	۳	۲

۴- نتیجه‌گیری

کلان‌شهر کرج در نتیجه نرخ رشد بالای جمعیت و به دنبال آن حجم بالای فعالیت‌های عمرانی و ساختمانی همچون تخریب ساختمان‌های قدیمی، احداث ساختمان‌های جدید و بهسازی معابر شهری روزانه با حجم بسیار بالایی از نخاله‌های ساختمانی روبرو است که این امر ضرورت داشتن سیستم مدیریت پسماند با دیدگاه حفظ محیط‌زیست را دوچندان می‌کند. امروزه مقدار نخاله‌های ساختمانی تولید شده در شهر کرج و شهرهای اقماری آن (از قبیل محمدشهر، ماهدشت، کمال‌شهر، مشکین‌شهر، گرمدره و حتی شهرک‌های صنعتی پیرامونی) بطور متوسط روزانه ۱۰ هزار تن است که این مقدار تقریباً ۲ درصد از کل نخاله‌های تولیدی در کشور را شامل می‌شود که با در نظر گرفتن حجم نخاله تخلیه شده غیرقانونی در پیرامون شهر کرج این مقدار بیشتر نیز خواهد رسید. از سوی دیگر نرخ تولید نخاله ساختمانی در شهر کرج حدود ۵/۴ برابر پسماندهای خانگی است که این امر در مقایسه با میانگین کشور که ۵ برابر است (پاست و همکاران، ۱۳۹۶)، کمی بیشتر است. نخاله‌های ساختمانی و عمرانی تولیدی در کلان‌شهر کرج و شهرهای اقماری آن تا پایان سال ۱۳۹۳ در دو منطقه حصار و حلقه‌دره تخلیه می‌گردید. از سال ۱۳۹۴ تاکنون تنها در مرکز دفن زباله حلقه‌دره و یا به‌صورت غیرمجاز در حاشیه

جاده‌های برون‌شهری تخلیه می‌گردد. با توجه به حجم زیاد نخاله‌های تولیدی و تکمیل ظرفیت مرکز دفن حلقه‌دره تا ۱۰ سال آینده ضرورت شناسایی و معرفی مراکز دفن پسماند و نخاله جدید در شهرستان کرج و شهرستان‌های مجاور احساس می‌گردد. از این رو در این مطالعه مکان‌یابی محیط‌زیستی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر کرج و شهرهای اقماری آن با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، استانداردسازی اطلاعات مورد نیاز با منطق فازی و با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی هدف مطالعه قرار گرفت. این تحقیق از نوع کاربردی است و می‌توان از نتایج آن برای عملیات اجرایی استفاده نمود. با توجه به اهمیت موضوع، ضروری بود تا در بدو امر، با تکیه بر منابع مختلف علمی، تلاش شود تا روش‌ها، راهکارها و مدل‌های مختلف استفاده شده در ایران و سایر کشورها، مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته و سپس نسبت به تدوین معیارهای مکان‌یابی محل دفن بهداشتی مواد زائد جامد و نخاله‌های ساختمانی اقدام گردد. در این پژوهش نیز در همین راستا ۴ معیار اصلی و ۱۶ زیرمعیار شناسایی و تعیین گردید که از اشتراک و همپوشانی بالایی با معیارهای مورد استفاده در مطالعات معین‌الدینی و همکاران در سال ۲۰۱۰، تقی‌زاده و همکاران در سال ۱۳۹۲، سالاری و همکاران در سال ۱۳۹۱، امیرآبادی و عبدی قلعه در سال ۱۳۹۶، خرم و همکاران در سال ۲۰۱۴، حجازی در سال ۱۳۹۴، پاست و همکاران در سال ۱۳۹۶ و اردکانی و کشفی در سال ۱۳۹۶، دستورالعمل سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۳۸۰)، دستورالعمل سازمان برنامه‌ریزی و مدیریت کشور در مکان‌یابی محل‌های دفن برخوردار است. همچنین در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی برای دستیابی وزن دهی و تعیین درجه اهمیت هر یک از معیارها و زیرمعیارها استفاده گردید و در مرحله بعد به علت اینکه هر نقشه دارای محدوده مقیاس‌های متفاوتی است، برای انجام فرایند تحلیل سلسله مراتبی باید مقیاس اندازه‌گیری آنها همخوان و متناسب با هم می‌شدند. برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آنها به واحدهای قابل مقایسه از فرایند استانداردسازی معیارها استفاده شد که چنین فرایندی را در مطالعات معین‌الدینی و همکاران برای مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر کرج در سال ۲۰۱۰، تقی‌زاده و همکاران برای مکان‌یابی محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر گرگان در سال ۱۳۹۲، پاست و همکاران برای دفع نخاله‌های ساختمانی شهر تهران در سال ۱۳۹۶ و اردکانی و کشفی برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی شهر یزد در سال ۱۳۹۶ و فروغیان و اسلامی برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خانگی در استان خوزستان در سال ۲۰۱۵ می‌توان مشاهده کرد. همچنین در این پژوهش برای استانداردسازی داده‌ها از توابع فازی در محیط IDRISI استفاده شده است که این استانداردسازی فازی در دامنه ۰-۲۵۵ است. استفاده از دامنه ۰-۲۵۵ در منطق فازی و روش افزودنی و زندهی ساده (SAW)، قدرت تصمیم‌گیری را بالاتر برده و می‌توان تغییرات مناسبی را در نتایج حاصل شده در جهت کاهش هزینه‌های اقتصادی



