

مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و تحلیل پوششی داده‌ها (مطالعه موردی: استان البرز)

مظاهر معین الدینی^۱، محمدحسین طحاری مهرجردی^۲، نعمت‌ا... خراسانی^۳، افشین دانه کار^۴، علی اصغر درویش صفت^۴، فاطمه شاکری^۵
نویسنده مسئول: یزد، بلوار دانشجو، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی یزد fatemahshakeri@yahoo.com

پذیرش: ۹۰/۰۵/۱۸

دریافت: ۹۰/۰۳/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: محل دفن مواد زاید می‌تواند به‌طور بالقوه بروی محیط اطراف اثرات منفی و زیان‌بار زیادی در ابعاد سلامتی جامعه، اقتصادی و محیط زیستی داشته باشد. بنابراین ارزیابی گسترده‌ای برای استقرار محل دفن مورد نیاز است تا بهترین مکان دفن شناسایی شود. هدف از این پژوهش مکان یابی دفن مواد زاید جامد مرکز استان البرز می‌باشد.

روش بررسی: در این مقاله، مناطق مناسب برای دفن مواد زاید جامد شهری برای یک دوره ۲۰ ساله، با به کار بردن معیارهای مکان یابی محل دفن و با استفاده از روش‌های ترکیبی خطی وزنی و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دست آمدند. برای اولویت‌بندی مکان‌های مناسب جهت استقرار محل دفن، ابتدا با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)، اوزان هر یک از گزینه‌های دفن نسبت به هر یک از معیارهای دفن به دست آمد. در مرحله بعد با به کارگیری تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و با استفاده از این اوزان، رتبه‌بندی کامل از گزینه‌ها انجام گردید.

یافته‌ها: نتایج ارزیابی نشان دادند که از بین ۵ گزینه، گزینه ۱ به‌عنوان ارجح‌ترین گزینه جهت استقرار محل دفن می‌باشد.
نتیجه‌گیری: رویکرد مورد استفاده در این مقاله (روش ترکیبی مدل سلسله مراتبی فازی و تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها) بنا به عدم نقض رتبه‌های گزینه‌ها در زمان حذف یا اضافه کردن گزینه، روشی مناسب برای مکان یابی در حوزه‌های دیگر قابل استفاده است.
واژگان کلیدی: مکان یابی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل پوششی داده‌ها، استان البرز، محل دفن

- ۱- دانشجوی دکترای محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس
- ۲- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، آموزش عالی جهاد دانشگاهی یزد
- ۳- دکترای محیط زیست، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ۴- دکترای جنگلداری، دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
- ۵- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، آموزش عالی جهاد دانشگاهی یزد

مقدمه

امروزه به علت افزایش روز افزون جمعیت شهری، افزایش مصرف مواد و به تبع آن تولید پسماند و بسیاری دیگر از مناسبات زندگی پیشرفته و ماشینی، دفع و نابودسازی مواد زاید به صورت یکی از دغدغه های اساسی در مدیریت محیط زیست تبدیل شده است (۲۷). افزایش روزمره تولید مواد زاید شهری یکی از مهم ترین عوامل تهدیدکننده سلامت و محیط زیست جهانی می باشد (۴۱). در حال حاضر دفن مواد زاید شهری عمده ترین روش دفع در بسیاری از کشورها و از جمله ایران است (۲). عملیات اجرایی دفن مواد زاید جامد به عنوان یک روش رایج، برای دفع مواد زاید جامد تولید شده به وسیله جوامع مختلف در طول سالیان گذشته مورد استفاده قرار گرفته است (۲۴). در حقیقت محل دفن می تواند به طور بالقوه بروی محیط اطرافش اثرات منفی و زیان بار زیادی داشته باشد. این اثرات زیان بار می تواند در ابعاد سلامتی جامعه، اقتصادی و محیط زیستی بروز نماید به همین خاطر ایجاد تاسیساتی مانند محل دفن یک کار دشوار بوده و استقرار آن نیز با مخالفت های عمومی روبه رو می شود (۳۶). بنابراین ارزیابی گسترده ای برای استقرار محل دفن نیاز می باشد تا بهترین مکان دفن شناسایی شود. در انتخاب محل دفن بایستی الزامات و قوانین دولتی رعایت شده و هم زمان اثرات منفی اجتماعی، سلامتی، اقتصادی و محیط زیستی حداقل باشند (۴۲). فرایند مکان یابی محل دفن بایستی در برگیرنده اطلاعات کاملی از سرزمین باشد تا اطمینان حاصل شود که استقرار آن به خوبی صورت گرفته است. از سوی دیگر نحوه به کار بردن این اطلاعات و نحوه تصمیم گیری در انتخاب آن، موضوع مهم و دارای اهمیت فراوانی است (۲۵). در گذشته برای مکان یابی محل دفن از روش های مختلفی استفاده شده، که ضمن معرفی روش مناسب برای مکان یابی محل دفن، به بررسی معیارهای مناسب به منظور انتخاب مکان مناسب پرداخته اند. بسیجی (۱۳۷۶)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود به بررسی وضع موجود مدیریت مواد زاید جامد در ایران و طراحی الگوهای دفن و بازیافت پرداخته

