کاربست تلفیقی روش‌های ANP &TOPSIS در مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه و خطرناک (مطالعه موردی: استان قزوین)

مریم کیانی صدر[۱*]، کبری ملحسینی دارانی[۲] ، امیر عارفیان[۳]

۱-استادیار، گروه محیط زیست،دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
۲-فارغ التحصیل دکترای محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه محیط زیست، دانشگاه ملایر
۳- گروه مهندسی عمران، واحد شهریار، دانشگاه آزاد اسلامی، شهریار، ایران
*ایمیل نویسنده مسئول: kianysadr@gmail.com

تاریخ دریافت : ۹۸/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش : ۹۸/۱۰/۰۵

چکیده

این پژوهش با هدف انتخاب مکان مناسب برای محل لندفیل زباله‌های خطرناک در استان قزوین صورت گرفت. ابتدا نقشه های منطقه مطالعاتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌روز شد. معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن با مطالعات کتابخانه‌ای و استاندارهای سازمان های مربوطه و جهانی و نیز بررسی شرایط منطقه و عوامل مؤثر با استفاده از پرسشنامه دلفی تدوین شد و با استفاده از ANP اولویت بندی شد. لایه‌های اطلاعاتی رقومی وارد GIS شدند و با انجام وزن‌دهی و ایجـاد تغییرات موردنظر بر روی لایه‌هـای اطلاعـاتی و در نظر گرفتن حداقل مساحت، مکان‌های مناسب جهت دفن پسماندهای ویژه تعیین گردیدند. مکان‌های به دست آمده بررسی شده، منـــاطق نامناســـب غربال‌شده و با استفاده از معیارها و محدودیت های به دست آمده و تطبیق با واقعیت زمینی و اعمال شرایط محیط طبیعی ۹ سایت به عنوان بهترین مکان انتخاب شدند. بر پایه نتایج حاصل از روی هم‌گذاری لایه‌ها هیچ یک از نقاط منتخب دارای ارزش یک نبوده و مکان‌های منتخب دارای حداکثر امتیاز ۴/۷۸ بودند. در نهایت با استفاده از نرم افزار TOPSIS اولویت بندی بین گزینه های مشخص شده صورت گرفت و سایت سوم به عنوان بهترین مکان برای مکان لندفیل معرفی شد.

لغات کلیدی

روش ANP& TOPSIS ، استان قزوین، زباله های خطرناک، روش دلفی، روش TOPSIS

Application Combined Methods ANP& TOPSIS in Site Selection for Hazardous Wastes (Case Study: Qazvin Province)

Maryam Kiani Sadr[1]*, Kobra Melhosseini Darani[2] Amir Arefian[3]

*1-Assistant Professor, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2- Ph.D. Department Environment, Faculty of Natural Resource and Natural Resource, Malayer University, Malayer, Iran.
3-Department of Civil Engineering. Shahryar Branch, Islamic Azad University, Shahryar, Iran.
*Email Address: kianysadr@gmail.com

Abstract

This study aimed to select a suitable location for the landfill site of hazardous waste in Qazvin province. The study area maps were first updated using satellite imagery. Effective criteria for landfill selection were formulated using the Delphi questionnaire and prioritized by ANP using library studies and standards of relevant and global organizations as well as assessing area conditions and effective factors. The digital information layers were introduced into GIS and weighting and modifications to the information layers and considering the minimum area were determined, suitable locations for landfilling of special waste. The obtained sites were screened, inappropriate references were screened and 9 sites were selected as the best site using criteria and constraints obtained and adapted to the ground reality and environmental conditions. Based on the results of the layers overlap, none of the selected points had a value of one and the selected locations had a maximum score of 4.78. Finally, using TOPSIS software, prioritization was made between the selected options and the third site was identified as the best location for the landfill site.

Keywords

Methods ANP& TOPSIS, Qazvin Province, Hazardous Wastes, Method Delphi, TOPSIS Method.

