امکان‌سنجی انتخاب محل مناسب دفن زباله‌های شهر کرج با رویکرد توسعه‌ی پایدار با استفاده از تلفیق GIS و روش AHP فازی

عباس تاج‌الدینی[1] زهرا سبزی[2]
لادن ظریف[3]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

****

چکیده

تعیین محل مناسب دفن زباله‌های شهری به دلیل تأثیر فراوان بر اقتصاد، اکولوژی و محیط زیست هر منطقه یک امر مهم در فرآیند برنامه‌ریزی شهری می‌باشد. برای تحقق این هدف سعی می‌شود نقاطی با کم‌ترین احتمال خطر برای محیط زیست و سلامت انسان مد نظر قرار گیرد. سنجش امکان یافتن محل مناسب دفن زباله‌ها مستلزم انتخاب روشی کارآمد می‌باشد. به‌کارگیری روش‌های مبتنی بر منطق ریاضی می‌تواند به اعمال معیارهای لازم و نیز تعیین سهم هر معیار در اثرگذاری بر انتخاب محل مناسب بیانجامد. این تحقیق تلاش دارد تا شاخص‌ها و مؤلفه‌های مؤثر در مکان‌یابی مناسب‌ترین محل دفن زباله‌های شهر کرج را با رویکرد توسعه‌ی پایدار شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی کند. برای تحقق این هدف، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) فازی با یکدیگر تلفیق شدند. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های تحقیق نشان داد که معیار «توسعه شهری» با وزن ۰/۲۷۰ مهم‌ترین معیار در انتخاب محل مناسب دفن پسماند شهری بود و بعد از آن معیار «زیست‌محیطی» با وزن ۰/۲۲۶ در رتبه دوم و معیار «اجتماعی- اقتصادی» با وزن ۰/۱۵۲ در رتبه آخر قرار گرفتند. همچنین، رتبه‌بندی زیرمعیارهای مهم در هر گروه نیز انجام شد که شاخص‌های «گسل»، «شرایط اقلیمی»، «فاصله از آب‌های سطحی»، «بوی نامطبوع محل دفن»، «کاربری زمین»، «دسترسی به تجهیزات و تسهیلات»، «پذیرش مردم»، و «آبراهه اصلی و چاه» بالاترین اهمیت را یافتند. در تحلیل GIS با استفاده از روش وزن‌دهی افزایشی ساده نیز مشخص شد که منطقه «دشت نظر آباد» و سایت جدید «حلقه دره» ارجح‌ترین گزینه‌ها برای انتخاب محل جدید دفن زباله‌های شهر کرج هستند.

واژه‌های کلیدی: محل دفن زباله شهری، تئوری تصمیم‌گیری، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

****

۱- دکترای مهندسی عمران، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران (نویسنده مسئول) A.tajaddini@kiau.ac.ir
۲- دکترای مهندسی عمران، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران Zahra.sabzi@kiau.ac.ir
۳- کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران ladanzarif@yahoo.com

۱- مقدمه

اگرچه رشد جمعیت، شهرنشینی و صنعتی‌سازی برای رشد اقتصاد مناسب است، اما به تولید مقادیر زیادی از ضایعات آلاینده منجر می‌شود که اثرات منفی زیادی را بر محیط زیست می‌گذارد.

عدم مدیریت زباله‌ها باعث ایجاد آلودگی هوا، خاک و آب شده که خطرات فراوانی را برای سلامت اکوسیستم به ارمغان می‌آورد *(نیک‌نامی و حافظی مقدس، ۱۳۸۹)*. روش‌های مدیریت زباله‌های جامد شهری شامل بازیافت، استفاده مجدد، کاهش و دفن زباله‌ها است. با این حال در بین این موارد دفن زباله نقش اصلی را در مدیریت زباله جامد شهری دارد ***(Osra & Kajjumba, 2020)***.

در طی سه‌دهه گذشته مقدار ضایعات جامد شهری تولید شده افزایش قابل‌توجهی داشته و ویژگی‌های پسماندها به‌دلیل تغییر سبک زندگی مردم، توسعه‌های صنعتی- اقتصادی و رشد چشمگیر جمعیت تغییر کرده است ***(Karimi et al., 2020)***. در سال ۲۰۱۶ ، در حدود ۲ میلیارد تن ضایعات جامد در جهان تولید شده و به خاطر رشد سریع جمعیت و پدیده شهرنشینی انتظار می‌رود تولید ضایعات سالیانه از سال ۲۰۵۰ به بعد به ۳/۴۰ میلیارد تن افزایش پیدا کند ***(Karakuş et al., 2020)***.

دفن بهداشتی زباله‌ها هنوز هم مهم‌ترین، معقول‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش دفع زباله است ***(Khorsandi et al., 2019)***. به‌دلیل افزایش جمعیت شهری، فرآیند انتخاب منطقه‌ی ایده‌آل برای دفن پسماندهای جامد، به دلایلی همچون افزایش نرخ تولید پسماند، هزینه‌های زمین و کاربری اراضی موجود، نگرانی‌های زیست‌محیطی، فعالیت‌های انسانی و روند سریع صنعتی شدن، به وظیفه‌ای چالش‌برانگیز و پیچیده برای دولت‌های محلی تبدیل شده است ***(Karakuş et al., 2020)*** و دفن مناسب پسماند نگرانی مهم اجتماعی- اقتصادی برای تمامی کشورهای در حال توسعه می‌باشد ***(Kapilan et al., 2018)***. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مثل ایران، به دلیل عدم دانش و تجهیزات کافی، هنوز هم دفن زباله به‌عنوان یک روش مرسوم برای مدیریت پسماند مورد استفاده قرار می‌گیرد ***(Pasalari et al., 2019)***.

آمار بالای وضعیت دفن پسماندها در ایران نشان می‌دهد که تا کنون به گزینه‌ی بازیافت توجه کمتری شده و بیشتر از روش دفن زباله در زمین استفاده شده است که حتی در بسیاری از موارد دفن به‌طور بهداشتی انجام نمی‌شود *(ایمانی و علیزاده، ۱۳۹٤)*. شهرداری‌ها، سیاست‌ها و روش‌های خاص خود را برای مدیریت پسماند جامد دارند. آن‌ها زمین‌های بایر را به‌عنوان بهترین گزینه برای دفن زباله در نظر می‌گیرند که البته چنین انتخاب نامناسبی تغییرات مورفولوژیکی را ایجاد می‌کند که منجر به مخاطرات زیست‌محیطی در مناطق شهری و اطراف آن می‌شود ***(Kapilan et al., 2018)***. اگر این روش به نحو نامناسبی اعمال شود منجر به بروز مشکلاتی در سلامت انسان و محیط زیست می‌شود که مغایر با اهداف توسعه پایدار است ***(Pasalari et al., 2019)***.

وقوع آلودگی در آب‌های زیرزمینی اغلب ناشی از مکان‌های دفن زباله‌ی جامد شهری است که تهدیدی بزرگ برای سلامتی و بهداشت منابع آب‌های زیرزمینی منطقه محسوب می‌شوند ***(Wang et al., 2018)***. همچنین ساکنان نزدیک به محل دفن زباله در معرض استنشاق گازهای ناشی از زباله‌ها و ذرات زباله هستند و نیز در معرض مصرف غذای آلوده، آب آشامیدنی از چاه‌های آلوده به شیرابه و تماس پوست با خاک آلوده قرار دارند ***(Al-Ruzouq et al., 2018)***. پیدا کردن محل مناسب برای دفن بهداشتی زباله‌ها یک رویکرد مهندسی است که به برنامه‌ریزی دقیق، ساخت و ساز دقیق، مدیریت کارآمد و نیز عملیات اجرایی کارآمد نیاز دارد ***(Karimi et al., 2020)***. انتخاب یک محل مناسب برای دفن زباله می‌تواند چالش‌های فنی و زیست‌محیطی را به حداقل برساند ***(Kamdar et al., 2019)***.

در ایران، رشد شتابان توسعه مناطق شهری در دهه‌های اخیر متناسب با فضا و زیرساخت‌های مورد نیاز شهرها نبوده که موجب رشد بی‌رویه آلودگی در شهرها شده است. انتخاب محل مناسب برای دفن زباله‌ها بسیار مهم

بوده و دارای معیارهای ویژه‌ای است که باید رعایت شود. مهم‌ترین معیارهای کلی که در انتخاب محل دفن زباله باید مد نظر قرار گیرند عبارتند از:

الف- به حداقل رساندن احتمال خطر برای جامعه (با عنوان معیار اجتماعی)؛

ب- به حداقل رساندن آسیب‌های احتمالی به محیط زیست (با عنوان معیار زیست‌محیطی)؛

ج- به حداقل رساندن هزینه‌ها (با عنوان معیار اقتصادی).

همسو بودن رشد معیارهای اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی هدف مهم انتخاب محل مناسب دفن زباله‌های شهری در راستای توسعه پایدار می‌باشد.

کرج یکی از کلان‌شهرهایی است که طی سال‌های گذشته به واسطه مهاجرپذیری بالا و رشد سریع جمعیت در شاخص تولید زباله، همانند کلان‌شهرهایی چون مشهد، تهران و اصفهان پیش رفته است.

منطقه «حلقه دره» نزدیک به ۳۰ سال محل دفن و جمع‌آوری زباله‌های شهر کرج بوده و انتخاب این سایت مربوط به دهه ۱۳۶۰ بوده که برای جمعیتی به مراتب کمتر از شمار ساکنان کنونی مرکز استان البرز پیش‌بینی شده است. نکته حائز اهمیت این است که از مجموع ۱۷ منطقه و ۲۸۰ روستای شهر کرج، بخش عمده زباله‌ها راهی منطقه حلقه دره شده، که اکنون گسترش بی‌ضابطه ساخت و ساز، محیط اطراف آن را احاطه کرده و قطب اقتصادی استان یعنی فرودگاه و منطقه ویژه اقتصادی پیام نیز مجاور آن می‌باشد. این مرکز مشکلات عدیده و خطرناکی نظیر مشکلات زیست‌محیطی و بهداشتی برای ساکنان و محیط اطراف آن ایجاد کرده است.

با توجه به شرایط کنونی شهر و گسترش آن، افزایش مهاجرپذیری و دیگر مسائل مرتبط، این سایت عملاً از لحاظ توسعه‌ی پایدار نامناسب بوده و در نتیجه یافتن مکان دیگری برای دفن زباله‌های شهرکرج با رویکرد توسعه‌ی پایدار امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد.

در حال حاضر دفن مواد زاید شهری عمده‌ترین روش دفع زباله در بسیاری از کشورها از جمله ایران است. چگونگی دفع زباله به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد و روش‌های مختلفی از جمله سوزاندن و تبدیل به کمپوست نیز پیشنهاد گردیده است. محل دفن زباله می‌تواند به طور بالقوه بر روی محیط اطرافش اثرات منفی و زیانباری داشته باشد. این اثرات منفی به شکل آسیب بر سلامتی جامعه، عوامل اقتصادی و محیط زیست بروز می‌نماید. از این‌رو، ایجاد تأسیساتی مانند محل دفن مناسب یک امر ضروری است *(خاکی، ۱۳۹۱)*.

مکانیابی فرایندی است که به ارزیابی یک محیط فیزیکی که تأمین‌کننده شرایط لازم و پشتیبانی از فعالیت‌های انسانی است می‌پردازد. هدف اصلی از سنجش مکان برای استفاده خاص از زمین، اطمینان از سازگاری توسعه و گسترش فعالیت انسان با توجه به امکانات و محدودیت‌ها، با محیط زیست می‌باشد *(عبدلی، ۱۳۷۹)*.

به‌طور کلی، مراحلی که برای مکانیابی یک تسهیل شهری در سیستم اطلاعات جغرافیایی باید طی شوند به ترتیب عبارتند از:

الف) تعیین پارامترهای مؤثر در مکانیابی؛

ب) تعیین ارزش نسبی هر یک از پارامترها با توجه به اهمیت‌شان؛

ج) تبدیل ارزش‌های به دست آمده در لایه‌های قبلی به لایه‌های موضوعی.