است. حیدرزاده (۱۳۷۹)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای شهر تهران را گزارش نموده است. فرهودی و همکاران (۱۳۸۴)، به بررسی مکان یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری شهر سنندج با استفاده از منطق فازی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته اند. قیاسی (۱۳۸۵)، در پایان نامه کارشناسی ارشد خود مکان یابی محل های مناسب دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک با استفاده از GIS را ارائه نموده است. غلامعلی فرد (۱۳۸۵)، به ارائه مدل مکانی- زمانی ارزیابی عرضه و تقاضا زمین برای محل های دفن مواد زاید جامد شهر گرگان با استفاده از مدل سازی دینامیک شهری در محیط GIS پرداخته است. پوراحمد و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی که به منظور مکان یابی محل دفن زباله شهر بابلسر انجام داده اند با استفاده از داده هایی چون فاصله از محدوده قانونی شهر، فاصله از جاده، توانایی اراضی، فاصله از عوارض مصنوع (روستا، تاسیسات و تجهیزات شهری، معادن) فاصله از گسل های منطقه، فاصله از آب های سطحی منطقه، جهت باد، خاک شناسی، هیپستومتریک (طبقات ارتفاعی)، پوشش گیاهی، زمین شناسی و از طریق مدل های مختلف تلفیق اطلاعات و نقشه ها که بر اساس مدل منطق فازی (Fuzzy Logic) ترکیب شده اند، مکان های مناسب برای دفن بهداشتی مواد زاید مکان گزینی و در نقشه های مختلف ارائه کردند. در پژوهشی که توسط فتائی و آل شیخ (۱۳۸۸) برای مکان یابی دفن مواد زاید شهری در شهر گیوی صورت گرفته است از دو تکنیک GIS و AHP بدین منظور استفاده شده است. در این مطالعه معیارها و ضوابط انتخاب مکان های مناسب برای دفن بهداشتی مانند زمین شناسی، راه های دسترسی، وضعیت لرزه خیزی منطقه، و ... شناسایی گردیدند. با انجام بازدیدهای میدانی از میان مکان های مناسب، چهار مکان برای مقایسه و ارزیابی از طریق فرایند تحلیل سلسله مراتبی مشخص شدند که نهایتاً با انجام مطالعات دقیق تر بر روی مکان های انتخاب شده و اعمال وزن هایی مناسب به هر یک از مکان ها و با استفاده

در نتیجه، ضرورت مکان یابی و استقرار محل دفن بهداشتی پسماندهای شهر کرج یک امر بدیهی به نظر می آید. هدف از این پژوهش ارائه یک رویکرد ترکیبی فرایند سلسله مراتبی فازی (FAHP) و تحلیل پوششی داده ها (DEA) برای مکان یابی مواد زاید جامع شهری در مرکز استان البرز می باشد. بنابراین در ادامه به توضیح مختصری از این تکنیک ها اشاره می شود.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به عنوان یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره توسط ساعتی ارائه شده است. برای اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی باید ماتریس مقایسات زوجی معیارها و زیر معیارها تهیه گردد و در اختیار کارشناسان متخصص موضوع تحقیق قرار گیرد تا افراد اهمیت نسبی معیارها را دو به دو با هم مقایسه کنند.

$$A = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \dots & w_n \\ \frac{w_1}{w_2} & 1 & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

ماتریس A محتوی وزن نسبی معیار؛ که w_i اهمیت وزنی زیر معیار i ام را نسبت به معیار و الی آخر را نشان می دهد. بنابراین بردار مجموع وزنی با استفاده از رابطه زیر به دست می آید:

$$AW = \lambda_{max} W$$

اگر عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار وزن های نسبی تقسیم شوند و بردار ناسازگاری به دست خواهد آمد. جداول تکمیل شده توسط افراد از لحاظ نرخ سازگاری بررسی می گردند و در نهایت نظرات افراد با یکدیگر تلفیق شده یک رتبه بندی نهایی از معیارها به دست خواهد آمد (۳۷، ۳۴، ۲۹ و ۳۸).

در این مقاله روش وزندهی فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) چنگ به دلیل داشتن مراحل ساده تر نسبت به

از تلفیق منطق بولین و فرایند تحلیل سلسله مراتبی دو محل دفن نهایی با ترتیب اولویت بندی برای دفن زباله های شهر گیوی تعیین گردید. در بررسی که توسط پناهنده و دیگران (۱۳۸۸) برای مکان یابی جایگاه دفن پسماند شهرستان سمنان صورت گرفته، دو ابزار GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا نخست از هر یک از فاکتورهای موثر اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی نقشه سازی به عمل آمد و در مرحله بعد هر یک از لایه های تهیه شده رتبه بندی گردید. کائو و لین (۱۹۹۶)، یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح برای مکان یابی محل دفن زباله طراحی کردند. چارن پرادب و همکاران (۱۹۹۷)، از تئوری مجموعه های فازی و GIS برای غربال سازی مکان های دفن زباله در تایلند استفاده کردند. واستاوا و ناسوات (۲۰۰۳) در پژوهشی تحت عنوان مکان یابی محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی با استفاده از ابزارهای RS و GIS و با در نظر گرفتن معیارهایی چون زمین شناسی، گسل ها، شیب زمین، نوع سنگ مادر، خاک، آب های سطحی و عمق آب های زیرزمینی و... پنج محل مجزا در اندازه های مختلف را جهت دفن مواد زاید جامد این شهر انتخاب نمودند. آل جاره و ابوکودایس (۲۰۰۶)، یک سیستم هوشمند بر اساس مجموعه های فازی برای مکان یابی دفن زباله ارائه کردند. اونوت و سونر (۲۰۰۸)، یک رویکرد ترکیبی AHP و TOPSIS برای مکان یابی دفن زباله در شهر استانبول ترکیه ارائه کردند. در پژوهش آن ها از تکنیک AHP به منظور محاسبه وزن شاخص ها و از تکنیک TOPSIS برای رتبه بندی سایت های انتخابی استفاده شده است. در این زمینه، منابع بیشتر (۳۳، ۲۸، ۲۶، ۲۲، ۲۰، ۱۸، ۱۲ و ۳۵) برای خوانندگان محترم با هدف آشنایی بیشتر معرفی می شود.