۱-مقدمه

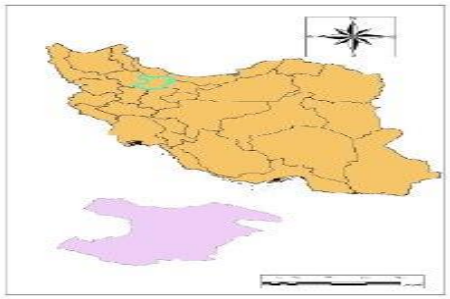
همگام با رشد صنعتی جوامع و تولید محصولات مختلف، بشر با حجم انبوهی از زائدات روبرو شده است که به لحاظ مواد و عناصر تشکیل‌دهنده از خطر بالائی برای سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست برخوردار می‌باشد(Karthikeyan etal, 2018). بنابر تعریف سازمان حفاظت از محیط‌زیست ایران، پسماندهای خطرناک به زائداتی اطلاق می‌گردد که یکی از خواص سمیت، اشتعال، خورندگی، بیماری‌زائی را دارا باشند (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۰). هم‌چنین طبق تعریف UNEP مواد زائد خطرناک، مواد زائدی به‌جز مواد رادیواکتیو بوده که به علت فعالیت شیمیایی، سمیت، خاصیت انفجاری، خورندگی و یا سایر ویژگی‌هایی که دارند، برای سلامتی انسان یا محیط‌زیست به‌صورت تنها و یا هنگامی‌که با سایر مواد مخلوط گردند، ایجاد خطر نمایند (Environmental Protection Agency, 2005). انتخاب سایت مناسب محل دفع یک گام مهم در برنامه مدیریت پسماند خطرناک است که می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های طراحی، ساخت و بهره‌برداری، اثرات زیست‌محیطی را نیز به حداقل برساند (طالب بیدختی و همکاران، ۱۳۸۹). فرآیند مکان‌یابی با تکیه‌بر اطلاعات کاملی از سرزمین انجام می‌شود تا اطمینان حاصل کند که استقرار محل دفن به‌خوبی صورت می‌گیرد (معین الدینی و همکاران، ۱۳۹۰). انتخاب نوع دفن و چگونگی طراحی جنبه‌های مختلف آن (از دیدگاه فنی، زیست‌محیطی و اقتصادی) رابطه مستقیم با نوع محل تعیین‌شده برای مدفن دارد، به‌عبارت‌دیگر پیش از انتخاب محل دفن نمی‌توان هیچ‌گونه عملیات فنی و طراحی دیگر را آغاز کرد (لطفی و همکاران، ۱۳۸۹). روش‌های بسیاری جهت مکان‌یابی وجود دارد که هرکدام به‌نوبه خود در تحلیل محیط مناسب جهت دفن پسماند استفاده می‌شوند؛ اما دفن پسماندهای ویژه به دلیل اهمیت و مقرراتی که توسط سازمان‌های مربوطه وضع می‌شود، نیازمند روش‌های کاملاً استاندارد و با بالاترین ضریب دقت هستند (Sener et al, 2010). روش فرآیند تحلیل شبکه (Analytic network process) یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار می‌گیرد (Higgs, 2006). این مدل بر مبنای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process) طراحی‌شده است و «شبکه» را جایگزین «سلسله‌مراتب» کرده است (Ount and Soner, 2008). روش تاپسیس (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) نیز به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره، روشی ساده ولی کارآمد برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن به جواب ایده آل می‌باشد و در این روش گزینه انتخاب‌شده باید کوتاه‌ترین فاصله را از جواب ایده آل و دورترین فاصله را از ناکارآمدترین جواب داشته باشد (قدسی پور، ۱۳۸۹). روش‌های ANP و TOPSIS از روش‌های نوینی هستند که امروزه برای انجام مطالعات مکان‌یابی به دلیل دقت بالاتر نسبت به AHP مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sener et al, 2010). عباسی مختلف کاربری های تاثیرگذار، نقشه نهایی فضاهای بهینه جهت احداث پناهگاه های شهری در ۵ دسته از بسیار خوب تا بسیار ضعیف و همکاران (۱۳۸۷) به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک نیروگاه شهید رجایی در استان قزوین با الگویی برگرفته از روش‌های DRASTIC و MPCA اقدام کرده و جهت اولویت‌بندی سایت‌های مناسب در بین محل‌های کاندید شده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره MCDM (Multiple Criteria Decision Making) و روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده کردند. پس از آنان شاکری و همکاران (۱۳۹۰) مناطق مناسب برای دفن مواد زائد جامد شهری استان البرز برای یک دوره ۲۰ ساله را با به کار بردن معیارهای مکان‌یابی محل دفن و با استفاده از روش‌های ترکیب خطی وزنی و تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای مشخص کرده و با به‌کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis) و استفاده از این اوزان، گزینه‌های مکانی تعیین‌شده را رتبه‌بندی کردند. در این راستا، هادیانی و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از منطق فازی (Fuzzy logic) با در نظرگیری پارامترهایی از قبیل شیب، توپوگرافی، خطوط گسل، فاصله از سکونتگاه‌ها و مراکز جمعیتی، فاصله از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، فاصله از جاده‌های دسترسی، نوع خاک و سنگ‌ها، کاربری اراضی منطقه و قابلیت اراضی و در نهایت هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی، سه مکان را به‌عنوان کاملاً مناسب، مناسب و نسبتاً مناسب شناسایی و مشخص کردند. جمالی و هداوند (۱۳۹۸)، برای مکان-گزینی نصب بیلبوردهای تبلیغاتی، بعد از گردآوری داده های مکانی و نقشه و تشکیل پایگاه اطلاعاتی در محیط Arc GIS و فازی کردن لایه ها ، با وزندهی مناسب و روی هم گذاری آن شده مکانهای موجود مورد بررسی قرار دادند. با توجه به تحلیل های انجام شده برروی نقشه های تولید شده، فقط ۳۰ درصد از بیلبوردها در مکان صحیح نصب شده است و میتوان ۹ مکان مناسب با توجه به نقشه همپوشانی با تابع عضویت گاما ۹/۰ پیشنهاد داد. رضایی مقدم و همکاران(۱۳۹۸)، به بررسی نقش عوامل ژئومورفیک دراولویت بندی مناطق ساحلی جزیره قشم برای توسعه توریسم پرداخته شده است. روش کار بدین شکل بود که در مرحله اول با تدوین پرسشنامه نظرات متخصصان گردشگری و ژئومورفولوژی درباره عوامل موثر در مکانیابی تعیین گردید، مرحله دوم شامل تعیین معیارها و فاکتورهای اطلاعاتی مختلف است. سپس روابط بین عوامل موثر در انتخاب مناسبترین مکان ها جهت توسعه توریسم مشخص شد. آستانه و همکاران (۱۳۹۸)، با استفاده از معیارهای فاصله از دریا، دید نسبت به دریا، آفتاب گیری، کاربری اراضی، فاصله از مخاطرات طبیعی همچون گسل، سیلاب، فرسایش، فاصله از سکونتگاه ها، فاصله از رودخانه و دریاچه، فاصله از شبکه معابر، فاصله از مناطق حفاظت شده و درصد شیب به مکانیابی مطلوب ترین نقاط جهت احداث سایت گردشگری دریایی در شهرستان تنکابن پرداختند. پس از تعیین وزن هر یک از معیارها و تعیین اولویت معیارها با استفاده از AHP بر اساس نظرات کارشناسان، مناسبترین مکان ها مشخص شد و در نهایت ۴ مکان به عنوان مکان های مطلوب معرفی شد. برای مکان یابی نقاط امن در شرایط بحرانی با رویکرد توسعه پایدار شهری با تلفیق لایه های تقسیم بندی و ۸ مکان پیشنهادی برای این امر در نظر گرفته شده است که در این میان فضاهای سبز، اراضی بایر و مراکز آموزشی،

بیشترین امتیاز جهت اسکان موقت را دارا می باشند(دباغ و همکاران، ۱۳۹۸). این پژوهش باهدف مکان‌یابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه و خطرناک استان قزوین با استفاده از معیارهای تدوین‌شده متناسب با الگوهای محیط زیستی و اولویت‌بندی مکان‌ها با استفاده از روش‌های ANP و TOPSIS صورت گرفته است.

۲-روش انجام تحقیق

منطقه مورد مطالعه

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران بین مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۴ دقیقه الی ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۲۳ دقیقه الی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا قرارگرفته است. این استان با مساحتی معادل ۱۵۶۲۶ کیلومترمربع در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز واقع‌شده که به دلیل داشتن ارتفاعات متعدد و بارندگی‌های متوسط از نقاط معتدل کشور به شمار می‌رود. حداکثر ارتفاع استان ۴۱۷۵ متر (قله سیالان) و حداقل ارتفاع آن ۳۰۰ متر از سطح دریا (در شمال غرب استان در حاشیه دریاچه سفیدرود) می‌باشد. این استان به لحاظ اجتماعی ترکیب قومی متنوعی دارد و به لحاظ صنعتی یکی از مراکز مهم صنعتی کشور محسوب می‌گردد. استقرار این استان در نزدیکی تهران و عامل ممنوعیت احداث صنایع در محدوده ۱۲۰ کیلومتری تهران، متقاضیان احداث واحدهای صنعتی را به سرمایه‌گذاری در این استان ترغیب کرده است.