ضروری است که در غالب پروژه بررسی اثرات محیط‌زیستی با توجه به موقعیت هر پهنه باید معرفی شود. همچنین می‌بایست پروژه مکان‌یابی برای احداث محل دفن نخاله‌های ساختمانی در شهرستان‌های مجاور نیز مورد توجه قرار گیرد. در این پژوهش اجرای روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به همراه روش تاپسیس در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی موجب افزایش سرعت عمل و دقت نتایج و همچنین سهولت به‌کارگیری نتایج در آنالیزهای همپوشانی گردید و این روش را کارا و قابل اجرا برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی نشان داد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد با عنوان "بررسی کمی و کیفی نخاله‌های ساختمانی و مکانیابی محل دفن آنها با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی کلانشهر کرج)" می‌باشد که توسط مرکز پژوهش و مطالعات راهبردی شورای اسلامی شهر کرج و شهرداری کرج مورد حمایت مالی قرار گرفت. همچنین نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از سازمان مدیریت پسماند شهرداری کرج و مسئولان مستقر در مرکز دفن پسماند حلقه‌دره به خاطر فراهم نمودن امکان بازدید از این محل و در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات لازم که منجر به ارتقاء کیفی این پژوهش گردید، سپاسگزاری نمایند.

### یادداشت‌ها:

1. Fuzzy Functions
2. Weighted Linear Combination

و خسارات محیط‌زیستی اعمال نمود (معین‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۰). بطور کلی آنچه می‌توان از منطق فازی و استانداردسازی فازی استنتاج نمود آن است که در این روش‌ها با توجه به میزان ریسکی که تصمیم‌گیر در نظر می‌گیرد نسبت به روش بولین مکان‌های بیشتری انتخاب می‌شود و می‌توان با اعمال لایه‌های اطلاعاتی مختلف و در نظر گرفتن اهمیت هر کدام، اقدام به مکان‌یابی محل‌های مناسب برای محل دفن نمود. در منطق فازی با توجه به ملاحظات اقتصادی و محیط‌زیستی تصمیم‌های سلسله مراتبی گرفته می‌شود و هر چه به نقشه مربوط به تصمیم نهایی نزدیک می‌شویم میزان سخت‌گیری افزایش یافته و در نتیجه مناطق کمتری مکان‌یابی شده که حاصل این امر انتخاب مناطقی است که برای هدف موردنظر شرایط مناسب‌تری دارند. در نهایت در این پژوهش که با روش تصمیم‌گیری چند معیاری مکانی، از نوع چند شاخصه فازی براساس عدم قطعیت به انجام رسیده است، چهار منطقه برای محل دفن نخاله‌های ساختمانی شهر کرج مناسب تشخیص داده شد. از کل منطقه مورد مطالعه با مساحت ۱۳۰۶۶۲ هکتار میزان ۹۷۰۰ هکتار معادل ۷/۴ درصد منطقه مورد مطالعه برای انتخاب محل دفن، مناسب تشخیص داده شد؛ اما این مناطق