با توجه به این که محل دفن فعلی پسماندهای شهری مرکز استان البرز یعنی شهرستان کرج در منطقه حلقه دره واقع شده و آمار تولید پسماند (۱۲۰۰ تن در روز) نشان می دهد که این مکان به زودی، ظرفیت پذیرش پسماندها را با توجه به طرح های مدیریتی حال حاضر شهر از دست خواهد داد.

نسبت ستاده‌ها به نهاده‌ها تعریف و عملیاتی می‌کند. در صورتی که n واحد تصمیم گیرنده وجود داشته باشد که هر یک m نهاده و s ستاده مشابه دارند کارایی نسبی واحد تصمیم گیرنده j (DMUj) به صورت مدل ریاضی ذیل تعریف می‌شود:

$$\text{Max } z = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, 1, \dots, n$$

st:

$$u_r \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

که در آن؛ x_{ij} = میزان نهاده i ام برای واحد j ام، y_{ij} = میزان ستاده r ام برای واحد j ام، u_r = وزن داده شده به ستاده r ام و v_i = وزن داده شده به نهاده i ام می‌باشد. با خارج نمودن مدل ریاضی فوق از فضای کسری می‌توان به مدل‌های خطی از تحلیل پوششی داده‌ها دست یافت (۳۰ و ۴۵).

مواد و روش‌ها

حوزه بررسی مرکز استان البرز با مساحت حدود ۲۲۵۵ کیلومتر مربع و با جمعیت حدود ۱۷۳۲۲۷۵ نفر طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ است (۱۴). محل دفن فعلی پسماندهای شهری کرج در منطقه حلقه دره واقع شده و آمار تولید پسماند (۱۲۰۰ تن در روز) نشان می‌دهد که این مکان به زودی، ظرفیت پذیرش پسماندها را با توجه به سناریوهای مدیریتی در حال حاضر شهر ندارد و در نتیجه، ضرورت مکان یابی و استقرار محل دفن بهداشتی پسماندهای شهر کرج یک امر بدیهی به نظر می‌آید. ولی از سوی دیگر در مطالعات بسیاری به کمیابی زمین برای توسعه آینده محل‌های دفن اشاره شده و بیان نموده اند که دفن پسماندها راه حل موقتی بوده و بایستی در آینده از راه کارهای متنوع مدیریت پسماند (بازیافت، کمپوست، استفاده مجدد و ...) استفاده نمود. با توجه به مرور منابع و پیشینه مطالعات (۵، ۴، ۷)، شعاع ۴۰ کیلومتری از مرکز

سایر روش‌های فازی AHP استفاده شده است.

دو عدد مثلثی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ در نظر گرفته می‌شود و عملگرهای ریاضی آنها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \times M_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad , \quad m_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2} \right)$$

مقدار S_k که خود یک عدد مثلثی است به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_K = \sum_{j=1}^n M_{KL} \times \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]$$

که k بیان‌گر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند. درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1, m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases}$$

هم چنین:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد مثلثی فازی دیگر:

$$V(M_1 \geq M_2, \dots, M_k) = V(M_1 \geq M_2), \dots, V(M_1 \geq M_k)$$

برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه‌ی زوجی به صورت زیر عمل می‌شود:

$$W^F(x_i) = \text{Min}\{V(S_i \geq S_k)\}, \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به صورت زیر خواهد بود (۱۵، ۱۱، ۴۴).

$$W = [W(c_1), W(c_2), \dots, W(c_n)]^T$$

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها، شیوه مدل‌سازی ریاضی است که کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده همگن را بر اساس

وزن های به دست آمده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، به عنوان خروجی مدل تحلیل پوششی داده ها و یک ورودی ثابت برای تمام مکان ها، میزان کارایی و اولویت مکان i ام برای دفن مواد زاید شهری به دست آمد.

در این جا یک مدل از تحلیل پوششی داده ها برای ادغام نتایج مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی معرفی می گردد. فرض می شود در مدل سلسله مراتبی، n گزینه مناسب برای انتخاب شدن و همچنین m شاخص برای ارزیابی گزینه ها در اختیار هست. همچنین w_{ij} به عنوان وزن گزینه i ام نسبت به معیار j ام که از مدل سلسله مراتبی به دست آمده است در نظر گرفته می شود. برای محاسبه نمره کارایی مناطق انتخابی، برای هر منطقه مدل تحلیل پوششی داده ها طراحی می شود. همچنین هر یک از گزینه ها به عنوان یک واحد تصمیم گیری (DMU) و اوزان به دست آمده از AHP به عنوان خروجی j ام گزینه i ام در نظر گرفته می شود. با توجه به اینکه در هر یک از مدل ها، m شاخص خروجی وجود دارد. بنابراین برای مقایسه گزینه ها برای هر یک از گزینه ها یک مقدار ثابت مشابه مشخص می شود. جدول ۶، خروجی ها و ورودی تکنیک تحلیل پوششی داده ها را نشان می دهد.