نقشه شماره ۱: موقعیت قرارگیری استان قزوین در ایران

تصمیم‌گیری‌های زیست‌محیطی اغلب پیچیده و چندوجهی هستند زیرا انتخاب اندیشمند در یک تصمیم‌گیری پیچیده زیست‌محیطی شامل سبک و سنگین کردن ارزش‌ها و عدم قطعیت‌ها است و ذینفعان گوناگون با اولویت‌ها و اهداف مختلف را در برمی‌گیرد. علاوه بر این، دانش محیط زیستی ترکیبی از علوم مختلف است و تمایل مسائل زیست‌محیطی به در برگرفتن منابع مشترک و گستردگی حوزه آن فرآیند تصمیم‌گیری گروهی با حضور افراد خبره و اندیشمند را لازم و ضروری می‌کند. (McDaniels et al, 1999). برای پروژه‌های مدیریت زیست‌محیطی، تصمیم گیران اغلب ۴ نوع ورودی تکنیکی را در نظر می‌گیرند که شامل نتایج مدل‌سازی و مطالعات پایش، ارزیابی ریسک، هزینه یا تجزیه‌وتحلیل سود و هزینه و اولویت‌های ذینفعان می‌باشد(آریانژاد و همکاران، ۱۳۸۹). در اغلب تصمیم‌گیری‌ها مدیران به‌جای یک معیار خواستار بهینه کردن مقدار چندین معیار اعم از کمی و کیفی هستند. بدیهی است این معیارها به دلیل داشتن مقیاس‌های مختلف باهم قابل‌مقایسه نبوده و حتی در برخی مسائل با یکدیگر متضاد می‌باشند، یعنی افزایش یک معیار باعث کاهش معیار دیگر می‌گردد. بنابراین در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه معمولاً به دنبال گزینه‌ای هستیم که بیشترین مزیت را برای تمامی معیارها ارائه نماید. در حالت کلی در تعیین گزینه‌های مختلف منظور از معیار (Criteria) عواملی است که تصمیم‌گیرنده به‌منظور افزایش مطلوبیت و رضایت خود مدنظر قرار می‌دهد. معیار در تصمیم‌گیری ممکن است به‌صورت شاخص یا هدف ارائه گردد. شاخص عبارت است از ویژگی‌ها، کیفیات یا پارامترهای عملکردی که برای انتخاب گزینه‌های تصمیم مطرح است که ممکن است برخی از آن‌ها دارای ماهیت کمی و برخی دیگر دارای ماهیت کیفی باشند. هدف عبارت است از تمایلات و خواسته‌های تصمیم‌گیرنده که می‌تواند با عباراتی مانند حداکثر کردن سود، حداقل کردن هزینه و ... بیان شود (قدسی پور، ۱۳۸۲)؛ بنابراین ازآنجایی‌که روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه قادر به در نظر گرفتن شرایط و متغیرهای کمی و کیفی مسئله به‌طور هم‌زمان می‌باشند، کاربرد و گسترش چشم‌گیری یافته‌اند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۳). در این روش‌ها چندین گزینه بر اساس چندین معیار مختلف باهم مقایسه شده، بهترین گزینه یا ترتیب گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند (Kiker et al, 2005). روش‌های MADM بر پایه استدلال‌های ریاضی، بهترین گزینه تصمیم‌گیری را از بین گزینه‌های موجود با اولویت‌بندی آن‌ها تعیین می‌کنند (Hwang and Kwang, 1981). همچنین یکی از مفروضات اساسی، معتبر بودن وزن‌های مربوط به شاخص‌های مورداستفاده در تکنیک‌های مورداشاره است. روش‌هایی که برای تعیین وزن استفاده می‌شوند؛ روش‌های عینی و ذهنی هستند. بدیهی است تغییر در نتایج حاصل از محاسبه وزن‌ها، عملکرد تکنیک‌های مورداشاره را در دستیابی به گزینه برتر تحت تأثیر قرار خواهد داد، بنابراین در چنین شرایطی وجود یک معیار تجربی یا علمی که قادر باشد اعتبار وزن‌های حاصل و نیز صائب بودن جواب‌های حاصل را از اجرای این تکنیک‌ها سنجش نماید، بیش‌ازپیش اهمیت می‌یابد (زارعی، ۱۳۷۹). به‌طورکلی فرایند تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) شامل هشت گام است: اولین گام در حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه تعریف دقیق هدف مسئله است (در این مطالعه هدف تعیین بهترین مکان دفن پسماندهای ویژه و خطرناک در استان قزوین می‌باشد). پس از تعریف دقیق مسئله بایستی شاخص‌های اثرگذار در هدف مسئله، که امکان جمع‌آوری اطلاعات آن‌ها وجود دارد را تعیین کنیم. انتخاب معیارها و شاخص‌های مناسب مهم‌ترین اثر را بر رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها دارند (Hajkowicz et al, 2000). لذا انتخاب شاخص‌های مناسب و مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری، یکی از مهم‌ترین مراحل تصمیم‌گیری چند شاخصه است، درواقع انتخاب شاخص‌های مناسب برای تصمیم‌گیری، خود یک مسئله تصمیم‌گیری است که در آن گزینه‌های تصمیم، همان شاخص‌های متعدد تصمیم‌گیری هستند. پس از تعیین شاخص‌ها بایستی گام‌های متوالی یعنی جداسازی شاخص‌های کمی و کیفی، جداسازی شاخص‌های با جنبه مثبت و منفی و طیف‌بندی شاخص‌های کیفی (معین الدینی و همکاران، ۱۳۹۰) را جهت شناسایی دقیق‌تر آن‌ها انجام دهیم. در این مطالعه جهت شناسایی شاخص‌های اثرگذار در حل مسئله از تکنیک دلفی استفاده گردیده

است. پس‌ازآن با استفاده از روش‌های کلاسیک همچون تصمیم‌گیری چندهدفه که خروجی آن‌ها نقاط پاراتو و یا همان گزینه‌های کارا برای تصمیم‌گیری است، گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. به‌طورکلی، نحوه انتخاب و تعداد گزینه‌های انتخاب‌شده برای تصمیم‌گیری، کاملاً به محیط مسئله بستگی دارد. پس از تعیین گزینه‌ها و شاخص‌های تصمیم‌گیری، بایستی در مورد نحوه امتیازدهی به شاخص‌ها تصمیم‌گیری کنیم (Larichev et al, 1995). در این مطالعه جهت وزن دهی شاخص‌ها از روش تحلیل شبکه (ANP) استفاده می‌گردد.

مراحل انجام مطالعات مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه

به‌طور خلاصه می‌توان بیان داشت در این تحقیق برای رسیدن به هدف موردنظر که همان یافتن محلی مناسب برای دفن پسماندهای ویژه در استان قزوین می‌باشد، ۵ گام انجام می‌گیرد که عبارت‌اند از: ۱) تعیین مهم‌ترین معیارهای دفن پسماندهای ویژه به روش دلفی ۲) وزن دهی معیارها به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) ۳) تحلیل‌های GIS و معیارهای مکان‌یابی ۴) وزن دهی معیارها نسبت به هدف کلی انتخاب سایت با روش ANP ۴) بررسی گزینه‌ها و انتخاب گزینه برتر با کاربرد روش TOPSIS(Stemn and Kumi-Boateng, 2019).

