

استفاده از الگوریتم‌های فازی و سلسله‌مراتبی در مکان‌یابی دفن

زباله شهری در محیط GIS

حمیدرضا کوه‌بنانی^۱، هادی نیرآبادی^۲

کارشناس ارشد GIS، شرکت مهندسی مشاور سنجش از دور ساج^۳

kohbanani@Gmail.com

naierabadi@Gmail.com

چکیده

هدف اصلی مطالعه جاری، اعمال انواع عملیات تحلیل‌های مکانی، با بهره‌گیری از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ به منظور مکان‌یابی محدوده‌های بهینه (با حداقل اثرات سوء زیست‌محیطی) برای دفن زباله‌های شهری است. به همین منظور، در مرحله اول، کلیه مشاهدات محیطی طبیعی و انسانی به تعداد ۱۶ لایه مربوط به محدوده شهرستان تبریز به محیط نرم‌افزارهای ArcGIS و Idrisi وارد و پایگاه‌های اطلاعاتی ویژه دفن زباله‌های شهری تشکیل شد. در مرحله دوم، لایه‌های رقومی بر اساس استانداردهای موجود وزندهی و طبقه‌بندی گردید. در مرحله سوم، با هدف یافتن مکان‌های مناسب دفن زباله، الگوریتم‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره‌تحلیلی^۲ نظیر، تحلیل سلسله‌مراتبی^۳ ترکیب وزنی خطی^۴ بر لایه‌های موجود اعمال شد. بررسی نتایج اولیه مبین این واقعیت است که مدل منتج از روش AHP ضمن انتخاب مکان دفن زباله‌ها در منطقه قابل قبول، مناطق دیگری را نیز پیشنهاد می‌کند. اما با اجرای مدل WLC محدوده‌هایی با اندک اختلافی در شمال غرب شهر تبریز استخراج می‌شود، که بر پایه شواهد میدانی و مقایسه نتایج حاصله با واقعیت‌های موجود مطابقت می‌کند.

واژه‌های کلیدی

مکان‌یابی دفن زباله، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، GIS، MCDA، تبریز

۱- مقدمه

شهر فضایی پیچیده است که تمام اجزای آن به صورت سیستماتیک در ارتباط نزدیک با یکدیگر می‌باشند، به طوری که ایجاد اختلال در هر کدام از اجزای این مجموعه باعث ایجاد اشکال در کل سیستم می‌شود. زباله‌های شهری یکی از همین اجزای شهر می‌باشد که عدم توجه به آن می‌تواند چشم‌انداز واحد-های شهری را تحت تأثیر خود قرار دهد. از آنجا که توسعه روزافزون مناطق شهری و افزایش بی‌رویه جمعیت در آنها باعث تولید انواع زباله‌های شهری شده است، آنچه امروز تبدیل به یک دغدغه در محیط زیست شهری گردیده چگونگی دفع و معدوم‌سازی زباله‌های شهری است. باید توجه داشت که روش‌های مختلف دفع به عوامل و شاخص‌های زیادی بستگی دارد و روش‌های مختلفی از جمله: سوزاندن و تبدیل به کمپوست برای دفع زباله‌ها نیز پیشنهاد گردیده است. با این حال به نظر می‌رسد، هنوز هم در بسیاری از

¹ Geographic Information systems (GIS)

² Multi-criteria Decision Analysis (MCDA)

³ Analytic hierarchy Process (AHP)

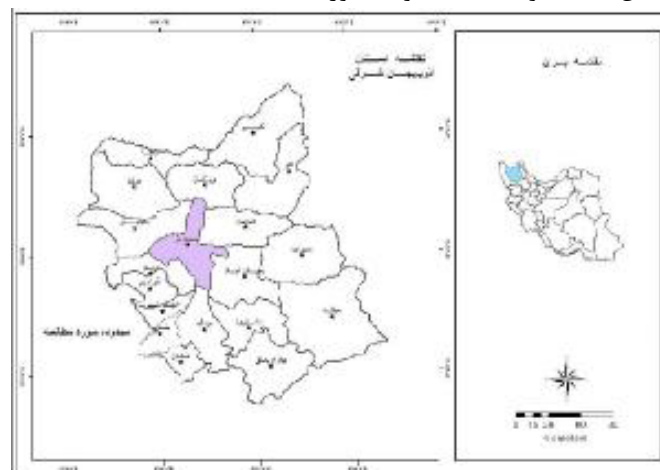
⁴ Weighted Linear Combination (WLC)