طبق ماده ۱ ضوابط و معیارهای استقرار واحدها و فعالیت‌های صنعتی و تولیدی و خدماتی و بازیافت در ایران، حداقل فواصل مجاز برای استقرار واحدهای صنعتی و خدماتی مطابق موارد مندرج در جدول (۱) می‌باشد. از لحاظ اقتصادی بهتر است که فاصله محل دفن تا محل اجتماع شهری کم باشد، ولی با در نظر گرفتن تمام فاکتورهای مؤثر، لازم است که این فاصله را زیادتر در نظر گرفت. از جمله عواملی که باعث می‌شود بین محل دفن زباله‌ها و مراکز مسکونی فاصله زیادی وجود داشته باشد ماهیت میکروبی و عفونی آن‌هاست که سلامت و آسایش

انسان‌ها را از جنبه‌های مختلف تهدید می‌کند.

در بسیاری از منابع علمی با توجه به شرایط مختلف تأثیرپذیری مراکز مسکونی از مراکز دفن زباله، حداقل فاصله لازم بین آن‌ها حدود ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر پیشنهاد شده است *(خلیجی و زرآبادی، ۱۳۹٤)*.

در انتخاب محل دفن زباله باید محدودیت‌های مکانی هم در نظر گرفته شود. برای مثال وجود فرودگاه، دشت سیلابی، منطقه دارای گسل یا مناطق مرطوب باعث می‌شود که محدودیت در استفاده از زمین به‌وجود آید. همچنین، اطمینان از در دسترس بودن زمین کافی مهم است که بتواند یک سطح مناسب شامل یک کمربند حفاظتی کافی برای بهره‌برداری حداقل پنج ساله را تأمین کند. دیگر اینکه ممکن است شرایط ژئولوژیکی و هیدرولوژیکی منطقه مهم‌ترین فاکتور مورد نظر در مکانیابی محل دفن بهداشتی زباله باشد. اطلاعات موجود در این زمینه باید جهت ارزیابی پتانسیل آلودگی و خطرات موجود مورد استفاده قرار بگیرد و مهم‌ترین استفاده از این اطلاعات جهت کنترل شیرابه و گاز پخش شده در محل دفن زباله

جدول۱: حداقل فواصل مجاز برای استقرار واحدهای صنعتی و خدماتی *(مرصوصی و همکاران، ۱۳۹۰)*

ردیف	اماکن و مراکز	فاصله از مراکز مختلف (به واحد متر)					
		رده ۱	رده ۲	رده ۳	رده ٤	رده ٥	رده ٦
۱	مرکز استان (آخرین محدوده سکونتگاه)	–	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰
۲	مرکز شهرستان (آخرین محدوده سکونتگاه)	–	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
۳	شهر	–	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
٤	روستا	–	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
٥	مراکز درمانی و آموزشی	–	۲۰۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
٦	مراکز نظامی	۵۰	۲۰۰	۵۰۰	۷۵۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰
۷	پارک ملی- تالاب-دریاچه- اثر طبیعی ملی	۱۵۰	۱۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
۸	پناهگاه حیات وحش-منطقه حفاظت شده	–	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰
۹	رودخانه دائمی غیر شرب	۱۰۰	۱۰۰	۱۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۵۰۰
۱۰	رودخانه دائمی آب شرب	۱۵۰	۱۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰
۱۱	چاه‌های آب شرب-کشاورزی و قنوات	۵۰	۱۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۵۰۰

خواهد بود *(منوری، ۱۳۷۸)*. همچنین، محل دفن زباله باید از لحاظ شرایط زیست‌محیطی مثل مشکلات ناشی از ترافیک، صدا، بو، گرد و غبار ذرات منطقه به وسیله هوا و کنترل ناقلین بیماری‌زا، مناسب بوده و خطرات مربوط به سلامتی برای اجتماع مسکونی یا صنعتی مجاور ایجاد نکند *(منوری، ۱۳۷۸)*.

درمجموع، برای بسیاری از عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل مناسب دفن زباله استاندارد مشخصی تعریف نشده، لیکن با توجه به مطالب بالا، می‌توان به‌عنوان یک دستورالعمل اولیه و تخمینی مناسب، از موارد زیر پیروی نمود *(امانیان و همکاران، ۱۳۸٦)*:

۱. از چاه‌های تغذیه آب آشامیدنی حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشد؛
۲. از منابع آب‌های سطحی حداقل ۱۰۰ متر فاصله داشته باشد (فاصله ٦۰۰ متر به بالا بهتر است)؛
۳. در مناطق پر باران استقرار نیابد؛
٤. دارای خاک زیرین به ضخامت ۱۰ متر از جنس رس (یا مواد مشابه) باشد؛
۵. در جهت بادهای غالب قرار نداشته باشد؛
٦. از گسل‌ها و شکستگی‌های زمین حداقل ۸۰ تا ۱۰۰ متر فاصله داشته باشد؛
۷. دارای دوره سیل‌خیزی حداقل ۱۰۰ ساله باشد؛
۸. حتی‌الامکان دارای خاک سطحی از جنس رس سیلتی و در مرحله بعد از جنس شیء سیلیتی باشد؛
۹. شیبی کمتر از ٤۰ درصد داشته باشد؛
۱۰. تا حد امکان دارای سنگ بستری از جنس سنگ‌های آذرین باشد؛
۱۱. از مراکز جمعیتی، هتل، رستوران، محل فراوری خوراکی‌ها، مدارس و پارک‌های عمومی حداقل۳۰۰ متر فاصله داشته باشد؛
۱۲. از شبکه جاده‌های دسترسی حداقل ۸۰ متر و حداکثر ۱۰۰۰ متر فاصله داشته باشد؛
۱۳. از شهرها حداقل ۳-۲ کیلومتر و حداکثر ۲۰ کیلومتر فاصله داشته باشد؛
۱٤. جاده‌های دائمی مسیر آن دارای عرضی حداقل برابر با ٦ الی ۷ متر باشند؛
۱۵. دارای کاربری‌های با ارزش‌تر (از جمله کشاورزی، جنگل، تالاب، مرتع) نباشد؛
۱٦. حداقل ۸ کیلومتر از فرودگاه فاصله داشته باشد؛
۱۷. از مراکز تاریخی و باستانی (و نواحی حساس و بحرانی) حداقل ۷۰۰ متر فاصله داشته باشد ؛
۱۸. قیمت زمین مناسب و منطقی باشد؛
۱۹. دارای ظرفیتی برای حداقل ۲۰-٤۰ سال باشد.

موارد ذکر شده در بالا از رویکرد توسعه پایدار نشأت می‌گیرند که تلاش دارد با نگاهی نو به توسعه، اشتباهات گذشته بشری را تکرار نکند و توسعه‌ای همه‌جانبه و متوازن را رقم بزند *(مجلسی و نوری، ۱۳۷۱)*. این مفهوم سعی دارد به پنج نیاز اساسی بشر پاسخ گوید:

۱- تلفیق حفاظت و توسعه،
۲- تأمین نیازهای اولیه زیستی ،
۳- دستیابی به عدالت اجتماعی،
٤- خودمختاری و تنوع فرهنگی،
۵- حفاظت از یگانگی اکولوژیکی.

در تحقیق عظیمی و گشتاسب (۱۳۹۹)، مکان‌یابی مناسب برای شهر بوشهر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت و با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی مکان‌های مستعد دفع زباله‌های شهری مشخص شد. نتایج تحقیق نشان داد که اکثر مناطق شهرستان بوشهر مستعد دفن پسماند با بیشترین اولویت هستند.

در تحقیق ریاحی (۱۳۹۹) نیز، مکان‌یابی دفع پسماند در شهرستان بهشهر مازندران با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و روش سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت. در ارائه‌ی نتایج مکان‌گزینی جدید برای زباله‌های بیمارستانی و شهری، موارد با کمترین میزان خطر برای محیط زیست نشان داده شد.

در تحقیق حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، بعد از

مکان‌یابی مناطق احتمالی با استفاده از تئوری تصمیم‌گیری، زباله‌های شهر بهشهر در مناطقی خارج از منطقه شهری و به صورت کاملاً بهداشتی دفن شدند، که از معیارهای اقلیمی و جغرافیایی برای این مکان‌یابی استفاده شد.

مرادی و جبارزاده (۱۳۹٦)، یک مدل ریاضی جهت کمینه‌سازی هزینه‌ها در مراکز دفن و نیز کمینه‌سازی آلودگی منتشر شده ارائه دادند. در این تحقیق مکان‌یابی محل دفن و تعیین اندازه محل دفن از اهداف مسئله بود.

فرهادی و همکارانش (۱۳۹٤)، نیز به مکان‌یابی دفع پسماندهای شهرستان اسلام آباد غرب پرداختند. در این تحقیق چهار منطقه مناسب انتخاب شد. در نهایت سه مکان به‌عنوان مناطق دفع بهداشتی پسماندها در خارج شهر، در سطح دشت فرسایشی ناهموار بخش جنوب شرق شهرستان اسلام آباد معرفی شدند.

در تحقیق یمانی و علی‌زاده (۱۳۹٤)، با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و روش GIS به مکان‌یابی بهینه دفع زباله منطقه هشتگرد پرداخته شد. در این تحقیق پارامترهای ژئومورفولوژی در ارزیابی اماکن منتخب استفاده شد. نتایج نشان داد که نواحی دفع پسماندها در قسمت شرقی و جنوبی منطقه در حوالی روستای محمد آباد مکان مناسبی برای دفن پسماندها به دلیل وجود آب‌های زیرزمینی کم‌عمق نیست.

حجازی (۱۳۹٤)، به مکان‌یابی مناطق مناسب جهت دفع پسماند در شهر مراغه پرداخت. این کار با استفاده از سیستم GIS و تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت. نتایج حاصل از نقشه‌ها و معیارهای مستخرج از روش تصمیم‌گیری نشان داد که منطقه‌ای نزدیک روستای آغچه کهل و در فاصله پانزده کیلومتری شهر، بهترین مکان برای دفع پسماندها می‌باشد.

خلیجی و زر آبادی (۱۳۹٤) نیز به مکان‌یابی شهرک های صنعتی در اطراف شهر تبریز پرداختند. برای اینکار از تلفیق تکنیک‌های تصمیم‌گیری استفاده شد و معیارهای متفاوت زیست‌محیطی، طبیعی، جغرافیایی و... لحاظ شدند. نتایج تحقیق نشان داد که عوامل مرتبط با توپوگرافی منطقه و آلودگی بیشترین تأثیر را در فرایند مکان‌یابی دارند.

در تحقیق لاریمیان و همکاران (۱۳۹۱)، فاکتورهای زیست‌محیطی و منابع طبیعی بر خلاف دیگر تحقیقات در این حوزه لحاظ شدند. نتایج تحقیق نشان داد که به ظرفیت موجود در این بخش توجه نشده است و شش محور کاربری صنعتی پیشنهاد شد. جداول (۲) و (۳) خلاصه‌ای از سوابق مطالعات داخلی و خارجی صورت پذیرفته طی سالیان اخیر در این حوزه را نشان می‌دهد.

امکان سنجی انتخاب محل مناسب دفن زباله‌ها برای شهر کرج تا کنون پراکنده و مختصر انجام گرفته است. تحقیق حاضر با رویکرد توسعه‌ی پایدار، از منطق فازی در حوزه تئوری تصمیم‌گیری استفاده می‌کند تا در بخش مدیریت پروژه و مهندسی عمران برطرف‌کننده خلاء عدم قطعیت در محیط تصمیم‌گیری باشد، زیرا که در مطالعات داخلی کمتر بحث عدم قطعیت با رویکرد فازی لحاظ شده است. لازم به ذکر است که داده‌های تاریخی جامعی درخصوص اطلاعات دیگر مراکز احتمالی دفع زباله در حوزه مکان‌یابی دفع زباله در شهر کرج موجود نیست، بنابراین سعی شده تا با بکارگیری منطق فازی و دانش اطلاعات مکانی این خلاء پژوهشی برطرف گردد.