مرحله اول: تعیین مهم‌ترین معیارهای دفن پسماندهای ویژه به روش دلفی

ابتدا فهرست اولیه‌ی معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه استان قزوین تهیه گردید و در ادامه از تعدادی از افراد مجرب که در بخش‌های مختلف تجربه فعالیت در منطقه تحت بررسی را دارند، به‌عنوان گروه دلفی، خواسته شد با استفاده از پرسشنامه، در خصوص عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه اظهارنظر کنند. با توجه به این‌که موارد اشاره‌شده توسط گروه دلفی در قالب پرسشنامه‌های باز تکمیل‌شده بود، در مرحله بعد به دسته‌بندی آرا و نظریه‌های ایشان در قالب گزاره‌های خبری که قابل کاربرد درروش ANP باشد پرداخته شد. مراحل عملی تحقیق Delphi دلفی به‌صورت خلاصه شامل مراحل ۱) ارائه پرسشنامه نخست به شرکت‌کنندگان برای بررسی ابتدایی موضوع ۲) – ارائه پرسشنامه دوم به شرکت‌کنندگان که از پاسخ‌های پرسشنامه اول به دست می‌آید و ۳) ارزشیابی مجدد پاسخ‌ها و بررسی اختلاف‌نظرها می‌باشد. در مرحله نهایی محققان به تحلیل داده‌ها پرداخته و نتایج را به گروه داوران بازخورد می‌دهند و گروه داوران با توجه به وزن دهی شرکت‌کنندگان به معیارها، بهترین معیارها را انتخاب می‌کنند (Groc, 2004).

مرحله دوم: وزن دهی معیارها به روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

در گام دوم، معیارهای به‌دست‌آمده از گام اول به‌وسیله روش ANP و نرم‌افزار مخصوص آن Super Decision وزن دهی و اهمیت آن‌ها مشخص می‌شود. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی روابط بین سطوح مختلف تصمیم‌گیری یک‌طرفه در نظر گرفته می‌شود. مزیت اصلی روش مذکور این است که سنجش سنجه‌های مختلف بر اساس روابط آن‌ها و نه سلسله‌مراتب انجام می‌شود و با توجه به پیچیدگی مسائل مختلف محیط‌زیست و ازجمله موضوع بررسی‌شده مدلANP می‌تواند نتایج بهتری را به دنبال داشته باشد.

مرحله سوم: معیارهای مکان‌یابی و تحلیل‌های GIS

در این مرحله به‌وسیله نرم‌افزار ArcGIS نقشه معیارها، تعیین می‌شود و بعد این نقشه‌ها کلاسه‌بندی و روی هم‌گذاری می‌شوند که روش روی هم‌گذاری در این تحقیق روی هم‌گذاری ریاضی هست (Sener et al, 2006) که در پایان این مرحله مناطق مناسب مشخص و مابقی مناطق حذف می‌شوند (عباسی و همکاران، ۱۳۸۷). مراحل صورت گرفته برای نیل به هدف منظور به‌صورت مراحل تفکیک‌شده از هم بیان می‌شود.

الف: جمع‌آوری و تهیه نقشه‌های موضوعی و تصاویر ماهواره‌ای موجود و موردنیاز

در این مرحله با توجه به نیازهای اطلاعاتی موجود در پروژه اقدام به جمع‌آوری نقشه‌های موضوعی و تصاویر ماهواره‌ای شده است. بعضی از این نقشه‌ها به‌صورت کاغذی و برخی دیگر به‌صورت رقومی و با فرمت DGN و DWN موجود بوده که در خصوص نقشه‌های کاغذی رقومی سازی انجام و در خصوص نقشه‌های رقومی مذکور نیز تبدیل فرمت به Shape file انجام‌گرفته است و سپس در مورد بعضی از اطلاعات و یا نواقص موجود در بعضی از لایه‌های اطلاعاتی جهت تکمیل و تولید اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای موجود استفاده گردیده است.

ب: آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی زمین مرجع برای عوارض موردنیاز

کلیه اطلاعات جمع‌آوری‌شده و نقشه‌ها آماده و تغییرات لازم جهت همسان نمودن سیستم تصویر در این مرحله انجام شد و ضمناً در خصوص داده‌های مربوط به منابع آبی از آمار و اطلاعات موجود در آرشیو آب منطقه‌ای لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز پروژه تولید گردید.

ج: پردازش اطلاعات موجود و تجزیه‌وتحلیل‌های موردنظر

در این مرحله از داده‌های اطلاعاتی موجود بعضی از لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز ساخته و به‌عنوان‌مثال از لایه اطلاعاتی توپوگرافی استان لایه‌های اطلاعاتی مربوط به نقشه شیب، طبقات ارتفاعی و... تولید گردید.

د: انتخاب معیار جهت تعیین حریم هریک از عوارض مورد استفاده

در این مرحله به‌منظور رعایت کلیه استانداردهای موجود در خصوص حریم عوارض و نیز رعایت کلیه اصول زیست‌محیطی، معیارهای کلیه عوامل اثرگذار مشخص گردید. با توجه به اینکه هیچ استاندارد مدونی به این منظور از قبل موجود نبوده، گروه کارشناسی پروژه اقدام به تهیه معیارها با توجه به عوامل محیطی، مقررات موجود در سازمان‌های دولتی و با توجه به شرایط بومی منطقه نموده‌اند .

۳-نتایج

اصلی‌ترین معیارهای مورد استفاده در بررسی‌های منطقه‌ای در استان قزوین با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای مشخص شد که این عوامل نقش تعیین‌کننده و مهمی دارند. مهم‌ترین معیارهای به‌دست‌آمده

برای مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه با استفاده از روش دلفی به دست آمد. در وزن دهی معیارها به روش فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) از نرم‌افزار Super Decision استفاده گردید که نتایج وزن دهی در جدول زیر نشان داده‌شده است.

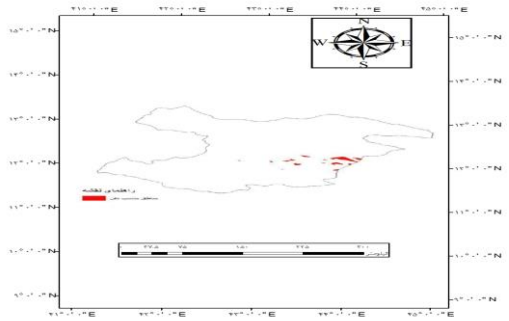
جدول شماره ۱: نتایج حاصل از وزن دهی معیارهای مکان‌یابی دفن پسماند

معیارهای تصمیم‌گیری	وزن نسبی
فرسایش‌پذیری (مناطق حساس)	۰/۱۶۷۴۸
اقلیم (رطوبت)	۰/۰۳۱۸۳
ارتفاع	۰/۰۲۶۲۵
شیب (٪)	۰/۰۸۹۸۹
فاصله از رودخانه و آب‌های سطحی	۰/۱۵۵۲۲
فاصله از مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۷۴۴۵
فاصله از شهرها	۰/۰۵۴۲۶
فاصله از روستاها	۰/۰۵۴۲۶
فاصله از فرودگاه	۰/۰۱۳۳۹
فاصله از جاده‌های اصلی و بزرگراه‌ها	۰/۰۲۲۸۴
کاربری اراضی	۰/۱۳۵۲۴
سدها و تالاب‌ها	۰/۱۵۷۴۲
فاصله از گسل	۰/۰۱۷۴۷
مجموع	۱