یافته ها

نتیجه اولین مرحله انجام این پژوهش (شناسایی معیارها و زیر معیارهای موثر بر مکان یابی) در ساختار سلسله مراتبی در قالب شکل ۱ خلاصه شده است. با تشکیل ماتریس مقایسه ها زوجی و اعمال قضاوت های گروهی با استفاده از جداول ۲ و ۳ به ترتیب وزن نسبی زیرمعیارها، گزینه ها نسبت به زیر معیارها و گزینه ها نسبت به معیارهای اصلی به دست آمده که در جدول های ۱ و ۴ و ۵ ارائه شده اند.

تولید مواد زاید جامد (مرکز استان) محدود به مرز شهرستان کرج به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد که مساحت آن برابر با ۱۳۶۱ کیلومتر مربع می باشد. با تعیین معیارهای مکان یابی محل دفن با توجه به مرور منابع گسترده (۷، ۵، ۲، ۱-۳۶، ۱۷، ۱۶، ۱۳، ۱۱، ۴۰) نقشه های معیارها در محدوده مورد مطالعه تهیه شد. معیارها و زیرمعیارها نسبت به هدف مورد مطالعه در ساختار سلسله مراتبی قرار گرفتند (شکل ۱). برای هم واحد نمودن معیارهای کمی و هم چنین برای تهیه نقشه از معیارهای کیفی از استانداردسازی فازی در دامنه عددی ۰-۲۵۵ استفاده شد. به این معنا که عدد ۰ دارای کمترین شایستگی و ۲۵۵ دارای بیشترین شایستگی برای استقرار محل دفن را دارد. جدول ۱ نوع توابع عضویت فازی به کار رفته برای استانداردسازی فازی هر معیار و زیر معیار را بیان می کند. با کاربرد روش مقایسه زوجی و استفاده از روش تجزیه و تحلیل توسعه ای چنگ (۱۹۹۶) و جدول ۲ وزن نسبی معیارها نسبت به هدف، زیرمعیارها نسبت به معیار به دست آمد (۱۵). در این بررسی از روش ترکیب خطی وزنی (WLC)، نقشه شایستگی و تحلیل خوش های برای تعیین گزینه های مناسب دفع مواد زاید جامد شهری کرج استفاده شده است (۶). در مرحله بعدی درصد شایستگی هر گزینه به صورت میانگین مقدار معیار یا زیر معیار استاندارد شده، در سطح گزینه ها استخراج گردید (جدول ۳). از جدول ۲ و ۳ برای انجام مقایسه زوجی گزینه ها نسبت به معیارها و زیر معیارها، استفاده شده و در نهایت وزن گزینه ها نسبت به معیارها و زیر معیارها با استفاده از روش تجزیه و تحلیل توسعه ای چنگ (۱۹۹۶) به دست آمد (۱۵). وزن گزینه ها نسبت به معیارها و زیر معیارها در جدول ۴ ارائه شده است. با ادغام اوزان به دست آمده از زیر معیارها در ابعاد اصلی، اوزان معیارهای اصلی برای مکان ها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۱: وزن نسبی معیارها، زیرمعیارها به همراه شکل تابع عضویت و نوع تابع عضویت فازی

معیار اصلی	زیر معیارها	وزن معیار	شکل تابع عضویت فازی	نوع تابع عضویت	
فاصله و حریم ها (۰/۲۳۳)	فاصله از فرودگاه (متر)	۰/۱۰۴۶	M.I	S	
	فاصله از قنات، چاه و چشمه (متر)	۰/۰۸۸۹	M.I	S	
	فاصله از سطح آب‌های زیرزمینی (متر)	۰/۱۲۴۳	M.I	S	
	فاصله از جاده‌ها (متر)	۰/۱۰۳۵	S.M S.M S.M	S	
	• فاصله از راه آهن و بزرگراه				
	• فاصله از جاده های اصلی درجه ۱				
	• فاصله از جاده های روستایی و مالرو	فاصله از سکونت‌گاه‌ها (کیلومتر)	۰/۱۲۷۰	S.M M.I	S S
	• فاصله از مرکز تولید	فاصله از مراکز تاریخی و گردشگری (متر)	۰/۱۱۱۵	M.I	S
	• فاصله از مناطق روستایی	فاصله از خطوط انتقال نیرو (متر)	۰/۰۲۸	S.M	U.D
	• فاصله از گسل (متر)	فاصله از مناطق صنعتی (متر)	۰/۰۶۹	M.I	S
• گسل اصلی	• گسل فرعی	۰/۱۱۵۲	S.M S.M	S	
ویژگی های فیزیکی سرزمین (۰/۱۹۷)	دما (سانتی گراد)	۰/۰۸۵۰	M.I	U.D	
	بارندگی (میلی متر)	۰/۱۴۳۷	M.I	S	
	عمق خاک (متر)	۰/۱۶۷۶	M.I	S	
	شیب زمین (درصد)	۰/۱۶۱۳	M.D	S	
	جهت و شدت باد	۰/۱۴۷۷	M.D	U.D	
	نفوذپذیری خاک	۰/۱۶۷۶	M.I	U.D	
	سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله	۰/۱۲۷۱	M.I	S	
	قابلیت دید از جاده‌ها	۰/۵۰۰۰	M.I	U.D	
قابلیت دید (۰/۱۳۸)	قابلیت دید از سکونت‌گاه‌ها	۰/۵۰۰۰	M.I	U.D	
	زیستگاه‌های حساس (۰/۲۲۱)	۰/۲۲۱۰	M.I	S	
	کاربری اراضی (۰/۲۱۱)	۰/۲۱۱۰	M.I	U.D	