داده‌های پژوهش حاضر از طریق مطالعه ادبیات پژوهش، بررسی سایت‌های اینترنتی و مصاحبه با خبرگان صنعت ساخت و ساز گردآوری شده است. جهت تعیین مکان بهینه دفن زباله، جامع‌ترین بررسی‌های مطالعاتی و منطقه‌ای انجام گرفت و مناسب‌ترین و مؤثرترین معیارها و زیرمعیارهای لازم برای تصمیم‌گیری انتخاب شد که در این حوزه منحصر به فرد می‌باشد. برای تحلیل نتایج نیز از سامانه اطلاعات جغرافیایی و نیز فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. این پژوهش سعی کرده تا معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن زباله‌های شهر کرج را به درستی شناسایی و تحلیل کرده و مناسب‌ترین محل را در حالی که کمترین آثار مخرب زیست‌محیطی و انسانی را داشته باشد شناسایی و معرفی کند.

جدول۲: مطالعات داخلی صورت‌گرفته در حوزه مکان‌یابی دفع پسماندها طی سال‌های اخیر

ردیف	پژوهشگران	روش تحقیق	شرح نتایج پژوهش
۱	عظیمی و گشتاسب (۱۳۹۹)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و GIS	هدف از این تحقیق، بررسی مکان‌یابی محل دفن مناسب پسماندهای شهری بوشهر با استفاده از تکنیک‌های AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی بود. با استفاده از مدل مذکور و بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی و نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری پرسشنامه‌های مورد نیاز، متغیرهای متعددی در راستای انتخاب بهترین مکان برای دفع بهداشتی زباله‌های شهری مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از محیط GIS و روش AHP نقشه مکان‌های مستعد دفع زباله‌های شهری تهیه شد. نتایج نشان داد که اراضی مناسب عمدتاً در مناطق مرکزی شهرستان بوشهر قرار گرفته‌اند که به لحاظ مشکلات کمتر زیست‌محیطی، می‌توانند مطلوبیت قابل قبولی داشته باشند.
۲	ریاحی (۱۳۹۷)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و GIS	مکان‌گزینی بهینه در دفع پسماند جامد شهری بهشهر با استفاده از روش چک لیست و نیز AHP و معیارهای دسترسی و فاصله و تعیین حدود با نرم‌افزار GIS انجام گردید و نتایج حاصله نشان داد که برای پهنه‌بندی محل پسماند دو منطقه پرخطر و دو منطقه مناسب وجود دارد. مناطق پر خطر یا کلاس ۱ و ۲ شامل نواحی ساحلی خلیج گرگان در شمال شهرستان و مناطق جنگلی در مرکز تا جنوب شهرستان می‌باشند و آسیب‌هایی که در محل کنونی دفع پسماند بر محیط گذاشته است، چندین برابر نسبت به مکان جدید پیشنهادی پر خطر می‌باشد. همچنین دو منطقه مناسب و بهینه جهت دفع پسماند در نظر گرفته شد که بهترین مکان شامل کلاس ٤ بوده و از لحاظ مکان‌گزینی بسیار مناسب جهت دفع پسماند در سال‌های آتی لحاظ گردید.
۳	حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)	تئوری تصمیم‌گیری	دفع زباله به صورت تلنبار از مهم‌ترین روش‌هایی بوده است که مدیریت شهری بهشهر در طی سال‌های زیاد استفاده از آن را در دستور کار داشته. این امر مشکلاتی مانند خروج شیرابه، آلودگی خاک، بوی بد، آتش‌سوزی، پراکندگی زباله و غیره را در محل دفن به‌وجود آورده است. برای انتخاب مکان صحیح دفن مواد زائد جامد باید معیارهایی مانند مقدار و جهت شیب، فاصله از گسل، فاصله از مناطق مسکونی و خطوط ارتباطی و انتقال نیرو مورد توجه قرار گیرد. در نتیجه برای اطمینان یافتن از حفظ محیط زیست و رعایت اهداف توسعه پایدار و جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی، مکان‌یابی مرکز دفن زباله در شرق استان مازندران مسئله ضروری می‌باشد.
٤	مرادی و جبارزاده (۱۳۹٦)	مدل ریاضی چندهدفه	یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه برای طراحی یک سیستم مدیریت جامع پسماند که شامل تولیدکننده‌های زباله، ایستگاه‌های انتقال و محل‌های دفن زباله می‌باشد ارائه شد. اهداف مدل توسعه‌یافته، به طور همزمان کمینه‌سازی مجموع هزینه‌ها، برقراری عدالت در توزیع زباله‌ها در مراکز دفن و کمینه‌سازی آلودگی منتشر شده از محل‌های دفن زباله می‌باشد. مدل پیشنهادی داده‌های واقعی را که برای برنامه‌ریزی بلند زباله‌های جامد شهر تهران استفاده می‌شود، در مطالعه موردی خود به کار گرفته است.
٥	نصیری (۱۳۹٥)	مدل چندهدفه، بهینه‌سازی پارتویی	یک مدل دو هدفه‌ی جدید برای حداقل کردن هزینه پالایش و دفع پسماند صنعتی جهت حداقل کردن آلودگی در ناحیه تحت تأثیر مراکز پالایش و دفع ارائه شد. در انتها با استفاده از روش محدودیت اپسیلون تقویت شده لکسوگرافیک جواب‌های بهینه پارتویی برای یک مسئله نمونه محاسبه گردید.

٦	فرهادی و همکاران (١٣٩٤)	GIS و تئوری تصمیم‌گیری	به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS ، مکان بهتری برای دفن بهداشتی زباله‌های شهرستان اسلام‌آبادغرب در نظر گرفته شد. برای این کار، ابتدا نقشه ژئومرفولوژی محدوده شهرستان با شناسایی هشت پهنه لندفرم تهیه گردید. طبق این بررسی و با غربال شدن چهار معیار حذفی در این گونه مکان‌یابی‌ها، دشت فرسایشی ناهموار نیمه جنوبی شهرستان، پهنه مناسبی برای دفن بهداشتی زباله تشخیص داده شد.
۷	ایمانی و علیزاده، (١٣٩٤)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و GIS	هدف این تحقیق مکان‌یابی بهینه دفن زباله منطقه هشتگرد استفاده از روش AHP و با توجه به پارامترهای ژئومورفولوژی می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روش AHP یک روش انعطاف‌پذیر، روان، و به راحتی قابل اجرا برای مکان‌یابی محل دفن زباله می‌باشد و تلفیق آن با ابزارهای توانمند GIS از کارایی بالایی برخوردار بوده است. در مقاله حاضر چهار معیار اصلی یعنی زمین‌شناسی، هیدرولوژی، توپولوژی و کاربری اراضی پنج ناحیه برای مکان‌یابی به دست آمد. نتیجه پژوهش حاکی از آن است که نواحی کاملاً مناسب برای دفن زباله در قسمت شرقی و جنوبی منطقه می‌باشد.
۸	حجازی (١٣٩٤)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و GIS	با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی و نمونه‌برداری از شهر مراغه متغیرهای متعددی در راستای انتخاب بهترین مکان برای دفع بهداشتی زباله‌های شهری مورد ارزیابی قرار گرفت. تمامی معیارها به صورت دو به دویی با هم مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت با استفاده از محیط GIS و روش AHP نقشه مکان‌های مستعد دفع زباله‌های شهری برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج تحلیل در پنج گروه، از بسیار بالا تا بسیار ضعیف طبقه‌بندی شد و مساعدترین منطقه در نزدیکی روستای آغچه کهل و به فاصله ۱۵ کیلومتری از شهرستان مراغه انتخاب شد.
۹	خلیجی و زر آبادی(١٣٩٤)	تلفیقی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره	مکان‌یابی شهرک‌های صنعتی در تبریز با توجه به شاخص‌های توسعه پایدار انجام شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (تاپسیس، ویکور، الکترا و...) طبقه‌بندی و ارزش‌گذاری متغیرها و لایه‌های اطلاعاتی و با اتخاذ ۱۰ شاخص طبیعی، جغرافیایی، زیست‌محیطی و زیربنایی به پهنه‌بندی اراضی شهرستان تبریز جهت تعیین مکان مناسب برای استقرار شهرک صنعتی اقدام گردید.
۱۰	لاریمیان و همکاران (١٣٩١)	ماتریس ارزیابی زیست‌محیطی	مکان‌یابی شهرک‌ها و نواحی صنعتی(با توجه به اثرات زیست محیطی بخش صنعت) برای شهرستان سمنان انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد تصمیم‌گیران در برنامه‌ریزی‌های گذشته، اهمیت و ارزش‌های منابع طبیعی و محیط زیست را نادیده گرفته‌اند و بسیاری از صنایع کشور بدون توجه به ملاحظات زیست محیطی طراحی و بهره‌برداری شده‌اند.

جدول۳: مطالعات خارجی انجام شده در حوزه مکان‌یابی دفع پسماندها طی سال‌های اخیر

ردیف	محققین و سال تحقیق	روش تحلیل	شرح نتایج تحقیق
۱	ژانگ و همکاران، (۲۰۲۰)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس و GIS	در این مطالعه از روش‌های AHP و تاپسیس در یک چارچوب تصمیم‌گیری یکپارچه برای توسعه‌ی یک شاخص مطلوبیت جهت ارزیابی مطلوبیت محل دفن زباله در نیوساوت ولز استرالیا، با توجه به یک مجموعه جامع از معیارهای ارزیابی، استفاده شد. نقشه‌ی عوامل اولیه و نقشه شاخص مطلوبیت مرکب نهایی در محیط GIS توسعه‌یافته و برای ارزیابی مکان‌های دفن یک طرح رتبه‌بندی منسجم پیشنهاد شد.
۲	بنگین و همکاران (۲۰۲۰)	روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، GIS	در این تحقیق، از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های سنجش از دور برای مکان‌یابی دفن پسماند پزشکی در استان کرمانشاه ایران استفاده شد. هم چنین ارزیابی ریسک محیطی برای سایت انتخاب شده به منظور به حداقل رساندن خطرات ممکن انجام شد. نتایج نشان داده که تنها ۱/۲ ٪ از منطقه ی مورد مطالعه بسیار مناسب بوده، در حالی که ۹۰ درصد از مساحت آن نامناسب در نظر گرفته شده است که این منطقه را از بحران حفظ می‌کند.
۳	تچاتو و همکاران (۲۰۱۹)	مدل تحلیل سلسله مراتبی، GIS	در این مطالعه یک تکنیک تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره که در محیط GIS به کار برده شده بود توسعه داده شد تا بهترین مکان برای محل دفن زباله در چهار منطقه جنوبی استان سنگخلا بررسی شود. بر اساس قضاوت متخصصان و مطالعات بین‌المللی پیشین، معیارهای مورفولوژیکی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه ۱۸ مکان مناسب را برای دفن زباله پیشنهاد داد.
٤	پاسالاری و همکاران (۲۰۱۹)	مدل تحلیل سلسله مراتبی، GIS، منطق فازی	روشی ساده از تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و عضویت فازی در محیط GIS به منظور تعیین بهترین مکان‌های دفن زباله در شهر شیراز، واقع در جنوب ایران ارائه شد. ۱۵ زیرمعیارهای ثبت شده در ادبیات سازمان حفاظت از محیط زیست ایران (IEPO) انتخاب شده و وزن هر معیار بر اساس دانش متخصصان و با استفاده از AHP تعیین شد. در پایان تحلیل‌ها، شش مکان مناسب برای دفن زباله در شیراز شناسایی شد.
٥	کاراکاس و همکاران (۲۰۱۹)	روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، GIS	در این مطالعه ۷ معیار حذف پسماند جامد شهری در سیواس بررسی و تحلیل شد. برای بررسی این معیارها از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بر اساس روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مثل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و SAW استفاده شد. با توجه به نتایج حاصله مشخص شد که بخش بزرگی از محدوده مورد مطالعه (به ترتیب ۸۲/٤٦٪ و ۲۷/۸۱ ٪) در دسته‌بندی نسبتاً مناسب قرار می‌گیرند. بعد از استفاده از GIS و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، چهار مکان جایگزین با در نظر گرفتن فاکتورهای فیزیکی و زیست‌محیطی توصیه شد.
٦	کاپیلان و الانگوان (۲۰۱۸)	آنالیز پوششی داده‌ها، GIS	با استفاده از روش تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر GIS، یک راهکار بهینه برای مشخص کردن مکان‌های مناسب دفن زباله در کویمباتور ارائه شد. معیارهای اصلی انتخاب و وزن آن‌ها محاسبه گردید. آنالیز پوششی داده‌ها در محیط GIS، چهار منطقه مناسب را نشان داد. این مناطق عمدتاً زمین‌های لم‌یزرع هستند که دور از مناطق مسکونی بوده و در نتیجه خطرهای درگیری اجتماعی در آن‌ها وجود ندارد.