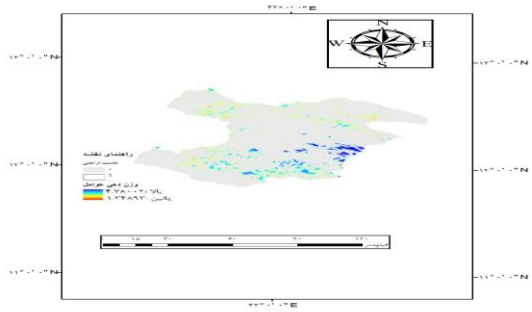
لازم به ذکر است در محاسبه وزن معیارها ضریب ناسازگاری برابر با ۰/۰۸۲۹۰ به دست آمد و از آنجا که در انتخاب مکان مناسب برای دفن پسماند پارامترهای متفاوتی دخالت دارند که می‌توان مجموعه اقدامات صورت گرفته را در سه مرحله پایه‌ریزی کرد که شامل پهنه‌بندی مناطق مستعد جهت دفن پسماند، بازدید پهنه‌های انتخاب‌شده و گزینش سایت‌های نهائی می باشد. برای شناسایی محدوده‌های مستعد دفن پسماند در منطقه مطالعاتی، گام‌های جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز، حذف مناطق نامناسب جهت دفن پسماند، طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی، امتیازدهی و وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی و هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی صورت گرفت. لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گردآوری شد و برای شناسایی مناطقی که در مکان‌یابی محل دفن پسماند نامناسب محسوب می‌گردد، با استفاده از معیارهای سازمان حفاظت محیطزیست ایران و EPA مناطق نامناسب شناسایی‌شده و تا حریم مشخصی برای هر عارضه که احتمال ایجاد خطر برای سلامت انسان و محیطزیست وجود داشته باشد حذف می‌گردد. لازم به ذکر است به دلیل حساسیت این نوع زباله‌ها و خطرناک بودن آن‌ها نسبت به زباله‌های خانگی، کلیه نقاط تعیین‌شده در حاشیه دشت‌ها بوده و از در نظر گرفتن نقاط در نزدیکی مراکز جمعیتی و اراضی کشاورزی، اجتناب گردید. برای طبقه‌بندی لایه‌های اطلاعاتی، لایه‌ها با توجه به تأثیراتی که بر محل دفن پسماندها دارند به ۵ طبقه (امتیاز ۵: عالی، امتیاز ۴: خوب، امتیاز ۳: متوسط، امتیاز ۲: ضعیف و امتیاز ۱: خیلی ضعیف یا نامناسب) تقسیم‌بندی شدند. پس‌ازآن لایه‌های تولیدشده بر اساس میزان اهمیتشان در مکان‌یابی محل دفن پسماندها امتیازی تعلق می‌گیرد (وزن دهی معیارها با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP، درواقع به هر لایه اطلاعاتی در مقایسه با سایر لایه‌ها وزنی داده می‌شود که نمایشگر میزان اهمیت و تأثیر هرکدام از لایه‌ها نسبت به یکدیگر در مکان‌یابی هست. سپس با کمک نرم‌افزار GIS امتیاز هر پلی گون(S) ، در هر لایه اطلاعاتی، از حاصل‌ضرب امتیاز هر طبقه (S_{ij}) در وزن لایه مربوطه (W_i) به دست می‌آید (قدسی پور، ۱۳۸۲).

$$S=\Sigma(S_{ij})*(W_i)$$ **رابطه شماره ۱**

امتیاز نهائی (S) به‌دست‌آمده در این مرحله نمایشگر آن است که هر طبقه تا چه میزان برای دفن پسماند مناسب هست. در آخرین گام برای پهنه‌بندی مناطق مستعد دفن پسماند، لایه‌های اطلاعاتی که در بخش قبل دارای امتیاز نهائی شده بودند، روی‌هم گذاری شدند. بدین ترتیب با روی هم‌گذاری این لایه‌ها وزن نهائی هر پلی گون از حاصل جمع امتیازات آن پلی گون از هر لایه اطلاعاتی به‌دست‌آمده و مکان‌های منتخب حداکثر امتیاز ۴/۷۸ را به دست آوردند. در ادامه هر یک از گزینه‌ها ابتدا بر روی نقشه‌های ۱:۲۵۰،۰۰۰ پیاده‌سازی شده و در مرحله بعد با استفاده از GPS اقدام به بازدید میدانی از تک‌تک سایت‌ها گردید تا ازنظر شرایط زمین‌شناسی، کاربری اراضی و سایر عوارض طبیعی و مصنوعی مورد بررسی دقیق قرار گیرد. در این مرحله تعدادی از گزینه‌ها که حائز شرایط لازم برای انتخاب مرکز دفن نبودند حذف گردیده و مابقی نقاط برای بررسی نهایی و انتخاب گزینه برتر با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS مشخص شدند.



نقشه شماره ۲: نقشه موزون تناسب اراضی



نقشه شماره ۳: نقشه مناطق مناسب دفن پسماندهای ویژه

همچنین صحت نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه با ضریب ناسازگاری برابر با ۰/۰۴۲۶۰ به دست آمد که با توجه به کمتر بودن آن از ۰/۱

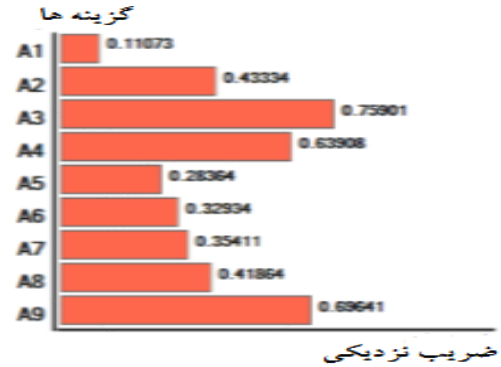
تأیید می‌گردد. مبنای روش تاپسیس این است که با استفاده از گزینه‌های موجود، دو گزینه فرضی تعریف می‌شوند. یکی از این گزینه‌ها مجموعه‌ای از بهترین مقادیر مشاهده‌شده در ماتریس تصمیم‌گیری است. این گزینه را اصطلاحاً ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) می‌نامیم. ضمن اینکه یک گزینه فرضی دیگر تعریف می‌شود که شامل بدترین حالت‌های ممکن باشد. این گزینه ایده آل منفی نام دارد. معیارها می‌تواند دارای ماهیت مثبت یا منفی باشند، همچنین واحد اندازه‌گیری آن‌ها نیز می‌تواند متفاوت باشد. معیار محاسبه نمرات در روش تاپسیس این است که گزینه‌ها تا حد امکان به گزینه ایده آل مثبت نزدیک و از گزینه ایده آل منفی دور باشد. بر این اساس یک نمره برای هر گزینه محاسبه می‌شود و گزینه‌ها مطابق این نمرات رتبه‌بندی می‌شوند. در این مطالعه جهت اولویت‌بندی مکان‌های دفن پسماندهای ویژه به روش TOPSIS از نرم‌افزار TOPSIS_HS جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده گردیده است.