مناطق شهری بهترین روش دفع، دفن بهداشتی زباله باشد [۳]. در این زمینه لازم است که مطالعات وسیعی برای برنامه‌ریزی، طراحی و مکان‌یابی محل دفن زباله های شهری، باتوجه به فاکتورهای موثر در این راستا انجام گیرد. انتخاب فاکتورهای متعدد و در نتیجه تعدد لایه‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیران را بطور ناخودآگاه به سمت استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا، از نظر سرعت‌عمل و سهولت انجام عملیات نیز در حد بالایی قرار داشته باشد. به علت قابلیت بالای تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت و تحلیل لایه های توان از این سیستم برای مدیریت بهینه زباله‌های شهری بهره برد. شریفی و وانوستن^۵ با استفاده از آنالیز چندمعیاره مکانی و با استفاده از GIS اقدام به مکان‌یابی دفن پسماند در شهر سین-چینا^۶ واقع در کشور کلمبیا نمودند [۹]. آنها با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر شیب، زمین لغزش، نفوذپذیری خاک و فاصله از شهر، با استفاده از روش بولین و آنالیز چندمعیاره، به نتایج کاربردی قابل قبولی دست یافتند. همچنین هرزوغ^۷ در بیان معیارهای مکان‌یابی برای دفن زباله با توجه به اهمیت آبهای زیرزمینی در منطقه تحقیق به لایه آبهای زیرزمینی وزن بیشتری دادند [۱۰]. در ایران نیز تحقیقات متنوعی در زمینه مکان‌یابی ها به خصوص دفن زباله انجام گرفته است از جمله امینی، با روش‌های تحلیلی مختلف در GIS به مکان‌یابی محل دفن زباله در شهر "ساری" پرداخته است. وی در این تحقیق از دو روش بولین و فازی استفاده کرده است [۴]. شاه علی نیز، مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری "زنجان" را با روش فازی انجام داده است. وی با در نظر گرفتن پارامترهایی مانند شیب، شرایط زمین‌شناسی، آبهای سطحی، فاصله از شهر و فاصله، از جاده‌ها، تحلیل‌های موردنیاز را انجام داده است [۵].

۲- مواد و روشها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق شهرستان تبریز می باشد که ارتفاع متوسط آن ۱۴۳۰ متر از سطح دریامی باشد. جمعیت شهر تبریز بر اساس برآورد مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵ برابر ۱۳۹۸۰۶۰ نفر می باشد. شکل (۱) نشان‌دهنده موقعیت محدوده مورد مطالعه است.



شکل (۱) : محدوده مورد مطالعه

۲-۲- داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

برای انتخاب یک مکان مناسب به منظور دفن اصولی زباله‌های شهری، لایه‌های اطلاعاتی ذیل بایستی جمع‌آوری شده و وارد محیط GIS شوند: نقشه شیب منطقه: ابتدا نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۲۵۰۰۰

⁵ Sharifi and Vanweten

⁶ Cinchina

⁷ Hrzog

بازبینی و تصحیح قرار گرفتند و مدل رقومی ارتفاع^۸ و در نهایت نقشه شیب منطقه از آن بدست آمد، (نقشه خطوط ارتباطی) از تصاویر ماهواره و نقشه‌های توپوگرافی استخراج شدند، لایه سطح آب‌های زیرزمینی و فاصله از چاه، لایه آب‌های سطحی، لایه فاصله از مراکز شهری و فرودگاه و دیگر مناطق مهم حاشیه شهری، نقشه گسل‌ها (از روی نقشه‌های زمین‌شناسی استخراج شدند)، نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (تهیه شده از سازمان زمین‌شناسی، لایه معادن (که از سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی تهیه گردید)، نقشه کاربری اراضی تهیه شده از تصاویر اسپات^۹، نقشه فرسایش، نقشه خطوط انتقال نیرو و لایه مناطق حفاظت شد. در طی انجام این تحقیق از نرم‌افزار AutodeskMap برای تصحیح و آماده‌سازی لایه‌ها و از نرم‌افزارهای ArcGIS و Idrisi برای انجام تحلیل‌ها و مکان‌یابی نهایی استفاده شد.