از مطلوبیت کامل برای این منظور برخوردار نیستند و بدین ترتیب مشخص شد که هیچ منطقه از شهرستان کرج از مطلوبیت کامل (۱۰۰ درصد) برای احداث محل دفن نخاله‌های ساختمانی برخوردار نبوده و چهار پهنه شناسایی شده از مطلوبیت متوسطی برخوردار بوده، لذا در صورت امکان نباید پهنه‌های معرفی شده در این تحقیق جهت استفاده محل دفن نخاله‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرد و به این منظور پیشنهاد می‌شود پهنه‌های شناسایی شده به‌عنوان محل دپوی موقت نخاله‌های ساختمانی مورد استفاده قرار گیرند. در صورت استفاده از نتایج این تحقیق و استفاده از پهنه‌های مشخص شده در این تحقیق تمهیدات شدید محیط‌زیستی

### منابع

- اشترزاده، ر. ۱۳۹۲. مدیریت ضایعات مصالح ساختمانی در شهر یزد، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران - دانشگاه تبریز.
- اشرفی، س.ح.؛ قلیان، س.؛ دستنبوی، س.؛ فرهنگ، س. م. ۱۳۹۵. ساماندهی ضایعات ساختمانی رویکردی نوین در توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: شهر شاهرود)، سومین کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
- امیرآبادی، م. و عبدی قلعه، ع. ح. ۱۳۹۶. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان بوکان با استفاده از منطق بولین و مدل سلسله مراتبی (AHP)، دوره ۱۹، شماره ۱، صفحه ۱۶۸-۱۴۹.
- بیگم موسوی، ز. و حافظی مقدس، ن. ۱۳۹۰. ساماندهی محیط‌زیستی نخاله‌های ساختمانی شاهرود، هفتمین کنفرانس زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.
- پاست، و.؛ یغمائیان، ک.؛ نبی‌زاده نودهی، ر.؛ دهقانی، م. ه.؛ مومنی، م.؛ نادری، م. ۱۳۹۶. انتخاب بهترین روش مدیریتی دفع نخاله‌های ساختمانی شهر تهران با دیدگاه توسعه پایدار براساس تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، مجله سلامت و محیط‌زیست، دوره دهم، شماره دوم، صفحات ۲۷۰-۲۵۹.
- تقی‌زاده، س.ع.؛ سلمان ماهینی، ع.؛ خیرخواه زرکش، م. م. ۱۳۹۲. مکان‌یابی چند معیاری محل دفن مواد زائد ساختمانی با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی. مطالعه موردی شهر گرگان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال سوم، شماره مسلسل دهم، زمستان.
- توکلی، ن.؛ خادم پیر، م.؛ جمالی، ح. ۱۳۹۱. بررسی میزان نخاله‌های ساختمانی تولید شده در شهر بندرعباس، دومین همایش ملی سلامت، محیط‌زیست و توسعه پایدار، بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.
- حجازی، س. ا. ۱۳۹۴. مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی شهرستان مراغه، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۹، شماره ۵۴، صفحه ۱۰۵-۱۲۵.