۷	وانگ و همکاران (۲۰۱۸)	ارزیابی ریسک، منطق فازی	این مطالعه با هدف شناسایی بهترین سایت از دیدگاه حفاظت از سلامت عمومی با استفاده از روش ارزیابی ریسک بهداشت محیطی آب‌های زیرزمینی تهیه گردید. رایج‌ترین روش برای ارزیابی سطح آسیب بر سلامت انسان برای انتخاب محله دفن زباله، قضاوت فاصله است. این روش با اعمال یکسری اصلاحات به‌عنوان یک مطالعه موردی برای ارزیابی خطر آلودگی محیط آب‌های زیرزمینی یک محل دفن زباله خانگی در شمال غربی چین به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی نه تنها می‌تواند پیشنهاد کند که کدام گزینه کمترین آسیب را به بدن انسان اعمال خواهد کرد بلکه میزان خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی را به طور دقیق محاسبه می‌کند.
۸	خرسندی و همکاران (۲۰۱۸)	مدل تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس و GIS	در این مطالعه از تلفیق مدل‌های AHP، TOPSIS و GIS برای مکان‌یابی منطقه‌ی نقده استفاده شد و معیارهای اصلی مورد توجه قرار گرفتند. سپس بعد از مرحله آماده‌سازی نقشه‌ها، عوامل مربوط به هر زیر مقیاس با استفاده از روش AHP در GIS وزن‌دهی شدند و بر روی نقشه خروجی مناطق بسیار مناسب برای دفن زباله از طریق تلفیق لایه‌ها و گزینه‌های شناسایی شده و با استفاده از تکنیک تاپسیس و پنج معیار ثانویه بر اساس نظر متخصصان رتبه‌بندی شدند.
۹	الرزوق و همکاران (۲۰۱۸)	مدل تحلیل سلسله مراتبی ،منطق فازی، GIS	در این تحقیق از روش عضویت فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در یک محیط جغرافیایی- فضایی برای انتخاب مکان دفن زباله در شارجه استفاده شد. عوامل سطح بزرگ مثل عوامل اقتصادی و اجتماعی و عوامل سطح کوچک مثل عوامل زیست‌محیطی و جغرافیایی در نظر گرفته شدند. لایه‌های فضایی وزن‌دار برای تولید نقشه‌های شاخص مناسب، برای محل دفن زباله مناسب، ترکیب شده و سپس آنالیز حساسیت برای اصلاح اوزان نظری اولیه انجام شد. نتایج نشان داد که ۲۵/۳۰ درصد از محل مورد مطالعه، شاخص تناسب بالایی برای انتخاب محل دفن زباله در شارجه دارند.
۱۰	اوسرا و کاجومبا (۲۰۱۸)	مدل تحلیل سلسله مراتبی، تکنیک GIS	با استفاده از تلفیق AHP و GIS غربالگری منطقه‌ای برای تعیین محل آتی دفن زباله در شهر مکه عربستان انجام شد و شش محل شناسایی شدند. این مکان‌ها مورد آنالیزهای VES و GPR قرار گرفتند تا خواص ژئوفیزیکی زیرسطحی آن‌ها مطالعه شود. یافته‌های این تحقیق نشان داد باید برای نجات مکه از مقادیر زیادی مواد زائد جامد شهری که پس از توسعه مسجد بزرگ تولید خواهد شد اجتناب شود و شهر مکه باید از این یافته‌ها برای تأسیس یک محل جدید دفن بهداشتی استفاده کند.

۲- داده‌ها و روش تحقیق

تحقیق حاضر از نظر هدف یک تحقیق کاربردی می‌باشد. شیوه گردآوری داده‌ها در این پژوهش به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. برای استخراج و تبیین معیارهای تحقیق، ابتدا با مراجعه به کتابخانه‌ها، سایت‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی و مطالعه مقالات و تحقیقات صورت گرفته، معیارها و مؤلفه‌های مرتبط با مکان‌یابی محل مناسب دفن زباله و پسماندهای شهر کرج مورد شناسایی قرار گرفت. معیارها و مؤلفه‌های استخراج شده در پژوهش‌های مشابه داخلی و مطالعات خارجی عیناً مورد بررسی و استفاده قرار گرفته‌اند. این معیارها در اختیار خبرگان حوزه مکان‌یابی پسماندها و مسایل عمرانی مرتبط قرار گرفت، و همچنین

تعدادی از اساتید دانشگاهی در زمره کارشناسان تحقیق بودند و از آن ها در قالب پرسشنامه نظرسنجی انجام شد. از مصاحبه جهت غربالگری اولیه مؤلفه‌ها و شاخص‌های استخراج شده از مطالعات کتابخانه‌ای استفاده گردید و در مرحله بعد، از پرسشنامه جهت جمع‌آوری داده‌ها استفاده شد. در پرسشنامه این تحقیق، از سؤالات مبتنی بر امتیازدهی ماتریس مقایسات زوجی در روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده است.

خبرگان تحقیق با مشاهده پرسشنامه تهیه شده، روایی شاخص‌های تحقیق حاضر را تأیید نموده‌اند. همچنین، به منظور تعیین پایایی پرسشنامه از روش ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که یکی از پرکاربردترین ابزارهای اندازه‌گیری به منظور سنجش سازگاری درونی معیارهاست و از طریق فرمول (۱) محاسبه می‌گردد.

نتایج آزمون آلفای کرونباخ مقادیری بین ۰ تا ۱ است که هرچقدر همبستگی مثبت بین سؤالات بیشتر شود، میزان آلفای کرونباخ نیز بیشتر خواهد شد و بالعکس، هر چقدر اختلاف میانگین سؤالات بیشتر شود مقدار آلفای کرونباخ کاهش پیدا خواهد کرد. در توصیف ضریب آلفای کرونباخ باید گفت، اگر این ضریب بالای ۰/۷ برآورد گردد، پرسشنامه از پایایی خوبی برخوردار است. در صورتی‌که مقدار آلفا بین ۰/۵ تا ۰/۷ برآورد گردد، پرسشنامه دارای پایایی متوسط و نهایتاً ضرایب کمتر از ۰/۵ نمایانگر پایایی ضعیف می‌باشند.

$$\alpha = \left(\frac{j}{j-1}\right)\left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2}\right)$$ رابطه(۱)

در فرمول فوق a برآورد اعتبار آزمون، j تعداد سؤالات تست، واریانس زیر مجموعه j ام،S^2 نیز واریانس کل آزمون است *(گنجی و حجتی، ۱۳۹٤)*. در این پژوهش، پرسشنامه تحلیل سلسله مراتبی فازی مشتمل بر پنج شاخص جامع در ارتباط با ۲۳ گروه مختلف از زیر شاخص‌ها، که با سؤالات متفاوت همراه بود در نرم‌افزار SPSS۲۲ وارد و ضرایب آلفای کرونباخ محاسبه گردید.

جداول خروجی نرم‌افزار SPSS جهت تعیین پایایی به تفکیک هر گروه شاخص، در جدول (٤) آورده شده است. نتیجتاً با توجه به اینکه مقدار a کرونباخ برای تک تک شاخص‌ها و متغیرهای تحقیق بیش از ۰/۸ و میانگین این شاخص برابر ۰/۸۸٤ به‌دست آمد، پایایی پرسشنامه مورد تأیید قرار گرفت.

جدول٤: محاسبه ضرایب آلفای کرونباخ جهت تعیین پایایی پرسشنامه تحقیق

شرح	تعداد	درصد
Cases valid	۲۳	۱۰۰/۰
Excluded	۰	۰
Total	۲۳	۱۰۰/۰
ضریب آلفای کرونباخ		تعداد موارد
۰/۸۸٤		۲۳

با استفاده از فرمول کوکران در رابطه (۲)، تعداد افراد جامعه آماری خبرگان که از لحاظ تجربه کاری و سوابق اجرایی کاملاً ذی‌صلاح هستند انتخاب شد. خبرگان این تحقیق از بین کارشناسان اجرایی و متخصصان دانشگاهی در حوزه عمران و شهرسازی، محیط زیست و مهندسی شهری انتخاب شدند که به موضوع تحقیق آشنایی داشتند. تعداد اعضای جامعه خبرگان برگزیده با استفاده از فرمول کوکران با درصد خطای ۰/۰۵، برابر با ۲۷ نفر به‌دست آمد [٤٧].

$$n = \frac{\frac{z^2 pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left[\frac{z^2 pq}{d^2}-1\right]} = 27$$ رابطه(۲)

در رابطه (۲)، N برابر است با حجم جامعه آماری که برابر بود با ۳۰ نفر؛ z برابر است با ۱/۹٦؛ مقدارq= p=0/5؛ و d برابر است با مقدار اشتباه مجاز (مقدار خطا) که برابر بود با ۰/۰۵ *(شوندی، ۱۳۸۵)*.

پس از استخراج شاخص‌ها و پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهر کرج با رویکرد توسعه‌ی پایدار از دیتابیس‌های لاتین جدید و مطالعات داخلی، در

مرحله بعد مؤلفه‌ها و معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن‌دار شدند و برای اعتبارسنجی، نرخ ناسازگاری شاخص‌ها محاسبه گردید. بعد از نرمال‌سازی و غیرفازی‌سازی شاخص‌ها و زیرمعیارها، وزن نهایی شاخص‌ها و زیرمعیارها تعیین شد. یک پرسشنامه در اختیار خبرگان قرار گرفت تا شاخص‌ها ارزیابی و بررسی گردند برای اینکه اگر احیاناً نیاز به کم و یا اضافه نمودن شاخص دیگری هم باشد، به شاخص‌های تحقیق اضافه گردند. معیارها و زیرمعیارهای مورد مطالعه در این تحقیق در جدول (۵) فهرست شده‌اند.