۲-۳- مدل‌های ریاضی ترکیب لایه‌ها

مدل یک موضوع یا یک مفهوم است که برای نمایش پدیده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و در اصل مقیاس کوچکی از واقعیت است و بصورتی تبدیل شده است که قابل فهم برای ما باشد [۲]. یک مدل ممکن است دارای اهداف خاص مثل پیش‌بینی، پهنه بندی، مکان‌یابی و ... باشد. معمولاً هر چه عوامل بیشتری در ارائه یک مدل دخیل باشند دقت مدل بالاتر خواهد بود و همچنین بر پیچیدگی مدل هم افزوده خواهد شد. بهترین مدل، مدلی است که با کمترین تعداد عامل، بهترین نتیجه را ارائه نماید [۶]. در مکان‌یابی دفن زباله، لایه‌های زیادی را می‌توان دخیل کرد که ما برای جلوگیری از پیچیدگی زیاد مدل، به شانزده لایه بسنده کرده ایم. دو مدل بکار رفته در این تحقیق عبارتند از: مدل منطق فازی و مدل سلسله مراتبی.

۲-۴- فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی

اولین مرحله در روش AHP تجزیه نمودن مسأله تصمیم‌گیری به سلسله مراتب است که شامل مهمترین عناصر مسأله تصمیم‌گیری می‌باشد. در ایجاد یک سلسله مراتب، سطح بالا، هدف نهایی یک تصمیم‌گیر است. سپس سلسله مراتب از کلی به جزئی‌تر تا اینکه به سطحی از صفات برسد، پایین می‌آید. این سطحی است که در مقابل آن گزینه‌های تصمیم‌گیری پایین‌ترین سطح سلسله مراتب ارزیابی می‌شوند. هر سطح باید به سطح بالاتر قبلی متصل شود. بطور مثال یکی از ساختارهای سلسله‌مراتبی شامل چهار سطح است: هدف اصلی، اهداف، صفات و گزینه‌ها. گزینه‌ها در یک پایگاه داده GIS ارائه می‌شوند. هر لایه شامل مقادیر صفاتی که به گزینه‌ها تخصیص داده شده، و هر گزینه (مثلاً پلیگون) مرتبط با عناصر سطح بالایی (یعنی صفات) می‌باشد. مفهوم صفت، روش AHP را به روشهای GIS متصل می‌نماید [۱].

۲-۴-۱- مقایسه عناصر تصمیم‌گیری بصورت دو تایی

یک روش اساسی جهت آزمون روش AHP مقایسه‌های دوتایی می‌باشد. این روش از پیچیدگی مدل به طور قابل توجهی می‌کاهد، زیرا تنها دو مؤلفه در یک زمان بررسی می‌گردند. این روش در سه مرحله انجام می‌گردد:

الف) تهیه ماتریس مقایسه در هر سلسله مراتب، که از بالا آغاز شده و به پایین ادامه می‌یابد. (ب) محاسبه وزن‌های هر عنصر سلسله‌مراتب. (ج) تخمین نسبت توافق.

۲-۵- معیارهای مکان‌یابی و تعیین وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی

در این تحقیق از لایه‌های زمین‌شناسی، شیب، راه و راه‌آهن، کاربری اراضی، مناطق حفاظت شده، فرسایش، آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، گسل، خطوط انتقال نیرو، چاه‌ها، معدن، محدوده شهر، فرودگاه و

⁸ Digital Elevation Model (DEM)

⁹ SPOT

مناطق مسکونی استفاده شده است . وزن واحدها در هر لایه اطلاعاتی با استناد به منابع مختلف در مکان‌یابی و اعمال نظر کارشناسی به‌دست آمد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مساحت زمین موردنیاز جهت دفن زباله