تابع یکنواخت افزایشی (M.I (Monotonically Increasing)، تابع یکنواخت کاهشی (M.D (Monotonically Decreasing)، تابع متقارن S (Symmetric)، تابع سیگموئید S، تابع تعریف شده U.D

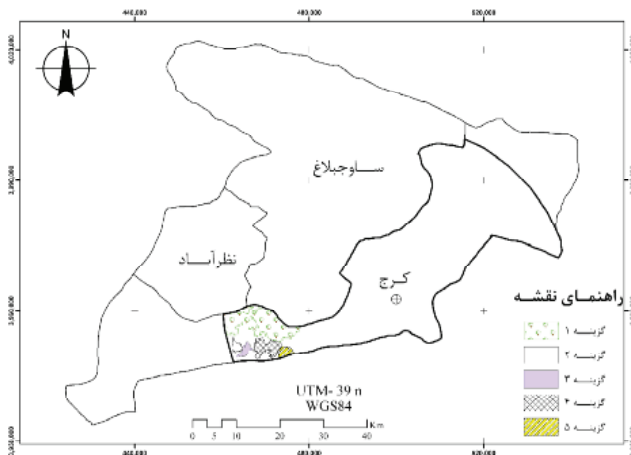
جدول ۲: اعداد فازی متناظر با ارجحیت و اهمیت در مقایسات زوجی

اعداد فازی مثلثی	عبارت زبانی برای تعیین ارجحیت گزینه یا اهمیت معیار و زیر معیار
$(\frac{5}{2}, 3, \frac{7}{2})$	ارجحیت یا اهمیت کامل و مطلق
$(2, \frac{5}{2}, 3)$	ارجحیت یا اهمیت خیلی قوی تر
$(\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2})$	ارجحیت یا اهمیت قوی تر
$(1, \frac{3}{2}, 2)$	ارجحیت یا اهمیت کم
$(\frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2})$	ارجحیت یا اهمیت تقریباً برابر
$(1, 1, 1)$	ارجحیت یا اهمیت دقیقاً برابر

جدول ۳: درصد شایستگی هر گزینه به صورت میانگین مقدار معیار یا زیر معیار استاندارد شده، در سطح گزینه ها

معیار	زیر معیار	گزینه ها				
		۵	۴	۳	۲	۱
ویژگی های فیزیکی سرزمین	دما	۸۵	۸۶	۸۳	۸۵	۹۱
	بارندگی	۷۱	۷۳	۶۷	۷۱	۸۳
	شدت و جهت باد	۷۰	۶۲	۶۳	۵۸	۳۲
	سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۷۵
	نفوذپذیری خاک	۳۷	۵۱	۴۳	۵۳	۸۳
	عمق خاک	۶۳	۷۷	۷۰	۷۹	۹۱
	شیب زمین	۶۵	۸۷	۷۹	۹۶	۹۸
قابلیت دید	قابلیت دید از راه ها و راه آهن	۷۸	۹۰	۸۵	۶۹	۹۱
	قابلیت دید از مناطق مسکونی	۹۸	۹۵	۸۳	۸۹	۹۴
فاصله و موانع	فاصله از فرودگاه	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	فاصله از قنات، چشمه و چاه	۷۰	۴۶	۸۱	۴۹	۹۸
	فاصله از راه ها و راه آهن	۷۷	۶۵	۹۶	۸۲	۴۹
	فاصله از سکونتگاه ها	۶۰	۵۶	۵۳	۴۹	۶۴
	فاصله از گسل	۸۷	۸۵	۹۱	۱۰۰	۹۶
	فاصله از صنایع	۱۰۰	۹۷	۷۳	۹۸	۹۹
	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۹۷	۹۳	۹۸	۹۳	۹۸
	فاصله از مراکز تاریخی و گردشگری	۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۹۹	۹۹
	فاصله از منابع آب های سطحی	۲۵	۲۳	۲۰	۳۴	۶۴
	فاصله از سطح آب های زیر زمینی	۱۰۰	۸۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۱
	زیستگاه های حساس	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
کاربری اراضی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷	۹۷	

نتایج استفاده از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) و تحلیل خوشه ای به صورت ۵ گزینه ی مناسب دفن مواد زاید جامد در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: گزینه های مناسب جهت استقرار محل دفن

جدول ۴: اوزان نسبی محاسبه شده گزینه ها نسبت به زیر معیارها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