در ادامه، از منطق فازی برای رسیدن به پاسخ برتر بهره گرفته شد. مهم‌ترین مزیت کاربرد منطق فازی در بیان عقاید و نظریات مبهم است. متغیرهایی که مقادیر آن‌ها کلماتی با جملات زبان طبیعی هستند متغیرهای زبانی نامیده می‌شوند. هنگامی که از افراد خبره می‌خواهیم یک متغیر را ارزیابی کنند از واژه‌هایی همچون خوب، متوسط، ضعیف، بسیار

جدول۵: معیارها و زیرمعیارهای مورد مطالعه برای مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند شهری کرج

ردیف	معیار	کد معیار	زیر معیار	کد زیر معیار
۱	زمین‌شناسی	C_1	– خاک‌شناسی	C_{11}
			– روان‌گرایی	C_{12}
			– شرایط اقلیمی	C_{13}
			– گسل	C_{14}
			– شیب	C_{15}
۲	زیست‌محیطی	C_2	– فاصله از آب‌های سطحی	C_{21}
			– فاصله از آب‌های زیر زمینی	C_{22}
			– سیل‌خیزی	C_{23}
			– مناطق حفاظت شده	C_{24}
			– عدم قرارگیری در مسیر جریان باد به سمت مناطق مسکونی	C_{25}
			– بوی نامطبوع، رشد میکروب‌ها و ازدحام حشرات موذی و حیوانات ولگرد	C_{26}
۳	توسعه شهری	C_3	– کاربری زمین	C_{31}
			– فاصله از مسیرهای حمل و نقل شهری	C_{32}
			– دسترسی به تجهیزات و تسهیلات	C_{33}
			– دسترسی به خطوط نیرو	C_{34}
٤	اجتماعی– اقتصادی	C_4	– پذیرش مردم	C_{41}
			– ایجاد ترافیک	C_{42}
			– قیمت زمین	C_{43}
			– کاربری اراضی	C_{44}
۵	هیدرولوژی	C_5	– آبراهه اصلی	C_{51}
			– آبراهه فرعی	C_{52}
			– سطح ایستابی	C_{53}
			– چاه	C_{54}

ضعیف و ... استفاده می‌کنند که اصطلاحاً» از آن‌ها با عنوان متغیرهای زبانی یاد می‌شود. بنابراین با معرفی متغیرهای زبانی قادر خواهیم بود توصیف‌های مبهم و نامعلوم در زبان‌های طبیعی را در گزاره‌های ریاضی رابطه‌بندی کنیم. روند تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد قطعی در نگاره (۱) دیده می‌شود.

روش تحلیل سلسل مراتبی (AHP) توسط فردی عراقی‌الاصل به نام توماس. ال. ساعتی، در دهه‌ی ۱۹۷۰ پیشنهاد شد. این روش، مانند آنچه در مغز انسان انجام می‌شود، به تجزیه و تحلیل مسائل می‌پردازد. این روش تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد اثرات متقابل و همزمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. این فرآیند، موجب می‌شود تا اولویت‌ها براساس اهداف، دانش و تجربه‌ی خود افراد تنظیم شوند، به نحوی که احساسات و قضاوت‌های خود را به طور کامل در نظر گیرند *(زاهدی و کاظمی، ۱۳۸۸)*. این فرآیند از مقایسات زوجی استفاده کرده سپس برای عوامل و ارزیابی‌های مختلف، ضرایبی را محاسبه می‌کند. در این روش تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، کار خود را آغاز می‌نماید. این درخت، شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد. سپس یکسری مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت منطق تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد، که تصمیم بهینه حاصل آید *(زاهدی و کاظمی، ۱۳۸۸)*.

فعالیت بالقوه انسان تولید روزافزون زباله است. این زباله می‌تواند به اشکال مختلفی چون صنعتی، خانگی، کشاورزی، بیمارستانی و معدنی وارد محیط شود که هر کدام به نوبه خود محیط زیست را آلوده می‌سازند. در این راستا سامانه اطلاعات جغرافیایی یا همان GIS به‌عنوان ابزاری قدرتمند در مکانیابی محل مناسب دفن مواد زاید طبق استانداردهای زیست‌محیطی به‌کار می‌رود *(عظیمی و همکاران، ۱۳۸۹)*. GIS، یک سامانه رایانه ای برای مدیریت داده‌های فضایی (مکانی) است. عامل مشخص‌کننده‌ای که این تکنولوژی را از سایر سیستم‌های ذخیره و بازیافت اطلاعاتی متمایز می‌کند، نحوهٔ

نگاره۱: روند تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد قطعی در منطق فازی *(اصغرپور، ۱۳۷۷)*

نگرش آن به مکان‌های جغرافیایی است. با این ویژگی، GIS به‌عنوان یک فناوری جدید، به صنعتی پویا در تجزیه و تحلیل داده‌های کمی و کیفی و طراحی انواع تصاویر جغرافیایی تبدیل گشته است.

هدف نهایی در اکثر پروژه‌های سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، ترکیب داده‌های مختلف از منابع گوناگون به منظور توصیف، آنالیز پدیده‌ها یا ایجاد نقشه‌هایی جدید است که می‌توانند نهایتاً در تصمیم‌گیری‌ها مورد استفاده قرار گیرند.

مدل‌سازی در محیط GIS به اشکال مختلف صورت می‌گیرد. در نهایت با استفاده از مدل‌های انجام شده، خواص و ملاک‌های مورد نظر تعمیم داده شده و نقشه دلخواه حاصل می‌شود. نسبت دادن وزن به نقشه‌های مختلف و کلاس‌های آن‌ها و ترکیب نقشه‌های نشانگر حاصله را می‌توان با دو روش کلی تکیه به داده‌ها و نظرخبرگان انجام داد *(عظیمی و همکاران، ۱۳۸۹)*.

۳- یافته‌های تحقیق و بحث در نتایج

برای تحقق هدف پژوهش، ابتدا اهمیت شاخص‌ها نسبت به هدف اصلی به دست آمد. سپس وزن هر یک از زیر شاخص‌ها تعیین شد. از این رو در ابتدا تأثیر شاخص‌های اصلی تحقیق بر هدف به‌دست آمد و این کار با استفاده از نظر خبرگان انجام شد. ماتریس مقایسات زوجی حاصل از تأثیر شاخص‌ها بر هدف محاسبه شد و سپس با ادغام ماتریس مقایسات زوجی حاصل از نظر خبرگان، تأثیر شاخص‌ها بر هدف تعیین گردید. در این مرحله پنج شاخص اصلی ارزیابی و اولویت‌بندی شدند. سپس، میزان اهمیت زیر شاخص‌ها بر هر کدام از شاخص‌ها به دست آمد و ماتریس مقایسات زوجی حاصل از تأثیر زیر شاخص‌ها بر شاخص‌ها محاسبه و ترکیب شدند. در این تحقیق برای وزن‌دهی شاخص‌ها از متغیرهای زبانی و اعداد فازی در بازه‌ی (۳/۵ و ۱) استفاده شد. با توجه به سهولت استفاده و دقت نتایج، جهت ارزیابی متغیرهای زبانی از اعداد فازی مثلثی استفاده شد که به صورت اعداد مندرج در جدول (٦) می‌باشد.

در ادامه، ماتریس مقایسات زوجی حاصل از نظر خبرگان و ماتریس ادغام‌سازی شده (تجمیعی) نیز در جدول (۷) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول٦: اعداد فازی مثلثی و متغیرهای زبانی تحقیق

(اوغانی و همکاران، ۱۳۹۱)

اعداد فازی مثلثی	متغیرهای زبانی جهت بیان اولویت	معکوس اعداد فازی مثلثی
(۱و۱و۱)	عیناً یکسان	(۱و۱و۱)
(۱/۵و۱و۰/۵)	اهمیت برابر یا عدم ترجیح	(۲و۱و۰/٦٦)
(۲و۱/۵و۱)	نسبتاً مهم‌تر	(۱و۰/٦٦و۰/۵)
(۲/۵و۲و۱/۵)	مهم‌تر	(۰/٦٦و۰/۵و۰/٤)
(۳و۲/۵و۲)	خیلی مهم‌تر	(۰/۵و۰/٤و۰/۳۳)
(۳/۵و۳و۲/۵)	بی‌نهایت مهم‌تر	(۰/٤و۰/۳۳و۰/۲۹)

در مرحله بعد، ادغام‌سازی ماتریس مقایسات زوجی حاصل از تأثیر شاخص‌ها بر هدف انجام شد. برای این

جدول۷: ماتریس مقایسات زوجی تحقیق

معیار	C1			C2			C3			C4			C5		
C1	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۳/۵۰	۱/۰۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
C2	۰/۲۸٦	۰/۳۳۳	۰/٤۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۳/۰۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۲/۵۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۲/۵۰
C3	۰/۵۰۰	۰/٦٦۷	۱/۰۰	۰/۳۳۳	۰/٤۰۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۳۳	۰/٤٤	۰/۵۰	۰/٤۰	۰/۵۰	۰/٦۷
C4	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/٤۰۰	۰/۵۰۰	۰/٦٦۷	۲/۰۰	۲/۲۵	۳/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
C5	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/٤۰۰	۰/۵۰۰	۰/٦٦۷	۱/۵۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
جمع	۳/۷۸	٤/۰۰	٤/٤۰	٤/٦۳	۵/٤۰	٦/۳۳	۷/۵۰	۹/۲۵	۱۰/۰	٤/۸۳	۵/٤٤	٦/۰۰	٤/۹۰	۵/۵۰	٦/۱۷

مهم، ماتریس مربعی خبره‌سنجی شده ادغام‌سازی و تجمیع شد و بعد از آن، میانگین هندسی ماتریس مقایسات زوجی ادغام‌سازی شده به‌دست آمد. بعد از نرمال‌سازی و غیرفازی کردن ماتریس مذکور (بر اساس پژوهش زاهدی و کاظمی، ۱۳۸۸)، وزن نهایی شاخص‌ها به‌دست آمد. لازم به ذکر است که میانگین هندسی ماتریس مقایسات زوجی از طریق محاسبه‌ی حاصل عددی کمترین مقدار ریشه پنجم درایه‌های اول پنج عدد فازی، میانگین درایه‌های دوم پنج عدد فازی و بیشترین مقدار درایه‌های سوم پنج عدد فازی حاصل شد (جدول ۸).

جدول۸: میانگین هندسی ماتریس مقایسات زوجی تأثیر شاخص‌ها بر هدف تحقیق

میانگین هندسی ماتریس‌ها		
۲/۳۹٤٦۹٤	۱/۰٤۱٦۱	۰/٤٥۲۸٦٤
۳/۱۷۲۸۷٦	۱/۱٥۸۰۹۹	۰/٥۳۹٥۲٤
۱/۷۹۷۲۱٦	۰/۷۰۹۳۹۸	۰/٤۰۲٦۳٦
۲/۱٥۸٦۸٤	۰/۷٦۸٥۳٦	۰/٤۱۷٥۹
۲/۱٤۱۱۲۷	۰/۹۲۳۰٤۸	۰/٤٦۳۲٤٦
جمع ستونی		
۱۱/٦٦٤٦	٤/٦۰۰٦۹	۲/۲۷٥۸٦

برای نرمال‌سازی اعداد جدول (۸)، مؤلفه‌ی اول هر عدد فازی در هر سطر بر جمع مؤلفه‌ی سوم آن عدد تقسیم شد، که در جدول (۹) ارائه شده است. در نهایت، ماتریس اوزان نهایی شاخص‌ها به‌صورت جدول (۱۰) محاسبه شد.

جدول۹: مقادیر نرمال‌سازی شده حاصل از میانگین هندسی ماتریس مقایسات زوجی

جدول ماتریس نرمال‌سازی شده		
۱/۰٥۲۲۱٥	۰/۲۲٦٤۰۳	۰/۰۳۸۸۲٤
۱/۳۹٤۱٤٤	۰/۲٥۱۷۲۳	۰/۰٤٦۲٥۳
۲/۲۷٥۸٦	۰/۱٥٤۱۹٤	۰/۰۳٤٥۱۸
۰/۹٤۸٥۱٤	۰/۱٦۷۰٤۸	۰/۰۳٥۸۱۱
۰/۹٤۰۷۹۹	۰/۲۰۰٦۳۲	۰/۰۳۹۷۱٤

جدول۱۰: اوزان نهایی شاخص‌های تحقیق

رتبه معیار	وزن نهایی معیار	معیار
۳	۰/۱۸٤	C1
۲	۰/۲۲٦	C2
۱	۰/۲۷۰	C3
٥	۰/۱٥۲	C4
٤	۰/۱٦٤	C5

همانطور که مشاهده می‌شود شاخص معیارهای توسعه شهری با وزن ۰/۲۷۰ مهم‌ترین عامل در مکان‌یابی محل مناسب دفن پسماند شهری تعیین گردید و بعد از آن معیار زیست‌محیطی حائز رتبه دوم شد. در نهایت، معیار اجتماعی- اقتصادی با وزن ۰/۱٥۲ در رتبه آخر قرار گرفت. در ادامه، جهت بررسی اعتبار ماتریس مقایسات زوجی، شاخص ناسازگاری تک تک جداول مقایسات زوجی تأثیر شاخصها بر هدف، همچنین شاخص ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی ادغام سازی شده محاسبه شد. طبق تعریف، حداکثر نرخ ناسازگاری برای ماتریس مقایسات زوجی نباید از عدد ۰/۱ تجاوز کند، در غیر اینصورت محاسبات ماتریس مقایسات زوجی دارای خطا می‌باشد.