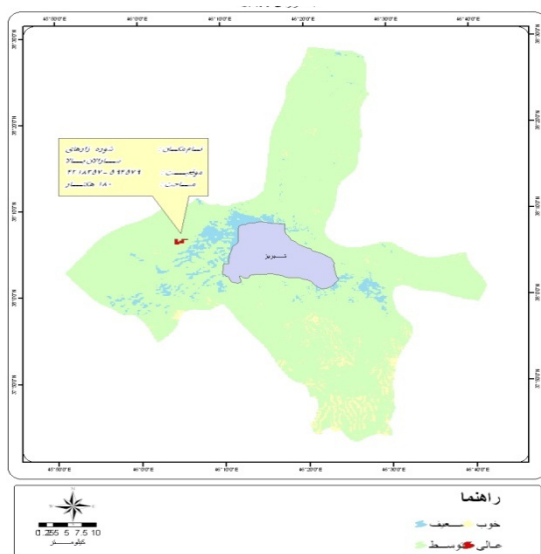
جهت محاسبه زمین مورد نیاز برای دفن باید به عواملی از جمله نرخ تولید زباله، جمعیت و دانسیته مواد فشرده در محل دفن توجه نمود . در این مسیر بررسی میزان رشد جمعیت و تولید سالانه زباله و همچنین ارتفاع و شکل محل دفن الزامی می باشد. با توجه به اینکه موازی با رشد جمعیت، میزان زباله تولیدی نیز افزایش می یابد، می توان نرخ رشد جمعیت را همان نرخ رشد تولید زباله در نظر گرفت [۴]. نرخ افزایش جمعیت در شهرستان تبریز با توجه به افزایش میزان مهاجرت در سالهای اخیر، برابر ۸٫۱ درصد می باشد . از طرف دیگر نرخ سالانه تولید زباله در شهر تبریز نیز برابر ۳۴۲۰۰۰ تن می باشد که با در نظر گرفتن استاندارد تر اکم زباله که برابر ۵۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است، حجم زباله تولیدی در این شهرستان در طی ۲۰ سال برابر ۱۶۳۰۰۰۰۰ متر مکعب خواهد بود . علاوه بر این باید به اندازه ۲۵٫۰ ظرفیت کل زباله ها به خاک پوششی اختصاص یابد که جمعاً به همراه زباله ها، ۲۰۳۷۵۰۰۰ تن حجم زباله ها و خاک پوشا ننده آنها خواهد شد. اگر محل دفن زباله ها دارای ارتفاع ۵ متر در زیر سطح زمین و ۱۰ متر در بالای سطح زمین باشد ما نیازمند حداقل ۱۳۵ هکتار زمین خواهیم بود .

۳-۲- تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و تعیین مکان‌های مناسب دفن زباله در هر مدل

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در هر مدل بدون در نظر گرفتن ارزش هر یک از لایه‌های اطلاعاتی و واحدها مربوط به آنها نمی تواند نتایج درستی را در بر داشته باشد . در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار موردنظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه می باشد. بدین معنی که هر ناحیه، با مقدار عضویت بالاتر از مطلوبیت بالاتری برخوردار است . در منطق فازی مسأله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه بندی می‌شود. عدد ۱ از بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از رنگها بین این دو عدد قرار می‌گیرند. علاوه بر مسأله انتخاب مقیاس جهت تهیه نقشه‌های فازی، بایستی نوع تابع فازی نیز مورد بررسی قرار داده و تابع مناسب‌تر را برای معیار مورد نظر برگزید. از جمله توابع مشهور می توان از تابع Sigmoidal، J-Shape و Linear را نام برد. توابع ذکر شده در نرم افزار IDRISI به صورت آماده وجود دارند و علاوه بر این توابع، کاربر می تواند با توجه به نیاز خود، تابع را تعریف کند . یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی تعیین حد آستانه می باشد که به آنها نقاط کنترل نیز گفته می شود . اما نکته‌ای که در انتخاب تابع باید به آن توجه نمود، نوع کاهشی یا افزایشی بودن آن می باشد. در اینجا منظور از کاهشی، حداقل‌شونده یا نزولی بودن تابع، و منظور از افزایشی، حداکثرشونده یا صعودی بودن تابع می‌باشد . به طور مثال در رابطه با عمق آبهای زیرزمینی، هر چه عمق بیشتر شود برای ما مناسب‌تر می باشد در نتیجه در اینجا از تابع افزایشی استفاده می کنیم که حاصل این تلفیق شکل شماره (۲) می باشد. در شکل شماره (۲)، مناطقی که با رنگ زرد نشان داده شده است مکان‌هایی هستند که توسط مدل فازی مناسب تشخیص داده شده اند و منطقه سهلان بالا با بازدید میدانی و در نظر گرفتن جمیع موارد از جمله، فاصله از شهر، مناسب تشخیص داده شد .