معیار	زیر معیار	گزینه ها				
		۵	۴	۳	۲	۱
بازیابی بازسازی سرزمین	دما	۰/۱۶۴۴	۰/۱۶۴۴	۰/۰۴۹۶	۰/۲۱۸۸	۰/۴۰۲۸
	بارندگی	۰/۱۶۴۴	۰/۱۶۴۴	۰/۰۴۹۶	۰/۲۱۸۸	۰/۴۰۲۸
	شدت و جهت باد	۰/۳۳۲۳	۰/۲۲۹۵	۰/۲۷۲۳	۰/۱۶۵۹	۰
	سیل خیزی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰
	نفوذپذیری خاک	۰	۰	۰	۰/۱۸۹۰	۰/۸۱۱
	عمق خاک	۰	۰/۱۷۳۳	۰	۰/۰۶۰۲	۰/۷۶۶۵
	شیب زمین	۰	۰/۱۷۶۰	۰	۰/۴۱۲۰	۰/۴۱۳
قابلیت	قابلیت دید از راه ها و راه آهن	۰/۰۳۲۲	۰/۳۳۵۵	۰/۱۹۰۲	۰	۰/۴۴۳۱
	قابلیت دید از مناطق مسکونی	۰/۴۱۹۶	۰/۳۰۲۳	۰	۰/۰۴۷۳	۰/۳۳۰۸
فاصله و حریم ها	فاصله از فرودگاه	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
	فاصله از قنات، چشمه و چاه	۰/۰۶۸۶	۰	۰/۳۶۶۵	۰	۰/۵۶۴۹
	فاصله از راه ها و راه آهن	۰/۱۶۰۳	۰	۰/۵۶۰۷	۰/۲۷۹	۰
	فاصله از سکونتگاه ها	۰/۲۰۵۴	۰/۲۰۵۴	۰/۱۱۰۳	۰	۰/۴۷۸۹
	فاصله از غسل	۰	۰	۰/۰۳۴۳	۰/۶۳۳۸	۰/۳۳۱۹
	فاصله از صنایع	۰/۲۳۰۲	۰/۲۳۰۲	۰/۲۳۰۲	۰	۰/۳۰۹۴
	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۰/۱۱۳۱	۰/۱۱۳۱	۰/۳۳۰۴	۰/۱۱۳۰	۰/۳۳۰۴
	فاصله از مراکز تاریخی و گردشگری	۰/۲۴۳۴	۰/۲۴۳۴	۰/۰۲۶۴	۰/۲۴۳۴	۰/۲۴۳۴
	فاصله از منابع آب های سطحی	۰	۰	۰	۰/۳۳۹۳	۰/۶۶۰۷
	فاصله از سطح آب های زیر زمینی	۰/۳۳۳۴	۰	۰/۳۳۳۳	۰/۳۳۳۳	۰
زیستگاه های حساس	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	
کاربری اراضی	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰	

جدول 5: اوزان به دست آمده از معیارهای اصلی برای گزینه های مناسب محل دفن با استفاده FAHP

گزینه	کاربری اراضی	زیستگاه های حساس	فاصله ها و حریم ها	قابلیت دید	ویژگی های فیزیکی سرزمین
A ₁	۰	۰/۲	۰/۳۱۲۵	۰/۳۳۶۴	۰/۴۲۲۹
A ₂	۰/۳	۰/۲	۰/۲۵۳۸	۰/۰۲۳۶	۰/۲۱۴۵
A ₃	۰/۲۲	۰/۲	۰/۱۸۲۲	۰/۰۹۵۱	۰/۰۸۳
A ₄	۰/۲۴	۰/۲	۰/۰۹۳۱	۰/۳۱۸۹	۰/۱۶۱۱
A ₅	۰/۲۶	۰/۲	۰/۱۵۷۳	۰/۲۲۵۹	۰/۱۱۸۹

جدول 6: ورودی و خروجی مدل تحلیل پوششی داده ها

ورودی ثابت	O ₅	O ₄	O ₃	O ₂	O ₁	DMU ₅
۱	۰	۰/۲	۰/۳۱۲۵	۰/۳۳۶۴	۰/۴۲۲۹	DMU ₁
۱	۰/۳	۰/۲	۰/۲۵۳۸	۰/۰۲۳۶	۰/۲۱۴۵	DMU ₂
۱	۰/۲۲	۰/۲	۰/۱۸۲۲	۰/۰۹۵۱	۰/۰۸۳	DMU ₃
۱	۰/۲۴	۰/۲	۰/۰۹۳۱	۰/۳۱۸۹	۰/۱۶۱۱	DMU ₄
۱	۰/۲۶	۰/۲	۰/۱۵۷۳	۰/۲۲۵۹	۰/۱۱۸۹	DMU ₅

مدل های طراحی شده تحلیل پوششی داده ها برای ۵ منطقه در قسمت زیر آورده شده است. برای حل کردن مدل ابتدا مقدار

$$\text{Max } z = \varepsilon$$

st:

$$0.4229u_1 + 0.3364u_2 + 0.3125u_3 + 0.2u_4 + 0u_5 - 1 \leq 0$$

$$0.2145u_1 + 0.0236u_2 + 0.2538u_3 + 0.2u_4 + 0.30u_5 - 1 \leq 0$$

$$0.0834u_1 + 0.0951u_2 + 0.1822u_3 + 0.2u_4 + 0.22u_5 - 1 \leq 0$$

$$0.1611u_1 + 0.3189u_2 + 0.0931u_3 + 0.2u_4 + 0.24u_5 - 1 \leq 0$$

$$0.1189u_1 + 0.2259u_2 + 0.1573u_3 + 0.2u_4 + 0.26u_5 - 1 \leq 0$$

$$u_j - \varepsilon \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, 4, 5$$

اول و دوم دارای کارایی برابر یعنی ۱ و مناسب ترین مکان برای دفع مواد زاید هستند. برای رتبه بندی واحدهای کارا از روش اندرسون و پیترسون استفاده شده است (جدول ۷).