نرخ سازگاری کلی در این تحقیق برای معیارهای اصلی برابر با ۰/۰۹٥ به‌دست آمد که نشان‌دهنده سازگاری محاسبات انجام شده بود. با انجام محاسبات مشابه، وزن نهایی هر یک از شاخص‌های ۲۳ گانه مربوط به زیرمعیارها نیز محاسبه گردید تا میزان اهمیت هریک در تحقق هدف اصلی تحقیق مشخص گردد که کلیه نتایج به تفکیک در جداول (۱۱) الی (۱٥) قابل مشاهده هستند.

جدول۱۱: اوزان نهایی شاخص‌های معیار زمین‌شناسی

رتبه شاخص	نام شاخص	وزن نهایی	شاخص
٤	خاک شناسی	۰/۲۱٥	C11
۳	روان گرایی	۰/۲۳٥	C12
۲	شرایط اقلیمی	۰/۲۳٦	C13
۱	گسل	۰/۲٦۱	C14
٥	شیب	۰/۰٥۱	C15

جدول۱۲: اوزان نهایی شاخص‌های معیار زیست‌محیطی

رتبه شاخص	نام شاخص	وزن نهایی	شاخص
۱	فاصله از آب‌های سطحی	۰/۲۰۱	C21
۳	فاصله از آب‌های زیر زمینی	۰/۱۶۹	C22
٦	سیل‌خیزی	۰/۱٤۱	C23
٥	مناطق حفاظت شده	۰/۱٥۲	C24
٤	عدم قرارگیری در مسیر جریان باد به سمت مناطق مسکونی	۰/۱٦۲	C25
۲	بوی نامطبوع، رشد میکروب‌ها و ازدحام حشرات موذی و حیوانات ولگرد	۰/۱۷۲	C26

جدول۱۳: اوزان نهایی شاخص‌های معیار توسعه شهری

رتبه شاخص	نام شاخص	وزن نهایی	شاخص
۱	کاربری زمین	۰/۲۸۳	C31
۳	فاصله از مسیرهای حمل و نقل شهری	۰/۲٥۲	C32
۲	دسترسی به تجهیزات و تسهیلات	۰/۲٥۸	C33
٤	دسترسی به خطوط نیرو	۰/۲۰٥	C34

جدول۱٤: اوزان نهایی شاخص‌های معیار اجتماعی- اقتصادی

رتبه شاخص	نام شاخص	وزن نهایی	شاخص
۱	پذیرش مردم	۰/۳۰۸	C41
٤	ایجاد ترافیک	۰/۱۹۸	C42
۳	قیمت زمین	۰/۲۰۳	C43
۲	کاربری اراضی	۰/۲۹۰	C44

جدول۱٥: اوزان نهایی شاخص‌های معیار هیدرولوژی

رتبه شاخص	نام شاخص	وزن نهایی	شاخص
۱	آبراهه اصلی	۰/۳۰٤	C51
٤	آبراهه فرعی	۰/۱۸۳	C52
۳	سطح ایستایی	۰/۲۳۳	C53
۲	چاه	۰/۲۷۷	C54

پس از شناخت معیارها و شاخص‌های تأثیرگذار و اتخاذ تصمیم بهینه توسط خبرگان با توجه به شاخص‌های کلیدی عملکردی در این حوزه، در گام بعدی، پنج منطقه با پتانسیل مناسب در حومه شهر کرج جهت انتخاب منطقه اصلی محل دفن زباله‌های شهر کرج در نظر گرفته شد. در این مرحله با استفاده از روش فازی تاپسیس و بهره‌گیری از مقیاس ۷ درجه‌ای متغیرهای زبانی در بازه اعداد (۱۰,۰) با اعداد فازی مثلثی (درست مانند روش تحلیل سلسله مراتبی) تحلیل داده‌ها انجام شد.

گزینه‌های بالقوه جدید انتخابی عبارت بودند از: دشت نظرآباد (A1)، فاز جدید منطقه حلقه دره (A2)، منطقه چندار (A3)، منطقه طالقان (A4) و منطقه زکی‌آباد هشتگرد (A5). جدول (۱٦) خروجی نهایی محاسبات روش فازی تاپسیس و رتبه‌بندی اهمیت و کیفیت مناطق چندگانه انتخابی را نشان می‌دهد.

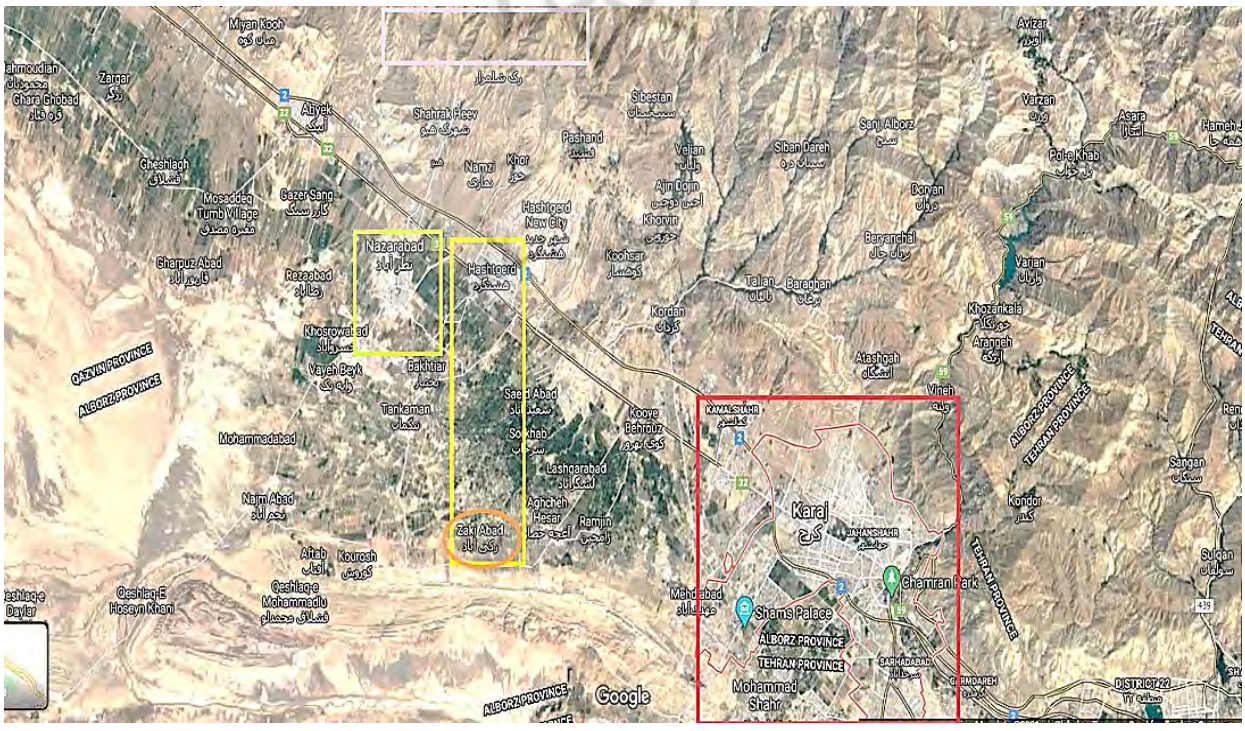
نتایج حاصل از روش تاپسیس فازی نشان داد که منطقه دشت نظرآباد دارای بالاترین اولویت در احداث مکان دفن زباله برای شهر کرج با رعایت ضوابط و محدودیت‌های ممکن است. بعد از این منطقه، فاز جدید حلقه دره و منطقه چندار با اوزان ۰/٤۸ و ۰/۳۱ در رتبه‌های بعد جهت احداث لندفیل قرار دارند. همچنین منطقه زکی‌آباد هشتگرد گزینه‌ای نه چندان مناسب با تخصیص ضریب عددی ۰/۱٦ برای تأسیس محل دفن زباله می‌باشد.

جدول۱٦: رتبه‌بندی مناطق جدید پیشنهادی جهت تأسیس لندفیل در شهر کرج با استفاده از تاپسیس

رتبه منطقه	نام منطقه	CC	(-d+) + (d)	-d	+d	منطقه
۱	دشت نظرآباد	۰/۵۱۲۹٦۵۸٤	۰/۰۵۳۹۲۷۸٤	۰/۰۲۷٦٦۳۱٤	۰/۰۲٦۲٦٤۷۰	A1
۲	فاز جدید منطقه حلقه دره	۰/٤۸٦٦۰۵۵۳	۰/۰٦۲۳۲۱۸۸	۰/۰۲۸٤۵٦۵۱	۰/۰۳۳۸٦۵۳٦	A2
۳	منطقه چندار	۰/۳۱۲۰٤۰۲۰	۰/۰٦۱۸۰۱۸۹	۰/۰۲۷۹۳٦۹٤	۰/۰۳۳۸٦٤۹۵	A3
٤	منطقه طالقان	۰/۲٤۳۰۱۵۹۸	۰/۰٦۱٦٤۲٤۲	۰/۰۲٦٦۹۲۱۵	۰/۰۳٤۹۵۰۲۷	A4
۵	زکی‌آباد هشتگرد	۰/۱٦۹٤۸۲۷٦	۰/۰٦۲۲۹۷۷۵	۰/۰۲۳٦٤۰۹۲	۰/۰۳۸٦۵٦۸۳	A5

نکته قابل توجه اختلاف کاملاً مشخص دو منطقه نظر آباد و حلقه دره نسبت به سه گزینه دیگر می‌باشد و فاز جدید حلقه دره همچنان به‌عنوان یک منطقه کاملاً اصولی و با مطالعات سیستماتیک جهت توسعه منطقه دفن زباله به حساب می‌آید. لازم به ذکر که در حال حاضر، دشت نظرآباد مطالعات اولیه جهت احداث لندفیل را پشت سر گذاشته و گزینه‌ای کاملاً مطلوب جهت تأسیس سایت دفن زباله می‌باشد. موقعیت این پنج منطقه در تصویر هوایی نگاره (۲) قابل مشاهده است.

در ادامه، از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای بررسی بیشتر مناطق انتخابی پیشنهادی استفاده شد. برای این منظور، از نقشه‌های پایه شامل نقشه زمین شناسی۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ کرج، و نیز نقشه‌های کاربری اراضی، نفوذپذیری، سیل‌خیزی، توپوگرافی و موقعیت چاه‌ها، چشمه‌ها، قنوات، آبراهه‌ها، سد، تراز آب و کیفیت آب چاه‌ها، گسل‌ها، شهرها، روستاها، راه‌ها و خطوط انتقال نیرو، معادن، صنایع، مناطق حفاظت‌شده استفاده شد. مکان‌یابی در منطقه مورد مطالعه در ٤ مرحله صورت گرفته است. معیارهای مورد بررسی جهت انتخاب محل مناسب دفن پسماند به شرح جدول (۱۷) است.