اما در روش AHP از روش مقایسه دوتایی استفاده می کنیم . جهت انجام این روش، ابتدا تک تک معیارهای مورد بررسی را مقایسه نموده و میزان اهمیت نسبی هر جفت نسبت با توجه به امتیاز بندی جدول (۱) بین یک تا ۹ اختصاص داده و در یک ماتریس وارد شد . پس از آن وزنها و نسبت توافق (CR) را محاسبه نموده، چنانچه این نسبت کمتر از ۰/۱ باشد، مقایسه‌های انجام شده را پذیرفته و وزن-های محاسبه شده ، استخراج می‌گردند . در صورتی که نسبت توافق ما از ۰/۱ بیشتر باشد، آنگاه با اعمال

تغییراتی در ماتریس مقایسه دوتایی آن را برای حد قابل قبول تنظیم می‌کنیم . عملیات محاسبه وزن‌ها و محاسبه نسبت توافق با توجه به ضعیف بودن نرم افزار ARC GIS ، در نرم افزار IDRISI انجام گرفت. چنانچه مقایسه‌های انجام شده قابل قبول باشند، نتیجه اعلام خواهد شد . شایان ذکر است نسبت CR در این تحقیق عدد ۰/۰۲ به دست آمد که نشان دهنده قابل قبول بودن نتیجه می‌باشد.

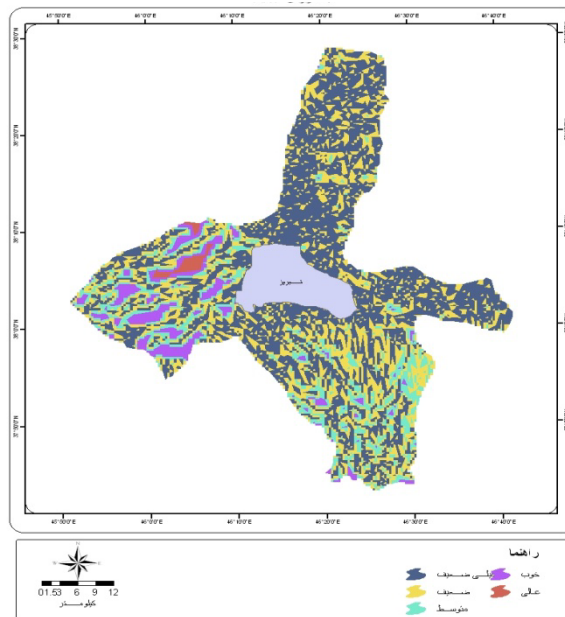


شکل (۲): نقشه حاصل از مکان یابی به روش فازی

جدول (۱): وزن دهی به معیارها با استفاده از AHP

	ف.آب سطح ی	کاربری	شیب	زمین شنا سی	ف.آ. زیر زمینی	ف. فرود گاه	ف حفاظت	ف. جاده	ف. چاه	ف. تبریز	ف.مراکز جمعیت	ف. گس ل	ف. انتقال نیرو	ف. معدن	فرسا یش	
ف.آب سطحی	۱															۰.۱۰۳
کاربری	۰.۳۳	۱														۰.۱۶۷
شیب	۰.۳۳	۰.۵	۱													۰.۱۸۳
زمین شناسی	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۱												۰.۳۲۱
ف.آزیر زمینی	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۱	۱											۰.۳۲۱
ف. فرودگاه	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱										۰.۳۲۱
ف. حفاظت	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱	۱									۰.۴۲۵
ف.جاده	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱	۱	۱								۰.۴۲۵
ف.چاه	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱	۱	۱	۱							۰.۴۲۵
ف. تبریز	۰.۱۴۲۹	۰.۲	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۱	۱						۰.۰۷۴۷
ف. مراکز جمعیت	۰.۱۴۲۹	۰.۲	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۰.۵	۱					۰.۰۷۴۷
ف. گسل	۰.۱۴۲۹	۰.۲	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۵	۰.۳۳	۰.۵	۱				۰.۱۰۶۲
ف.انتقال نیرو	۰.۱۴۲۹	۰.۲	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۳۳	۰.۲	۰.۳۳	۰.۳۳	۱	۱			۰.۱۰۶۲
ف.معدن	۰.۱۱	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲ ۹	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱		۰.۱۷۷۳
فرسایش	۰.۱۱	۰.۱۴۲۹	۰.۱۴۲ ۹	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۲	۰.۳۳	۰.۵	۰.۵	۱	۱	۰.۱۷۷۳