بعد از محاسبه ε که مقدار آن برابر با ۰/۷۸۶۲ شد آن را وارد پنجم مدل تحلیل پوششی داده ها کرده و مقدار کارایی مکان های دفن زباله به دست می آید. نتایج نمرات کارایی هر مکان محاسبه شده (جدول ۷) حاکی از آن است که مکان های

جدول ۷: اولویت بندی گزینه های مناسب برای محل دفن بهداشتی مواد زاید جامد شهری

گزینه	مساحت (هکتار)	کارایی	اندرسون و پیترسون	رتبه بندی گزینه ها
A ₁	۷۳۸۳	۱	۱/۴۷	۱
A ₂	۴۷۳	۱	۱/۰۳	۲
A ₃	۵۱۴	۰/۷۷۵۳	-	۵
A ₄	۱۸۴۱	۰/۹۷۲۷	-	۳
A ₅	۶۵۶	۰/۹۴۷۲	-	۴

جدول ۸: مقایسه نتایج مدل ترکیبی با فرآیند تحلیل سلسه مراتبی

گزینه	مساحت (هکتار)	FAHP		FAHP/DEA	
		رتبه	وزن	رتبه	وزن
A ₁	۷۳۸۳	۱	۰/۳۴۷	۱	۱/۴۷
A ₂	۴۷۳	۲	۰/۲۰۲	۲	۱/۰۳
A ₃	۵۱۴	۵	۰/۱۶۹	۵	۰/۷۷۵۳
A ₄	۱۸۴۱	۳	۰/۱۹۴	۳	۰/۹۷۲۷
A ₅	۶۵۶	۴	۰/۱۸۸	۴	۰/۹۴۷۲

در زمانی که یک گزینه نامربوط حذف یا به آن اضافه شود، شده است. استفاده از این روش برای مکان یابی محل دفن زباله در مناطق مشابه پیشنهاد می شود. همچنین از رویکرد و روش شناسی به کار رفته می توان برای مکان یابی سایر تاسیسات مورد نظر برای توسعه نیز استفاده نمود.

نتیجه گیری

این پژوهش، از یک متدولوژی ترکیبی (مدل سلسله مراتبی فازی با تکنیک تحلیل پوششی داده ها) در حوزه مسایل مکان یابی برای دفن زباله جامد شهری استفاده کرد. مزیت این رویکرد ترکیبی این می باشد که مانع نقض رتبه های گزینه ها

منابع

- Mehregan MR. Quantified Models in Evaluating of Organization's Performance. Tehran: Tehran University Press; 2006 (in Persian).
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil SA. Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues. New York: McGraw-Hill; 1993.
- Basiji M. Study statue of solid waste management in Iran and designing patterns for landfilling [Dissertation]. Tehran: University of Tehran; 1997 (in Persian).
- Madadi S. Locating and environmental management of solid waste municipal landfill in Mianeh [dissertation]. Tehran: Shahid Beheshti University; 2005 (in Persian).
- Ramuu N, Kennedy W. Heuristic algorithm to locate waste disposal site. Journal of Urban Planning and Development. 1994;120:14-21.
- Valentine E. Environmental impact assessment in the site selection process. Proceedings of the 6th International Landfill Congress; 1997; Sardinia, Italy.
- Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons; 1999.
- Heidarzadeh N. Sitting MSW landfill for Tehran city with using GIS [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University; 2000 (in Persian).
- Farhoodi R, Habibi K, Zand Bakhtiari P. Landfill sitting for solid waste municipal by fuzzy logic in geography data bases: case study of Sanandaj. Beautiful Arts. 2005;23:15-24 (in Persian).
- Ghiasi S. Landfill sitting for solid waste municipal in Arak by GIS [Dissertation]. Tehran: Science and Research of Islamic Azad University; 2006 (in Persian).
- GholamaliFard M. Applying a model for evaluating land demand and supply for landfilling solid waste municipal by urban dynamics modeling in GIS: case study: Gorgan) [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modares University; 2006 (in Persian).
- Poor Ahmad A, Habibi K, Raraee M, Nazari S, Adli S. Applying fuzzy algorithms and GIS for locating urban facilities. Environment Recognition. 2007;42:31-42.
- Fataee E, Alesheikh A. Landfill sitting for solid waste municipal by GIS and AHP. Environment Science. 2009;3:145-58.
- Panahandeh M, Arastoo B, ghanbari F. Applying AHP in locating burial place in Semnan, Iranian Journal of Health & Environment. 2009;2:276-83 (in Persian).
- Kao JJ, Lin HU. Multifactorial spatial analysis of landfill sitting. Journal of Environmental Engineering. 1996;122:902-8.
- Charnpratheep K, Zhou Q, Garner B. Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information system. Waste Management and Research. 1997;15:197-215.
- Shrivastava U, Nathawat MS. Selection of potential waste disposal sites around Ranchi Urban Complex using Remote Sensing and GIS techniques. Proceeding of Map India Conference; 2003; India.
- Al-Jarrah O, Abu-Qdais H. Municipal solid waste landfill sitting using intelligent system. Waste Management. 2006;6(5):534-46.
- Guputa R, Kewalramaniz MA, Ralegaonkar RV. Environmental impact analysis using fuzzy relation for landfill sitting. Journal of Urban Planning and Development. 2003;129(3):121-39.
- Khorasani N, Nezhadkoraki F. Using of GIS for identification of municipal solid waste landfill in dry area. Biyaban Journal. 1999;1(5):36-43 (in Persian).
- Koohi S. Sitting MSW landfill for Gharchk city [Dissertation]. Tehran: University of Tehran; 2006 (in Persian).
- Leao S, Bishop I, Evans D. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modeling in a GIS Environment. Resources, Conservation and Recycling. 2001;33:289-313.
- Managi S, Karemera D. Input and output biased technological change in US agriculture. Applied Economics Letters. 2004;11(5),283-86.
- Groc MM. Routes, requests, bids, and citations: GIS in Solid Waste Services. Charlotte, NC: 2004. [cited 2010 Jul 9]. Available from: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0248/p0248/html/>.
- Zamiran Consulting Engineers. Environmental studies in dangerous waste management and selection