جدول شماره ۲: نتایج وزن دهی معیارها نسبت به هدف کلی انتخاب سایت

معیارهای تصمیم‌گیری	وزن نسبی
عمق خاک‌های مناسب برای لایه‌های پوششی لند فیل	۰/۰۹۰۷۹
گود شدگی‌های موجود	۰/۰۱۱۶۶
پوشش طبیعی لند فیل از منظر عمومی	۰/۰۳۰۶۸
احتمال وقوع هرز آب‌ها و سیلاب‌ها	۰/۰۳۹۰۳
تراکم چاه‌های آب شهری	۰/۱۵۱۳۹
سهولت نمونه‌برداری از آب‌های زیرزمینی	۰/۱۵۱۳۹
چشم‌انداز لند فیل	۰/۰۲۷۲۹
عمق سطح آب زیرزمینی	۰/۰۱۴۱۱
حریم لند فیل	۰/۰۲۷۲۹
استفاده از لند فیل بعد از بسته شدن	۰/۰۱۴۱۱
حریم نواحی شهری	۰/۰۲۲۵۱
نواحی دارای محدودیت ترافیک جاده‌ای	۰/۰۴۶۳۲
تأثیر لند فیل روی ترافیک	۰/۰۹۰۷۹
فاصله از مرکز تولید زباله	۰/۰۹۰۷۹
قابلیت خرید اراضی	۰/۰۲۷۲۹
زمین‌های دارای قطعات کوچک	۰/۰۲۷۲۹
مجموع	۱

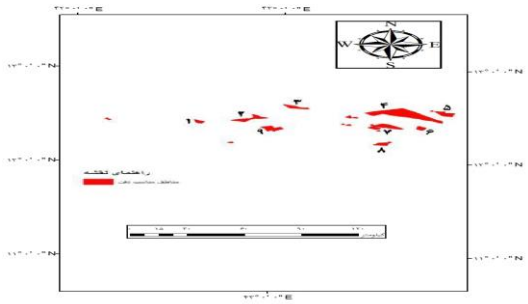
جدول شماره ۳: نتایج اولویت‌بندی گزینه‌های دفن پسماند

نام گزینه‌ها	نام گزینه‌ها	ضریب نزدیکی
A_1	مکان ۱	۰,۱۱۰۷۳۰۳۳۵۷۹
A_2	مکان ۲	۰,۴۳۳۳۴۱۶۴۱۸۰
A_3	مکان ۳	۰,۷۵۹۰۱۱۳۹۷۵۰
A_4	مکان ۴	۰,۶۳۹۰۸۹۹۹۷۹۷
A_5	مکان ۵	۰,۲۸۳۶۴۵۶۶۵۰۱
A_6	مکان ۶	۰,۳۲۹۳۴۸۰۰۴۴۵
A_7	مکان ۷	۰,۳۵۴۱۱۱۱۸۳۵۹
A_8	مکان ۸	۰۴۱۸۶۴۰۲۷۳۵۴.
A_9	مکان ۹	۰,۶۹۶۴۴۱۶۱۱۵۶۲



تکل شماره ۱: نمودار خروجی از نرم افزار TOPSIS- HS

نقشه شماره ٤: اولویت مناطق مناسب دفن پسماند



٤- نتیجه گیری

ایجاد یک نظام پایدار زیست‌محیطی نیازمند وجود زیرساخت‌های مناسب و اساسی است که شناسایی عوامل تأثیرگذار مثبت و منفی در آن می‌تواند بر محیط‌زیست تأثیرگذار باشد. بحث مدیریت پسماندهای صنعتی و خطرناک از این مقوله جدا نبوده و با انجام مطالعات و تحقیقات اساسی در این زمینه می‌توان از بروز پیامدهای نامطلوب این ضایعات بر روی محیط‌زیست منطقه جلوگیری نمود. در اجرای پروژه انتخاب مکان مناسب جهت دفن بهداشتی پسماند در هر منطقه‌ای باید به جنبه‌های مختلف اقتصادی – اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی مسئله توجه کرد و با در نظر گرفتن این جنبه‌ها به انتخاب محل مناسب مبادرت نمود. در این پژوهش ابتدا معیارهای مؤثر در انتخاب محل دفن در محدوده موردمطالعه با بررسی و استفاده از استانداردهای مختلف ازجمله استانداردهای مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت کشور و استانداردهای جهانی و همچنین با مرور منابع و مطالعات انجام‌شده در خصوص مکان‌یابی دفن پسماند داخل و خارج کشور و نیز با بررسی شرایط منطقه موردمطالعه و عوامل تأثیرگذار در منطقه مطالعاتی و استفاده از پرسشنامه دلفی تعیین گردیدند. سپس از نقشه‌های منطقه لایه‌های اطلاعاتی رقومی ایجاد و وارد GIS گردیدند و سپس این لایه‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌روز شده و با اتخاذ روش‌های مناسب مبتنی بر منطق بولین، انجام وزن دهی در نرم‌افزارهای مناسب با ایجاد تغییرات موردنظر بر روی لایه‌های اطلاعاتی و در نظر گرفتن حداقل مساحت مکان‌های مناسب جهت دفن پسماندهای ویژه تعیین گردیدند. شایان‌ذکر است که هر یک از مراحل ذکرشده دارای تأثیر مهمی درنتیجهٔ