- حسینیان، ح؛ وحیدی، ح؛ کریمی، س. ۱۳۹۱. انتخاب بهترین راهکار مدیریتی دفع نخاله‌های ساختمانی شهر تهران با دیدگاه توسعه پایدار براساس روش‌های TBL, AHP، ششمین همایش ملی و اولین همایش بین‌المللی مدیریت پسماند، مشهد، سازمان شهرداری‌ها و دهرداری‌های کشور.
- رجبی‌نژاد، م؛ فلاح، ا. ع. ۱۳۸۹. دلایل تولید ضایعات ساختمانی و راه‌های مدیریت و ساماندهی ضایعات، کنفرانس بین‌المللی مهندسی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه آزاد تبریز، تبریز، ایران.
- رضائیان فیروزآبادی، م ح؛ فلاح، ا ع؛ عابدینی، ح ر. ۱۳۹۲. مدیریت دورریزهای ساختمانی در شرایط عادی، اولین همایش ملی مصالح ساختمان و تکنولوژی‌های نوین در صنعت ساختمان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میند، ۱ و ۲ اسفندماه.
- ساکی، م. ۱۳۹۳. مطالعه و بررسی روش‌های مدیریت بازیافت و بهره‌برداری از نخاله‌های ساختمانی، همایش ملی مهندسی عمران، معماری و مدیریت پایدار شهری، گرگان، ایران، تیرماه.
- عمومی، ع؛ اصغرینیا، ح؛ خدادادی، علی. ۱۳۸۷. ویژگی‌های کمی و کیفی پسماندهای جامد روستایی شهرستان بابل، مجله دانشگاه علوم پزشکی بابل، دوره دهم، ص: ۸۰-۷۴.
- قانع اردکانی، ج. و کشفی، س. ا. ۱۳۹۶. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای ساختمانی شهر یزد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، فصلنامه زمین‌شناسی محیط‌زیست، دوره ۱۱، شماره ۳۹، صفحه ۵۴-۷۰.
- قدسی‌پور، س ح. ۱۳۸۵. فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- لولاچی، م. ۱۳۸۶. استفاده از الگوریتم TOPSIS جهت انتخاب مراکز تعمیرات دپویی برتر، ص: ۹-۱.
- مرتضوی، س ع. و اجل لوثیان، ر. ۱۳۹۴. بررسی آزمایشگاهی نخاله‌های ساختمانی و استفاده مجدد از آنها در راه‌سازی (مطالعه موردی: شهر فولادشهر)، نخستین کنفرانس سراسری معماری و مهندسی عمران، به‌صورت الکترونیکی، پردیس بین‌الملل توسعه ایده هزاره.
- مرتیبه، م م، کاوسی‌ان، ا. ا. ۱۳۸۸. تولید و سازمان‌دهی ضایعات ساختمانی در کشورهای در حال توسعه (مطالعه موردی کلان‌شهر تهران)، مجله علمی و پژوهشی شریف، شماره ۵۱، ص ۲۲-۲۵.
- معین‌الدینی، م؛ خراسانی، ن؛ دانه‌کار، ا؛ درویش‌صفت، ع. ا. ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر کرج با استفاده از تاپسیس فازی سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهر کرج)، مجله محیط‌زیست طبیعی، دوره ۶۴، شماره ۲، صفحه ۱۶۷-۱۵۵.
- Malczewski, J. 1999. Gis and multicriteria decision analysis, USA: John Wiley and Sons.
- Barakat, A.; Hilali, A.; Baghdadi, M. El.; Touhami, F. 2017. Landfill site selection with GIS-based multicriteria evaluation technique. A case study in Béni Mellal-Khouribga Region, Morocco, Environmental Earth Sciences, Issue 12.
- Foroughian, A. & Eslami, H. 2015. Application of AHP and GIS for landfill site selection (A case study: city of Susa), Journal of Scientific Research and Development 2 (5); pp.129-134.
- Khorram, A.; Yousefi, M.; Alavi, S.A; Farsi, J. 2014. Convenient Landfill Site Selection by Using Fuzzy Logic and Geographic Information Systems: A Case Study in Bardaskan, East of Iran, Health Scope, 4(1): e19383.
- Moeinaddini, M.; Khorasani, N.; Danekar, A.; Darvishsefat, A.; zienalyan, M. 2010. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj), Waste Manag, 30 (5), 912-920.