- of landfill in Markazi Province. Final report. Tehran: Zamiran Consulting Engineers; 1994 (in Persian).
26. Moeinadini M. Landfill sitting for solid waste municipal for Karaj city by AHP and GIS [Dissertation]. Tehran University; 2007.
 27. Ramanathan R. Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process. *Computers and Operations Research*. 2006;33(5):1289–307.
 28. Saaty TL. Relative measurement and its generalization in decision making: Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors, the analytic hierarchy/network process. *Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series Mathematics*. 2008;102(2):251–318.
 29. Sharifi A, Herwijnen MV. Spatial Decision Support System. Eschede: ITC; 2003.
 30. Gumus AT. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two-step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications*. 2009;36:4067–74
 31. Kahraman C, Cebeci U, Ruan D. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP the case of Turkey. *International Journal Production Economics*. 2004;87:171–84.
 32. Wang YM, Chin KS. A new data envelopment analysis method for priority determination and group decision making in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 2009;195(1):239–50.
 33. Momeni M. *New Subjects in Operation Research*. Tehran: Tehran university press; 2006.
 34. Wang YM, Liu J, Elhag TMS. An integrated AHP-DEA methodology for bridge risk assessment. *Computers and Industrial Engineering*. 2008;54(3):513–25.
 35. Iran Statistics Center. *General Census of Population and Housing of Karaj City*. Tehran: Iran Statistics Center; 2006 (in Persian).
 36. Komilis DP, Ham RK, Stemann R. The effect of municipal solid waste pretreatment on landfill behavior: A literature review. *Waste Management and Research*. 1999;17:10-19.
 37. Leao S, Bishop I, Evans D. Spatial temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban region. *Computers Environ Urban*. 2004;28:353-85
 38. Monavari M. *Environmental Impact Assessment of Landfil*. Tehran: Iran EPO Press; 2001 (in Persian).
 39. Shokraee A. *Environment studies for selection of suitable landfill for solid waste of Sari city* [Dissertation]. Tehran: Tehran University; 2002.
 40. Siddiqui MZ, Everett JW, Vieux BE. Landfill sitting using geographical information systems a demonstration. *Environmental Engineering*. 1996;122(6):515-23.
 41. Doerhoefer G, Siebert H. The search for landfill sites—requirements and implementations in lower Saxony. Germany—*Environmental Geology*. 1998;35:55-65.
 42. Eastman JR. *IDRISI for windows users guide version Kilimanjaro*. Clark Labs for Cartographic Technology and Geographic Analysis. Clark University; 2003.
 43. Karkazi A, Hatzichristos T, Emmanouilidi B, Mavropoulos A. Landfills sitting using GIS and fuzzy logic. *Proceedings of the 8th International Waste Management and Landfill Symposium*; 2001; Sardinia, Italy.
 44. Siddiqui MZ, Everett JW, Vieux BE. Landfill sitting using geographical information systems a demonstration. *Environmental Engineering*. 1996;122(6):515-23.

Locating Landfill for Solid Waste Municipal by Fuzzy Analytic Hierarchy process & Data envelopment analysis (Case Study: Alborz province)

Moeinaddini M.¹, Tahari Mehrjardi M.H.², Khorasani N.³, Danekar A.³, Darvishsefat A.A.⁴, *Shakeri F.²

¹Department of Environment Science, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tarbiat Modares University, Iran

²Department of Industrial Management, School of Humanities, Institute of Higher Education Academic Jihad in Yazd, Yazd, Iran

³Department of Environment Science, Faculty of Natural Resources and Marine Science, Tehran University, Tehran, Iran

⁴Department of Environment Science, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Tehran, Iran

Received; 17 June 2011 Accepted; 09 August 2011

ABSTRACT

Background and Objectives: Solid waste municipal landfill can have injurious effect on society health, economic and environment. Therefore, spread evaluation in locating landfill is necessary to identifying the best places. The purpose of this paper is locating landfill for solid waste municipal for center of Alborz province.

Materials and Method: In this paper, suitable areas are identified for landfilling solid waste municipal by weighted linear combination and cluster analysis in 20 years period. Thus, suitable areas were weighted by FAHP method. Those weights were used for ranking areas by DEA technique.

Result: Results showed among five landfill alternatives for solid waste municipal for center of Alborz province, alternative 1 is the best for land filling. This place is just 7 percent of total suitable places.

Conclusion: The approach are used in this article (combination method of fuzzy analytic hierarchy process & Data envelopment analysis) can be suitable for locating in other areas because when an option add or delete ; option ranking is not different with previous

Keywords: Location, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Data Envelopment Analysis, Alborz province, Landfill

*Corresponding Author: fatemahshakeri@yahoo.com

Tel: +98 351 62 93 114; Fax: +98 351 62 93 114