نهایی می‌باشد. در این مطالعه روش کلی بر این اساس استوار است که ابتدا مناطق نامناسب غربال‌شده، سپس تصمیمات اساسی‌تر بر روی مناطق باقیمانده اخذ می‌شود و نتیجهٔ نهایی یعنی محل مناسب برای دفن پسماند مکان‌یابی می‌گردد(آریانی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌عبارت‌دیگر جهت مکان‌یابی در سیستم‌های GIS می‌بایست عوامل مؤثر، معیارها و محدودیت‌ها به‌صورت لایه‌های نقشه تهیه‌شده و مورد پردازش و تحلیل قرار گیرند. در این مطالعه پس از روی‌هم قرار دادن لایه‌های اطلاعاتی موزون جهت پهنه‌بندی مناطق مستعد دفن پسماند، وزن نهائی هر پلی گون از حاصل جمع امتیازات آن پلی گون از هر لایه اطلاعاتی به دست می‌آید. بر پایه نتایج حاصل از روی هم‌گذاری لایه‌ها هیچ‌یک از نقاط منتخب دارای ارزش یک نبوده و مکان‌های منتخب دارای حداکثر امتیاز ۴/۷۸ می‌باشند و در پایان و پس از بازدید میدانی ۹ سایت به‌عنوان مناطق بهینه دفن پسماندهای ویژه در منطقه مطالعاتی انتخاب گردیدند و سپس با کاربرد تصمیمات چند معیاره به روش TOPSIS، به نتیجه موردنظر که اولویت‌بندی سایت‌های انتخابی می‌باشد، انجام گردید که نتایج در جدول شماره ۴ به نمایش گذاشته شد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی سایت‌های منتخب بر اساس معیارهای تعریف‌شده به صورت‌های مختلفی می‌تواند برای تصمیم‌گیرندگان مورداستفاده قرار گیرد. چنانچه نیاز به احداث تنها یک سایت برای منطقه باشد بهترین سایت یعنی سایت شماره ۳ به‌عنوان رتبه اول معرفی می‌گردد. چنانچه در نظر باشد سایت‌های مختلفی در طی سال‌های توسعه منطقه تأسیس گردد می‌توان از رتبه‌بندی ارائه‌شده جهت تأسیس متوالی این سایت‌ها استفاده گردد. همچنین چنانچه بیش از یک سایت برای استان در یک زمان نیاز باشد نیز می‌توان از اولویت‌بندی مذکور جهت تعیین سایت‌های مذکور استفاده نمود. شایان ذکر است که مقایسه روش تلفیقی به کار گرفته‌شده در این تحقیق در مقایسه با تحقیقات قبلی در داخل و خارج کشور و در بخش‌ها و موضوعات متنوع، نشانگر این است که روش تصمیم‌گیری چند معیاره روش مناسب‌تری برای تشخیص مکان مناسب برای احداث لندفیل است. این موضوع ازآن‌جهت قابل‌اطمینان است که استفاده هم‌زمان از روش‌های تصمیم‌گیری چند متغیره و اخذ نتایج با صحت بالا و در راستای حفظ محیط‌زیست، در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (Hajkowicz et al, 2000). حسنعلی و همکاران (۱۳۸۹) در شهرستان قوچان با استفاده از مدل ANP و لایه‌های اطلاعاتی مختلف، مناطق مناسب و نامناسب برای دفن زباله را تشخیص دادند. بر اساس نقشه‌های به‌دست‌آمده، مکان‌هایی به‌عنوان مکان نامناسب تشخیص داده‌شده‌اند که به‌طور عمده بر روی دشت‌های حاصلخیز و با نفوذپذیری بالا هستند و مناطق مناسب به‌طور عمده در تپه‌ماهورها که ضخامت خاک بیشتر بوده و از مراکز جمعیتی و نیز زمین‌های مناسب کشاورزی و مناطق حساس دور هستند، تعیین‌شده است. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش لطفی و همکاران (۱۳۸۹) مشابه می‌باشد. این پژوهشگران با استفاده از مدل AHP و روی‌هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی تولیدشده در GIS، نشان دادند که از میان پهنه‌های انتخاب‌شده برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری در شهرستان جلفا، پهنه پنجم با ۱۳/۱۷ درصد واقع در شمال غرب شهرستان جلفا به دلیل حریم مناسب با گسل و رود ارس و معیارهای قابل‌قبول ازنظر زمین‌شناسی و پوشش گیاهی و شیب زمین، مناسب‌ترین مکان جهت دفن مواد زائد جامد می‌باشد. همچنین در شهرستان کوهدشت با استفاده از تحلیل پارامترهای انسانی، زیست‌محیطی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه از طریق مدل AHP پهنه‌های دفن زباله در شهرستان کوهدشت به پنج کلاس طبقه‌بندی شد. در این میان پهنه‌های بسیار مناسب با مساحت ۲۰۵/۱۸ کیلومترمربع و پهنه‌های مناسب با مساحت ۱۹۸/۳۱۹ کیلومترمربع بالاترین ارجحیت را جهت دفن پسماند دارا می‌باشند. تجزیه‌وتحلیل نتایج نشان می‌دهد که این پهنه‌ها ازلحاظ کاربری بیشتر منطبق بر مراتع فقیر و جنگل تنک بوده و حداکثر فاصله را نسبت به مناطق مسکونی، راه‌های ارتباطی، منابع آب زیرزمینی، آبراهه‌ها و گسل‌های منطقه دارند.، در شهر سمنان با استفاده از ابزار GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) با ادغام نقشه‌های رتبه‌بندی شده با لحاظ وزن‌های به‌دست‌آمده در فرایند AHP، محدوده موردمطالعه را به پهنه‌هایی در غالب نامناسب، مناسب و بسیار مناسب تفکیک نموده است که پهنه‌های دارای قابلیت بسیار مناسب می‌تواند در اولویت اول تصمیم‌گیری قرارگرفته و در صورت لزوم مکان‌های مناسب نیز می‌تواند در توسعه آتی در دستور کار قرار گیرد (Yesilnacar and Cetin, 2005). در شهر یونان، گمیتزیا و همکاران (2007) در دو مرحله و با در نظر گرفتن معیارهای حذفی چون فاصله از گسل، مناطق مسکونی، رودخانه، دریاچه و.. مناطق ممنوعه را حذف نموده و سپس به کمک معیارهای ارزیابی چون مسائل حمل‌ونقل، کاربری اراضی و ...، بر اساس روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مناطق باقی‌مانده را ارزیابی و درنهایت مکان مناسب انتخاب شد که اقدامات صورت گرفته توسط آن‌ها مشابه با این پژوهش می‌باشد. با توجه به این‌که تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه منجر به ارائه نتایج دقیق‌تر و قابل اطمینان‌تری می‌گردد، پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی از تلفیق تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شود.

جدول شماره ٤: رتبه‌بندی نهایی سایت‌های منتخب دفن پسماندهای ویژه بر اساس روش TOPSIS

سایت‌های منتخب برای دفن پسماندهای ویژه	وزن نهایی	رتبه‌بندی
سایت شماره ۱	۰/۱۱۰۷۳	۹
سایت شماره ۲	۰/۴۳۳۴	۴
سایت شماره ۳	۰/۷۵۹۰۱	۱
سایت شماره ۴	۰/۶۳۹۰۸	۳
سایت شماره ۵	۰/۲۸۳۶۴	۸
سایت شماره ۶	۰/۳۲۹۳۴	۷
سایت شماره ۷	۰/۳۵۴۱۱	۶
سایت شماره ۸	۰/۴۱۸۶۴	۵
سایت شماره ۹	۰/۶۹۶۴۱	۲