نگاره۲: تصویر هوایی شهر کرج و مناطق پنجگانه پیشنهادی برای احداث مرکز جدید دفن زباله شهری

جدول۱۷:معیارهای انتخاب محل دفن پسماند در شهر کرج در سامانه GIS *(فاتحی و همکاران، ۱۳۸۵)*

معیارهای اساسی تحقیق	زیرمعیارها
معیارهای زیست‌محیطی و هیدرولوژی	خاک‌شناسی، سیل‌خیزی، فاصله از آب‌های زیرزمینی و ...
معیارهای اجتماعی و اقتصادی، توسعه شهری	کاربری اراضی، فاصله از مسیر حمل و نقل، دسترسی به خطوط نیرو

۳-۱- تحلیل GIS

مراحل انجام مطالعات جغرافیایی مکانیابی محل دفن پسماندهای شهری کرج در این تحقیق عبارت بودند از: (۱)جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز؛ (۲)شناسایی و حذف مناطق نامناسب جهت دفن پسماند؛ (۳)طبقه‌بندی لایه‌های اطّلاعاتی؛ (٤)امتیازبندی و وزن‌دهی لایه‌های اطّلاعاتی با کمک GIS. در واقع پس از بررسی کلیه نقشه‌های پایه، به کمک GIS، لایه‌های اطّلاعاتی زمین‌شناسی، شیب، کاربری اراضی، نفوذپذیری، سیل‌خیزی، کیفیت آب، تراز آب، فاصله از شهر، روستا و خطوط انتقال نیرو بر اساس تأثیراتی که بر مکان دفن پسماندها دارند به طبقه‌های A(کاملاً مناسب)، B(مناسب)، C(نسبتا مناسب)، D(نامناسب) تقسیم‌بندی شد. به طبقه‌های ایجاد شده در مرحله قبل با توجه به میزان اهمیت و تأثیرشان بر محل دفن امتیاز و وزن مخصوصی داده شد. سپس با استفاده از GIS، امتیاز هر منطقه در هر لایه اطّلاعاتی، از حاصلضرب هر طبقه در وزن لایه مربوطه (Sij) به‌دست آمد. با اتمام این مرحله، تمام لایه‌های اطّلاعاتی موجود دارای امتیازی شدند که نشان‌دهنده میزان مناسب بودن آن منطقه به‌عنوان مکان دفن پسماندها می‌باشد. در این روش ابتدا مجموع امتیاز مناطق پیشنهادی با هم جمع و نقشه حاصله در نقشه مناطق ممنوعه ضرب، و نقشه نهایی به چهار گروه A, B, C, D طبقه‌بندی شد. مناطقی که در کلاس A قرار گرفتند به‌عنوان مناطق منتخب در نظر گرفته شدند. شیوه امتیازدهی به لایه‌های اطلاعاتی در روش ارزیابی GIS در جدول (۱۸) درج شده است. با استفاده از نرم‌افزار آرک ویو ، روش وزن‌دهی افزایشی ساده برای مکانیابی محل مناسب دفن پسماندهای شهری کرج بهره گرفته شد *(سیمسک، ۲۰۰٦)*. فرمول این روش عبارت است از:

$$S= (Sij)*(Wi)$$

رابطه(۳)

که در آن Sij امتیاز گزینه i ام با توجه به صفات j ام، وزن Wi یک وزن نرمال شده می‌باشد که حاصل از محاسبات این روش است که در آن اوزان ماتریس‌های زوجی محاسبه شده و نرمال‌سازی می‌گردد و اهمیت نسبی صفات را در مقایسه با هم نشان می‌دهد. S نیز امتیاز کلی محاسبه شده برای هر صفت می‌باشد. نتایج کلی حاصل از تحلیل GIS بر روی مناطق پیشنهادی در جدول (۱۹) مشاهده می‌شود. تحلیل حاصل از سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش وزن‌دهی افزایشی ساده نشان داد که منطقه حلقه دره (نگاره ۳) با مقدار عددی ۲/۲۹ هنوز هم می‌تواند بهترین منطقه جهت راه‌اندازی فاز جدید دفن زباله‌های شهر کرج در نظر گرفته شود و دشت نظرآباد (نگاره ٤) با مقدار عددی ۱/٦٦۹ در رتبه دوم در این تحلیل قرار گرفت. بنابراین هر دو منطقه می توانند به‌عنوان اولویت‌های مورد نظر جهت انتخاب سایت‌های دفن زباله در نظر گرفته شوند. در این تحلیل باز هم مناطق طالقان، چندار و زکی‌آباد اختلاف چشمگیری با بقیه گزینه‌ها دارند. با مطالعه میدانی و مصاحبه با خبرگان مربوطه مشخص شد که منطقه دشت نظرآباد مطالعات اولیه جهت احداث مکان دفن زباله را پشت سر گذاشته است. بنابراین، منطقه مذکور همانطور که اشاره شد یکی از مناطق بکر جهت تأسیس سایت جدید دفن زباله می‌باشد. همچنین فاز جدید دفن زباله حلقه دره کرج با مساحت هفت هکتار که مشتمل بر دستگاه‌های بازیافت می‌باشد و تصفیه خانه‌ای به مساحت دویست متر مربع که شامل تصفیه‌خانه شیرابه می‌باشد در نظر گرفته شده است. هر دو گزینه یاد شده می‌توانند به‌عنوان محل جدید دفن زباله در نظر گرفته شوند که البته این امر در مورد منطقه حلقه دره شامل توسعه فاز اولیه این منطقه نیز خواهد بود، اما دشت نظرآباد به‌عنوان گزینه‌ای جدید که تا به حال مورد بهره‌برداری قرار نگرفته مطرح می‌باشد.

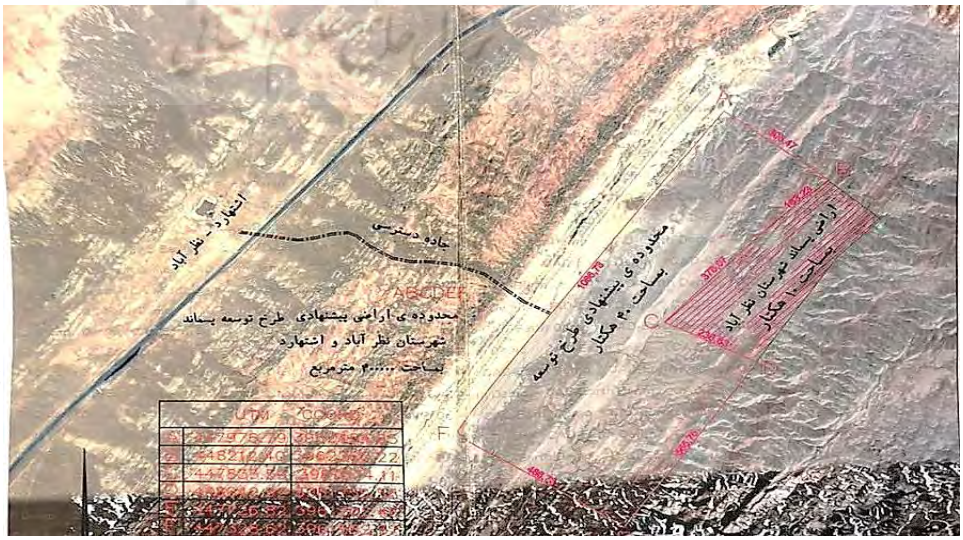
جدول۱۸: نحوه امتیازدهی به لایه‌های اطّلاعاتی مسئله تحقیق *(فاتحی و همکاران، ۱۳۸۵)*

معیارهای اساسی تحقیق	مقیاس سنجش	طبقه‌بندی	امتیاز(Sij)	وزن(Wi)	امتیاز نهایی S
زمین‌شناسی	سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، شرایط اقلیمی	A	۳	۳۰	۹۰
		B	۲		۶۰
		C	۱		۳۰
		D	۰		۰
شیب (درجه)	۰–۵	A	۳	۳۰	۹۰
	۵–۱۰	B	۲		۶۰
	۱۰–۱۵	C	۱		۳۰
	بالاتر از ۱۵	D	۰		۰
نفوذپذیری	نفوذپذیری بسیار آهسته	A	۳	۳۰	۹۰
	نفوذپذیری کم	B	۲		۶۰
	نفوذپذیری متوسط	C	۱		۳۰
	نفوذپذیری زیاد	D	۰		۰
سیل‌خیزی	پایین	A	۳	۵۰	۱۵۰
	متوسط	B	۲		۱۰۰
	بالا	C	۱		۵۰
	خیلی بالا	D	۰		۰
عمق آب زیرزمینی (متر)	بالاتر از ۵۰	A	۳	۵۰	۱۵۰
	۳۵–۵۰	B	۲		۱۰۰
	۲۰–۳۵	C	۱		۵۰
	کمتر از ۲۰	D	۰		۰
فاصله از شهر (Km)	۵–۷	A	٤	۱۶	٦٤
	۷–۱۰	B	۳		٤٨
	۱۰–۳۰	C	۲		۳۲
	بالاتر از ۳۰	D	۱		۱۶
فاصله از راه (m)	۱۰۰۰–۲۰۰۰	A	٤	۱۵	۶۰
	۲۰۰۰–۳۰۰۰	B	۳		٤٥
	۳۰۰۰–٤۰۰۰	C	۲		۳۰
	بالاتر از ٤۰۰۰	D	۱		۱۵
فاصله از خط انتقال نیرو	۵	A	٤	۱۵	۶۰
	۵–۱۰	B	۳		٤٥
	۱۰–۲۰	C	۲		۳۰
	بالاتر از ۲۰	D	۱		۱۵
کاربری اراضی	شوره زار	A	۳	۳۲	۹٦
	مرتع	B	۲		٦٤
	اراضی کشاورزی، باغداری، آبخیزگاه	C	۱		۳۲
	سد، حیات وحش، گردشگری ، صنایع، معادن	D	۰		۰
فاصله از گسل	۰–۱۵۰۰	A	٤	۳۲	۲۰
	۱۵۰۰–۳۰۰۰	B	۳		٤۰
	۳۰۰۰–۵۰۰۰	C	۲		۶۰
	۵۰۰۰–۷۰۰۰	D	۱		۸۰
	بالاتراز ۷۰۰۰	E	۰		۱۰۰

جدول۱۹: اوزان نهایی مناطق پیشنهادی به روش وزن‌دهی افزایشی ساده در شیوه رتبه‌بندی GIS

ردیف	مناطق پیشنهادی	زمین‌شناسی	شیب (درجه)	نفوذپذیری	سیل‌خیزی	عمق آب زیرزمینی (متر)	فاصله از شهر	فاصله از راه	فاصله از خط انتقال نیرو	کاربری اراضی	فاصله از گسل	نمره نهایی
۱	طالقان	۰/۰۷۵ ۰ β	۰/۰۷۱ ۱ β	۰/۱۶۷ ۱ β	۰/۰۲۷ ۱ β	۰/۰۸٤ ۱ β	۰/۰۹۲ ۲ β	۰/۱۸۹ ۲ β	۰/۰٥٤ ۲ β	۰/۰۸۲ ۰ β	۰/۱۳۷ ۱ β	۰/۷۲۳
۲	چندار	۰/۱۱۳ ۰ β	۰/۱۰۲ ۱ β	۰/۱۲۳ ۱ β	۰/۱۱۱ ۰ β	۰/۰٦۲ ۰ β	۰/۱۱٦ ۲ β	۰/۱۸۷ ۲ β	۰/۰٥٤ ۲ β	۰/۱٤۷ ۱ β	۰/۱۳۷ ۲ β	۱/۳۱
۳	فاز جدید حلقه دره	۰/۰۳۸ ۳ β	۰/۰۷۱ ۳ β	۰/۰۸۸ ۰ β	۰/۱٤۸ ۱ β	۰/۰٦۲ ۲ β	۰/۱۱٦ ۲ β	۰/۰۳۷ ۳ β	۰/۲۷۸ ۳ β	۰/۱۱۳ ۳ β	۰/۱۰۹ ۲ β	۲/۲۹
٤	دشت نظرآباد	۰/۱۸۹ ۳ β	۰/۰۷۱ ۲ β	۰/۰٤۳ ۰ β	۰/۰۷٤ ۱ β	۰/۰٥٦ ۲ β	۰/۰٥۳ ۲ β	۰/۰٦۳ ۳ β	۰/۰٥٤ ۳ β	۰/۱۱۳ ۳ β	۰/۱۳۷ ۱ β	۱/٦٦۹
٥	زکی‌آباد	۰/۰۷ ۳ β	۰/۰٥٥ ۱ β	۰/۰۹۷ ۳ β	۰/۰۸٥ ۱ β	۰/۰۲۹ ۲ β	۰/۰٤۷ ۲ β	۰/۰٥۷ ۳ β	۰/۰٥٤ ۳ β	۰/۰٤۳ ۲ β	۰/۱۰۹ ۰ β	۱/۰۳