در شکل (۳) نقشه نهایی حاصل از مدل AHP آمده است .



شکل ۳: نقشه نهایی حاصل از مدل AHP

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به مطالعات انجام شده و نقشه‌های به‌دست آمده، مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی زباله دارای خصوصیات ذیل می‌باشند: فاصله آنها از شهر بیشتر از ۷/۵ کیلومتر و کمتر از ۳۲ کیلومتر است. جهت حفظ و رعایت بهداشت عمومی از چاه‌ها و آب‌های سطحی دارای فاصله مناسبی می‌باشند و سطح آب‌های زیرزمینی، زیاد بالا نمی‌باشد. دارای فاصله مناسبی از جاده‌ها، مناطق مسکونی، فرودگاه، گسل‌ها، خطوط انتقال نیرو و معدن می‌باشند و در مناطق محافظت شده، قرار نمی‌گیرند. از لحاظ فرسایش، زمین-شناسی و کاربری‌اراضی نیز دارای وضع مطلوبی جهت دفن زباله می‌باشند. یافته‌های این تحقیق، توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در الگوسازی و کمک به مکان‌یابی مکان‌های دفن زباله و ترکیب معیارهای مختلف بهداشتی، زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی در مدل‌های مختلف را نشان داد. با توجه به طیف وسیع کلاس‌بندی، که در روش‌های AHP و فازی استفاده می‌گردد، قدرت تصمیم‌گیری تصمیم‌گیران بالاتر برده و می‌توان با نتایج حاصل شده در جهت کاهش هزینه‌ها اعم از هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی، اقدامات مناسبی را اعمال نمود.

مراجع

- [۱] پرهیزکار، اکبر ، عطا غفاری گیلانده، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، انتشارات سمت، تهران، ۱۳۸۵
- [۲] لی، زیلین و همکاران، مدل‌سازی رقومی زمین، ترجمه عزیزی، حسین، حاجی میررحیمی، سید محمود، ویرایش اول، قم، نشر ماه . حرا، اسفند ۱۳۸۵
- [۳] عبدلی، محمد علی، مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در ایران، سازمان شهرداریهای کشور، ۱۳۷۹
- [۴] امینی، موسی، مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در محیط GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز، صفحه ۱۳۸۵، ۷۰
- [۵] شاه‌علی، حسین ، مکان‌یابی محل دفن زباله های شهرزنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۵
- [۶] آل‌شیخ، علی اصغر، کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه های پخش سیلاب، مجله تحقیقات جغرافیایی، مقاله شماره ۵۵۱ ، ۱۳۸۰
- [۷] شریعتمداری، نادر، مراحل طراحی و اجرای مدفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری، مجموعه مقالات همایش دفن مهندسی جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۹
- [۸] قرمز چشمه، باقر، تعیین شاخص های مورد نیاز در مکان‌یابی پخش سیلاب، مجموعه مقالات دومین همایش سراسری دستاوردهای طرح آبخوان‌داری، صفحه ۳۹-۵۰، ۱۳۷۹
- [9] Sharifi, M.A., Vanwesten . C . J., Site selection for Wasted is Posal through Spatial Multiple Criteria Decision Making, ITC, 1997 .
- [10] Herzog, M.T. , Suitability Analysis Decision, WWW.Esri.Com/Support System for Landfill Siting /library /User conf, 1996.