منابع

- آریا نژاد، م.، ب.ق. و صفاکیش، م.س. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ اول، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجرد با همکاری واحد تویسرکان. ۵۱۲ صفحه.
- آریانی، ح.، س. بابایی، ا. صفاری و م. منوری. ۱۳۹۵. ارزیابی توان سرزمین برای شناسایی مناطق مناسب توسعه گردشگری با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی.۷ (۴): ۱-۱۷.
- جمالی، ع.، هداوند، راضیه. ۱۳۹۸. تحلیل توزیع فضایی و مکان گزینی نصب بیلبوردهای تبلیغاتی با استفاده از منطق فازی و GIS در منطقه یک تهران. پژوهشهای مکانی فضایی شماره ۱۱ (۱۴ صفحه – از ۱۶ تا ۲۹).
- حسنعلی فرجی، س.، سلمانی، م. فریدونی، ف. کریم زاده، ح و رحیمی، ح. ۱۳۸۹. مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله روستایی با استفاده از مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP). مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان قوچان. فصلنامه مدرس علوم انسانی: (۱) ۱۴.
- دباغ, ر.، نصیری فرد، ب.؛ محمدی، م.، احمدی چوکلایی، ح. ۱۳۹۸. مکان یابی نقاط امن در شرایط بحرانی با رویکرد توسعه پایدار شهری، دوازدهمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات، بابلسر، دانشگاه علوم و فنون مازندران. https://www.civilica.com/Paper-ICIORS12-ICIORS12_113.html
- دربان آستانه، ع.، فردوسی، س.، شاه محمدی، ع. ۱۳۹۷. مکان یابی نقاط امن در شرایط بحرانی با رویکرد توسعه پایدار شهری. دوازدهمین کنفرانس بین المللی انجمن ایرانی تحقیق در عملیات . ۵ صفحه.
- رضایی مقدم، م.، مردای، ع.، ویسی، غ.. کاربرد و اهمیت مطالعات ژئومورفولوژی و مطالعات مربوط به مکانیابی در گردشگری (مطالعه موردی: سواحل جزیره قشم). تحقیقات جدید در علوم انسانی ، شماره۵۰ (۲۲ صفحه – از ۹۵ تا ۱۱۶).
- زارعی، ع.، ۱۳۷۹. طراحی مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) جهت تعیین و تبیین عوامل مؤثر بر کارایی شعب بانک رفاه کارگران، پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی.
- سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۸۰. دستورالعمل مکان‌یابی محل دفن مهندسی– بهداشتی پسماندها. دفتر بررسی آلودگی آب و خاک. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی. طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری خاک‌چال‌های بهداشتی برای زباله‌ی شهری، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات.
- شاکری، ف.، ح.؛ معین‌الدینی، م.؛ طحاری مهرجردی، م.ح. خراسانی. ن.ا.، دانه‌کار، ا. و درویش‌صفت. ع.ا.؛ ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده ها (مطالعه موردی: استان البرز) ، فصلنامه سلامت و محیط، (۴)۴: ۴۸۳-۴۹۲.
- طالب بیدختی، ن.، کریمی جشنی. ا. غفاری. س. و فلاحتی مروست. ه. ۱۳۸۹. بررسی روش‌های انتخاب سایت مناسب جهت دفع و دفن پسماندهای ویژه. پنجمین همایش ملی مدیریت پسماند، مشهد.
- عباسی، ع.؛ سعیدی، م. سریاک، م .۱۳۸۷. مکان‌یابی محل مناسب دفن مواد زاید خطرناک با استفاده از تکنیک‌هایGIS، اولویت‌بندی سایت‌ها با استفاده از تحلیل‌های سلسله مراتبی (AHP) مطالعه موردی نیروگاه شهید رجایی، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیطزیست، سال یازدهم، شماره ۱(پیاپی ۴۰).
- قدسی پور، ح.، ۱۳۸۲. مباحثی در تصمیم‌گیری چند معیاره، چاپ اول، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.۲۰۸صفحه.
- لطفی، ح.، زیاری، ی.ع. صادقی، ب. ۱۳۸۹. بررسی مکان‌یابی محل دفع پسماندها با روش برنامه‌ریزی خطی در محیط GIS (مطالعه موردی: نواحی از استان خراسان رضوی) ، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال هفتم، شماره ۲۶.
- محمدی زنجیرانی، د.، سلیمی فرد، خ.ک. و یوسفی ده‌بیدی، ش. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد متداول‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با رویکرد بهینه‌یابی. تحقیق در عملیات در کاربردهای آن. سال یازدهم، شماره۱: ۸۴-۶۵.
- معین‌الدینی، م.، خراسانی. ن.ا. دانه‌کار. ا. و درویش‌صفت. ع.ا. ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر کرج با استفاده از تاپسیس فازی سلسله مراتبی (مطالعه موردی شهر کرج). نشریه محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران ۶۴(۲): ۱۶۷-۱۵۵.
- هادیانی، ز.، احد نژاد روشتی. م. کاظمی زاده. ش. ا. و شاه علی، ا.۱۳۹۱. مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر زنیان، فصلنامه فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۴۰: ۱۳۳-۱۱۶).
- Chang, N., Parvathinathan, E. 2008. Breeden Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. Journal of Environmental Management: 153-139.
- Eric, S., Bernard. 2019. Hazardous waste landfill site selection in Western Ghana: An integration of multi-criteria decision analysis and geographic information system. Waste Management & Research . Vol 37(17) .
- Gemitzi, A., Tsihirintzis, V.A., Voudrias, E., Petalas, C., Stravodimos, G. 2007. Combining geographic information systems, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in sitting MSW landfills. Environmental Geology. 51(5):797-811.
- Groc, M. 2004. Routes, Requestes, Bids, and Citations: GIS in solid Waste Services googel.net.

- Hajkowicz, S.A., McDonald, M.C., Smith, P.N. 2000. An evaluation of multiple objective decision support weighting techniques in natural resource management. Journal of Environmental Planning and Management. No. 43: 505-518.
- Higgs, G. 2006. Integrating multi-criteria techniques with geographical information systems in waste facility location to enhance public participation, Waste management and research, 24(2): pp.105-117.
- Hwang, C., Kwang, Y. 1981. Multiple Attribute Decision Making. Berlin. Pringer Yarlag.
- Joerin, f., Musy, A. 2000. Land management with GIS and multi criteria analysis. Journal International Transactions in Operational Research. 7(2000):67-78.
- Kiker, G.A., Bridges, T.S., Varghes, A., Seager, T.P., Linkup, I. 2005. Application of Multicriteria decision analysis in environmental decision making. Integrated environmental assessment and management, 1(2):95-108.
- Larichevو O.I., Moshkovich, H.M. 1995. A method and system for ordering multi attribute alternatives, European journal of operational research, 82: 503-521.
- Leelavathy, K., Venkatesan, M., Vignesh, K., Terry, T., Vedha, Varshini.2018. The Management of Hazardous Solid Waste in India: An Overview. Environments 2018, 5, 103; doi:10.3390/environments5090103.
- McDaniels, G., Gregory, R., Fields, D. 1999. Decisions aiding, not dispute resolution: Creating insights through structured environmental decisions of International Transactions In Operational Research, 7(1): 67-78.
- Ount, S., Soner, S. 2008. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. Waste Management. 28(9):1552- 59.
- Panahandeh, M., Arastou, B., Ghavidel, A., Ghanbari, F. 2012. Use of analytical hierarchy process Model (AHP) in landfill site selection of Semnan town. Iranian Journal of Health and Environment, 2(4): 276- 83.
- Sener, B., Suzen, M.L., Doyuran, V. 2006. Landfill site selection by using geographic information system. Environmental geology, NO. 49: 376-388.
- Sener, S., Sener, E., Karagüzel, R. 2010. Solid Waste Disposal Site Selection with GIS and AHP Methodology: A Case Study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. Journal of Environmental Monitoring Assessment, Vol.10:1010-1023.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2005. Environmental progress and challenges: An EPA perspective, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Management Systems and Evaluation, Washington, DC.
- Vastava, S., Nathawat, H. 2003. Selection of Potential Waste Disposal Sites around Runchi Urban Complex Using Remote Sensing and GIS Techniques. Urban Planning, Map Asia Conference.
- Yesilnacar, M.I., Cetin, H. 2005. Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area,Turkey.EngineeringGeology,81(4):371-388.