نگاره۳: نقشه موقعیت مکانی سایت جدید حلقه دره جهت احداث مرکز جدید دفن زباله شهر کرج



نگاره٤: نقشه موقعیت مکانی دشت نظرآباد کرج جهت احداث مرکز دفن زباله

٤- نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش جمعیت و همچنین رشد مهاجرپذیری شهر کرج، تولید زباله، دفن و دپوی آن در مکان فعلی (منطقه حلقه دره) رو به افزایش است و نیاز به بازبینی دارد. مجموعه‌ای از عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی اهمیت مطالعه جهت یافتن منطقه‌ای جدید برای دفن زباله‌های شهری را دوچندان کرده است. در این تحقیق، برای امکان‌سنجی انتخاب منطقه مناسب دفن زباله‌های شهری کرج، ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای و نظرسنجی از خبرگان صنعت و دانشگاه، معیارها و زیرمعیارهای تأثیرگذار موضوع شناسایی شدند. سپس با استفاده از روش‌های AHP و تاپسیس فازی تمام معیارها و زیرمعیارها از نظر اهمیت در انتخاب منطقه مطلوب رتبه‌بندی شدند. نتایج تحلیل AHP نشان داد که معیار توسعه شهری مهم‌ترین معیار تحقیق با وزن ۰/۲۷ بوده و بعد از آن معیار زیست‌محیطی با وزن ۰/۲۲ در رتبه بعدی قرار گرفت. در تحلیل با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی مشخص شد که منطقه دشت نظرآباد بالاترین الویت جهت احداث محل جدید دفن زباله برای شهر کرج با وزن ۰/۵۱۲ را داراست و در رتبه دوم، سایت جدید حلقه دره کرج با وزن ۰/٤۸٦ قرار دارد. این دو گزینه در تحلیل تاپسیس با اختلاف زیادی نسبت به بقیه گزینه‌ها در اولویت‌های اول و دوم تحقیق قرار گرفتند. در تحلیل مکان‌یابی با استفاده از تکنیک اطلاعات جغرافیایی (GIS) و به‌کارگیری روش وزن‌دهی افزایشی ساده مشخص شد که سایت جدید منطقه حلقه دره با وزن ۲/۲۹ و دشت نظرآباد با وزن ۱/٦٦۹ بهترین مناطق کرج برای انتخاب موقعیت جدید دفن زباله‌های شهری می‌باشند.

۵- پیشنهادات و راهکارها

مجدداً تأکید می‌شود که با توجه به نرخ افزایش جمعیت در شهر کرج، فرآیند تولید زباله، دفن و دپوی آن در مکان فعلی (منطقه حلقه دره) نیاز به بازبینی دارد. لذا با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود تا مدیران و مسئولان شهری کرج جایگزینی دشت نظرآباد و سایت جدید منطقه حلقه دره را برای دفن زباله‌های شهری سریع‌تر اجرایی نمایند. همچنین، بهره‌برداری هرچه سریع‌تر از سامانه‌های تأسیساتی تصفیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی و نیز بازیافت حداکثری پسماندها و کاهش اثرات مخرب زباله‌ها در مناطق یاد شده ضروری می‌نماید.

٦- منابع و مآخذ

۱- اصغرپور، محمدجواد (۱۳۷۷)، «تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات در مدیریت»، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- امانیان، م؛ شهریاری، ر؛ حاجی‌زاده، ه؛ حافظی مقدس، ن (۱۳۸٦). «مکان‌یابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه در استان خراسان رضوی». پنجمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران.

۳- ایمانی و علیزاده (۱۳۹٤). «مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)»، فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر»، دوره ۲٤، شماره ۹٦، صفحات ۹۰-۷۹.

٤- حجازی، سیداسدالله (۱۳۹٤). «مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری با استفاده از تکنیک‌های اطلاعات مکانی و تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی شهرستان مراغه.» نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی - شماره ٥٤ ، صفحات ۱۲۵-۱۰۵.

۵- حسین‌زاده فاطمه، احمدی یاسر، جهانی امیری ملیحه (۱۳۹۷). «مکان‌یابی مرکز دفع اصولی، فنی، جامع و بهداشتی زباله‌های شهرستان بهشهر».

٦- خاکی، غلامرضا، (۱۳۹۱). روش‌تحقیق (با رویکرد پایان‌نامه‌نویسی)، تهران، فرزان، نوبت چهارم، صفحه۲۳.

٦- خلیجی محمدعلی، سعیده زرآبادی زهرا سادات. (۱۳۹٤). «تحلیلی بر مکانیابی شهرک‌های صنعتی در شهرستان تبریز با بهره‌گیری از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره»، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال پنجم، شماره ۱۹، پاییز.

۷- ریاحی، مهدی (۱۳۹۷). «مکان‌یابی بهینه دفع پسماند

جامد شهری جهت توسعه زیست‌محیطی شهرستان بهشهر و تشریح اثرات مخرب مکان فعلی دفع زباله شهری»، دوازدهمین کنگره ملی پیشگامان پیشرفت.

۸- زاهدی، حمیدرضا و کاظمی، مصطفی (۱۳۸۸). «انتخاب تأمین‌کننده مدل‌ها و معیارها» نشرنما، خرداد.

۹- سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت صنایع و معادن، وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو، وزارت راه و شهرسازی، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (۱۳۹۰). ضوابط و معیارهای استقرار واحدها و فعالیت‌های صنعتی و تولیدی.

۱۰- شوندی، حسن، (۱۳۸۵)، «نظریه مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مهندسی صنایع و مدیریت»، تهران، نشر گسترش علوم پایه.

۱۱- عبدلی، محمد علی، (۱۳۷۹)، مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در ایران، سازمان شهرداری‌های کشور.

۱۲-عظیمی یوسف، گشتاسب حمید. (۱۳۹۹). «امکان‌سنجی استقرار صنایع با رویکرد زیست‌محیطی در مازندران». بررسی مکان‌یابی محل دفن مناسب پسماندهای شهری شهر بوشهر با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی، ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی محیط زیست و منابع طبیعی.

۱۳- عظیمی حسینی، م.، نظری فر، م.، مومنی، ر (۱۳۸۹). «کاربرد GIS در مکان‌یابی»، تهران: انتشارات مهرگان قلم.

۱٤- فاتحی، - آ؛ محمدطاهری، ا؛ مرتضوی، س؛ صمدی، م (۱۳۸۵). «مکان‌یابی محل دفن زباله با استفاده از نرم‌افزار GIS (مطالعه موردی دهستان سردرود علیای شهرستان رزن)»، دهمین همایش ملی بهداشت محیط.

۱۵- فرهادی رودابه، جلیلی معصومه، رحیمی محسن (۱۳۹٤). «مکان‌یابی بهینه دفن بهداشتی پسماندهای جامد شهری نمونه موردی شهراسلام آباد غرب».

۱٦- گنجی، کامران و حجتی، فائزه، (۱۳۹٤)، «سؤال‌های آمار و روش تحقیق آزمون دکتری تخصصی مدیریت آموزشی»، تهران: انتشارات رشد، چاپ اول.

۱۷- مجلسی، م. و نوری، ج.، (۱۳۷۱)، «مکان‌یابی و مدیریت محل دفن بهداشتی»، سازمان بازیافت و تبدیل مواد، تهران.

۱۸- مرادی پریچهر، جبارزاده آرمین (۱۳۹٦)، «مسیله مکان‌یابی محل دفن زباله‌های خشک شهری: مطالعه موردی در سیستم مدیریت پسماند شهر تهران».

۱۹- مرصوصی، ن، فرهودی، ر، علی اکبری، ا، حشمتی، ا. (۱۳۹۰). «تحلیل عوامل مؤثر بر الگوی توسعه شهر با استفاده از تأثیرات متقابل صنعت و تغییرات ساخت اشتغال (مطالعه موردی شهر الوند - قزوین)»، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال دوم، شماره ششم، پاییز صص ۱۱۰-۱۱٦.

۲۰-منوری، م. (۱۳۷۸). «الگوی ارزیابی اثرات زیست‌محیطی محل‌های دفن زباله شهری». سازمان حفاظت محیط زیست.

۲۱- مهتابی اوغانی، م؛ نجفی، ا؛ یونسی، ح؛ معین الدینی، م (۱۳۹۱). «استفاده از ابزارهای پشتیبان تصمیم‌گیری در مدیریت و برنامه‌ریزی پسماند شهری) مطالعه موردی: مکان‌یابی محل دفن استان البرز». فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۳ زمستان. صفحه۵۵-٦۷.

۲۲- نسترن، م، قربانی قشقایی‌نژاد، ا، مسیبی، س. (۱۳۹۰). «تحلیل اثرات استقرار کارخانه سیمان آبیک قزوین بر فرایند توسعه پایدار فضایی- کالبدی شهر آبیک»، فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری چشم‌انداز زاگرس، سال سوم، شماره ۹.

۲۳- نصیری، محمدمهدی (۱۳۹۵). «یک مدل چند هدفه مکان‌یابی برای مرکز پالایش و دفع پسماند خطرناک صنعتی با در نظر گرفتن مرزها».

۲٤- نیکنامی مرضیه، حافظی مقدس ناصر (۱۳۸۹)، «مکان زباله‌یابی محل دفن‌های شهری در شهر گلپایگان با استفاده از GIS»، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، سال ٦ (۱۳۸۹)، شماره ۱، ۵۷-٦٦.

25- Al-Ruzouq, R., Shanableh, A., Omar, M., & Al-

Khayyat, G. (2018). Macro and micro geo-spatial environment consideration for landfill site selection in Sharjah, United Arab Emirates. Environmental monitoring and assessment, 190(3), 1-15.

26- Kamdar, I., Ali, S., Bennui, A., Techato, K., & Jutidamrongphan, W. (2019). Municipal solid waste landfill siting using an integrated GIS-AHP approach: A case study from Songkhla, Thailand. Resources, Conservation and Recycling, 149, 220-235.

27- Kapilan, S., & Elangovan, K. (2018). Potential landfill site selection for solid waste disposal using GIS and multi-criteria decision analysis (MCDA). Journal of Central South University, 25(3), 570-585.

28- Karakuş, C. B., Demiroğlu, D., Çoban, A., & Ulutaş, A. (2020). Evaluation of GIS-based multi-criteria decision-making methods for sanitary landfill site selection: the case of Sivas city, Turkey. Journal of Material Cycles and Waste Management, 22(1), 254-272.

29- Karimi, H., Herki, B. M., Gardi, S. Q., Galali, S., Hossini, H., Mirzaei, K., & Pirsaheb, M. (2020). Site selection and environmental risks assessment of medical solid waste landfill for the City of Kermanshah-Iran. International journal of environmental health research, 1-13.

30- Khorsandi, H., Faramarzi, A., Aghapour, A. A., & Jafari, S. J. (2019). Landfill site selection via integrating multi-criteria decision techniques with geographic information systems: a case study in Naqadeh, Iran. Environmental monitoring and assessment, 191(12), 1-16.

31- Osra, F. A., & Kajjumba, G. W. (2020). Landfill site selection in Makkah using geographic information system and analytical hierarchy process. Waste Management & Research, 38(3), 245-253.

32- Pasalari, H., Nodehi, R. N., Mahvi, A. H., Yaghmaeian, K., & Charrahi, Z. (2019). Landfill site selection using a hybrid system of AHP-Fuzzy in GIS environment: A case study in Shiraz city, Iran. MethodsX, 6, 1454-1466.

33- Wang, Y., Li, J., An, D., Xi, B., Tang, J., Wang, Y., & Yang, Y. (2018). Site selection for municipal solid waste landfill considering environmental health risks. Resources, Conservation and Recycling, 138, 40-46.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی