

مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری با به کارگیری تلفیق روش‌های منطق فازی و تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی (مطالعه موردی: شهرستان اراک)

مجید رضایی^۱، احمد جمشیدی زنجانی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- محیط زیست، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- استادیار بخش معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

*ajamshidi@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: [۹۵/۰۷/۱۹]

تاریخ دریافت: [۹۵/۰۴/۲۱]

چکیده- سالانه میلیون‌ها تن پسماند در سراسر دنیا تولید می‌شود که مدیریت صحیح آنها از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری است. مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری فرآیندی پیچیده است که نیاز به معیارهای متعدد زیست محیطی و فنی دارد. در این پژوهش، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک با روش تصمیم‌گیری چند معیاره در GIS انجام شده است. نخست پس از تبدیل داده‌های وکتوری به لایه‌های رستر و تهیه نقشه‌های رستری لایه‌های اطلاعاتی، استانداردسازی لایه‌ها بر اساس نوع توابع عضویت فازی (صعودی یا نزولی) بین صفر و یک انجام شد. برای تعیین وزن نهایی لایه‌ها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. در مرحله بعد روش ترکیب خطی وزن‌دار برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی استفاده شد. در پایان ۵ طبقه با تناسب‌های مکانی بسیار پایین، متوسط، بالا و بسیار بالا برای دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک حاصل شد و بالاترین تناسب مکانی در طبقه فازی ۰/۶۹ تا ۰/۸۷ به دست آمد. بیشترین مساحت برای انتخاب مکان دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک مربوط به مناطق با تناسب مکانی بالا با وسعت ۱۲۱۲/۴۴ کیلومتر مربع و کمترین مساحت مربوط به مناطق با تناسب مکانی بسیار پایین با وسعتی حدود ۲۷۰/۷۳ کیلومتر مربع محاسبه شد.

واژگان کلیدی: مکان‌یابی، منطق فازی، تصمیم‌گیری چند معیاره، لندفیل، سیستم اطلاعات جغرافیایی

۱- مقدمه

داشت [1]. برای مدیریت بهینه پسماندهای شهری، مکان‌یابی مناسب محل دفن پسماندها، می‌تواند هدف نهایی از نیازمندی-های مدیریت پسماندهای جامد شهری با توجه به پارامترهای اکولوژیک، اقتصادی- اجتماعی در چارچوب اصول توسعه پایدار شهری را برآورده کند. برای پیش‌گیری از آثار منفی محیط زیستی محل دفن زباله، مکان‌یابی مناسب و اصولی به‌عنوان بهترین گزینه در راستای توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست شهرها خواهد بود [2]. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌عنوان ابزاری مفید و مبتنی

افزایش سریع جمعیت نواحی شهری و تولید پسماند از مهم‌ترین مشکلات محیط زیستی کشورهای در حال توسعه و پیشرفته به شمار می‌رود [1]. سالانه میلیون‌ها تن پسماند در سراسر دنیا تولید می‌شود که دفع و مدیریت صحیح آنها از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری است. با افزایش جمعیت و صنعتی شدن جوامع همراه با رشد اقتصادی میزان پسماند تولیدی در سراسر دنیا افزایش پیدا کرده است. پیش‌بینی می‌شود جمعیت دنیا در ۳۰ سال آینده ۲ تا ۳ میلیارد افزایش پیدا کند که این امر افزایش ۳ تا ۴ برابری تولید پسماند شهری را در پی خواهد

عامل را نسبت بهم می‌سنجد و به عوامل دیگر توجه ندارد، اطلاعات ارزشمندی را برای مساله بررسی شده فراهم می‌کند و فرآیند تصمیم‌گیری را منطقی می‌سازد. در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محاسبات در محیط نرم‌افزار Expert Choice صورت می‌پذیرد. به‌طور کلی برای تصمیم‌گیری به‌کمک فرآیند AHP گام‌های زیر طی می‌شود:

- تعریف ساختار سلسله مراتبی

- محاسبه وزن نسبی معیارها

- محاسبه نسبت سازگاری

- استخراج اولویت‌ها از جدول‌های مقایسه گروهی و انتخاب بهترین گزینه

شرط اصلی برای پذیرش مقایسه‌های زوجی این است که مقایسه‌ها باهم سازگار باشند. بدین منظور نرخ سازگاری (CR) هر ماتریس محاسبه می‌شود. نرخ سازگاری سازوکاری است که میزان اعتماد به اولویت‌های به دست آمده را نشان می‌دهد. به‌گونه‌ای که اگر CR کمتر از ۰/۱ باشد می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت، در غیر این صورت باید مقایسه‌ها دوباره انجام گیرد [6].

جدول (۱) مقادیر ترجیحات برای مقایسه زوجی

Preferences	Numerical value
Extremely Preferred	9
Very strongly Preferred	7
Strongly Preferred	5
Moderately Preferred	3
Equally Preferred	1
Moderately strongly	1/3
Strongly	1/5
Very Strongly	1/7
Extremely	1/9
Less important between the above intervals	1/4, 1/2, 8, 6, 4, 2 1/8, 1/6,

Table 1 preferences for the paired comparisons of criteria and sub-criteria

۲-۲- منطق فازی

نظریه مجموعه‌های فازی به وسیله‌ی لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ معرفی شده است که برای حل عدم قطعیت به‌دلیل ابهامات و عدم دقت در تصمیم‌گیری به‌کار برده است [7,8].

بر کامپیوتر برای عملیات مکانی مانند ورود، ذخیره‌سازی، دست‌کاری، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های اطلاعات جغرافیایی است. از این‌رو با توجه به توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت حجم وسیع اطلاعات مکانی از منابع مختلف، به‌عنوان ابزاری ایده‌آل برای مطالعات مکان‌یابی است [3]. تلفیق GIS و روش ارزیابی چند معیاره یک ابزار قوی برای حل مشکلات مکان‌یابی دفن پسماند محسوب می‌شود [4]. تکنیک‌های مختلفی برای تصمیم‌گیری چند معیاره وجود دارد که یکی از کارآمدترین این تکنیک‌ها روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که اولین بار به وسیله‌ی Saaty [5] ارائه شده است. این روش با استفاده از یک شبکه سیستمی، شاخص‌های مختلف و ضوابط و معیارهای چندگانه با ساختارهای چند سطحی اولویت‌دار را برای رتبه‌بندی یا تعیین اهمیت گزینه‌های مختلف یک فرآیند تصمیم‌گیری پیچیده استفاده می‌شود [6]. در این پژوهش با استفاده از منطق فازی به روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) و تصمیم‌گیری چندمعیاره به روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و بهره گرفتن از تعداد قابل توجه معیار و زیر معیار (۱۴ زیر معیار) اقدام به مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهر اراک (تاکنون مکان‌یابی برای دفن پسماندهای این شهر انجام نگرفته است) شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه است که به‌منظور تصمیم‌گیری و انتخاب یک گزینه از میان گزینه‌های متعدد تصمیم، با توجه به شاخص‌هایی که به وسیله‌ی تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود به‌کار گرفته می‌شود [5, 6]. این روش یکی از رایج‌ترین روش‌های استفاده شده برای تصمیم‌گیری چند معیاره برای وزن‌دهی به معیارها و زیرمعیارها است. اساس کار فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مقایسات زوجی گزینه‌ها و معیارهای تصمیم‌گیری است و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد. ساختار ترجیح نسبی آن بر جدول (۱) منطبق شده است. در مقایسه زوجی به‌دلیل اینکه پاسخ دهنده فقط ۲

رتبه‌بندی اهمیت معیارهای مکان‌یابی است که بر اساس وزن نسبی معیارهاست. در این روش ارزش‌های بالاتر دارای مطلوبیت بالاتری برای انتخاب مکان مورد نظر است. همچنین در این روش تعیین تناسب برای هر فعالیت مشخص یا ارزیابی پتانسیل برای هر عملکرد به‌عنوان یک هدف مطلوب توجه می‌شود [11]. در این روش هر فاکتور استاندارد شده (فازی شده) در وزن نهایی مربوطه ضرب می‌شود و سپس لایه‌ها باهم جمع می‌شوند و نقشه نهایی مربوط به محاسبه مطلوبیت در محدوده بین ۰ و ۱ مربوط به مکان‌هایی است که مناسب برای محل مورد نظر هستند. این روش بر اساس رابطه (۳) است [12]:

$$S = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (3)$$

در این رابطه S شاخص تناسب مکانی برای منطقه و Wj اهمیت نسبی وزن معیار و همچنین Xi ارزش استاندارد شده منطقه و n نشان دهنده تعداد معیارها است.

۲-۴- منطقه مورد مطالعه

شهرستان اراک در بین ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی از خط استوا و ۴۴ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. شهرستان اراک به لحاظ برخورداری از برخی عوامل آب و هوایی از جمله مجاورت با تالاب کویری میقان و وجود ارتفاعات، دارای نوسانات اقلیمی است. به طور کلی تابستان‌های نسبتاً ملایم و زمستان‌های سرد تا نسبتاً سرد از ویژگی‌های اقلیمی شهرستان اراک است. از میان شهر اراک تنها رودخانه قره کهریز (معروف به رودخانه خشکه) می‌گذرد. این رود فصلی بوده و در تابستان خشک می‌شود. در شهرستان اراک، منطقه حفاظت شده هفتاد قلعه و منطقه شکار ممنوع تالاب میقان تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست است. شکل (۲) موقعیت شهرستان اراک را در استان مرکزی و کشور ایران نشان می‌دهد [14].

نظریه مجموعه‌های فازی به‌عنوان یک منطق درجه عضویت هر عنصر را در بازه بین (۰ و ۱) قرار می‌دهد [9]. به‌علاوه در این منطق به‌منظور ایجاد اطلاعات فازی عملکردهای مختلفی وجود دارد. از جمله مهمترین عملکردهای فازی می‌توان به عملکرد مثلثی فازی، خطی افزایشی و خطی کاهش‌شی اشاره کرد. این منطق به وسیله سه ارزش $a \leq b \leq c$ برای هر تعداد عملکرد عضویت تعریف شده است شکل (۱). در این نوع منطق $\mu_p(x)$ عملکرد عضویت، (b) ارزش مرکزی با بیشترین احتمال و (c) و (a) نشان‌دهنده کمترین احتمال هستند [10].

شکل (۱) عملکرد مثلثی فازی [10]

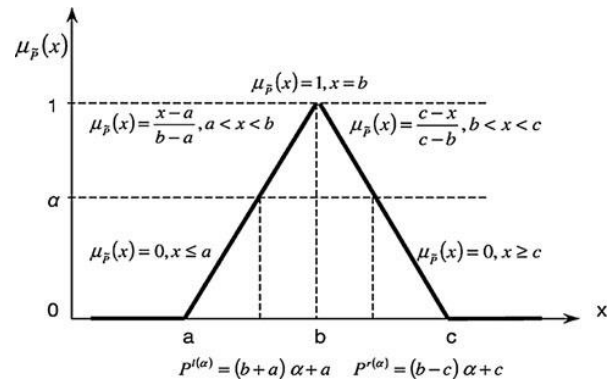


Fig. 1. Triangular fuzzy function [10]

در این منطق توابع به صورت صعودی و نزولی هستند. توابع صعودی مطابق فرمول زیر تعریف می‌شود [10]:

$$x_i = \left(\frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}} \right) \quad (1)$$

همچنین برای توابع نزولی رابطه به صورت زیر خواهد بود:

$$x_i = \left(\frac{R_{\max} - R_i}{R_{\max} - R_{\min}} \right) \quad (2)$$

که R امتیاز خام هر کدام از پیکسل‌های نقشه‌ها است.

۲-۳- روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC)

از رایج‌ترین روش‌های ارزیابی چند معیاره مکانی است که در این روش به دلیل اینکه میزان مطلوبیت بر اساس اهمیت نسبی معیارها در فرایند مکان‌یابی است و همچنین قدرت انتخاب کارشناس برای انتخاب گزینه‌های مطلوب مکانی بالاتر است استفاده می‌شود. این روش یکی از تکنیک‌های

شکل (۲) موقعیت شهرستان اراک در استان مرکزی و کشور ایران

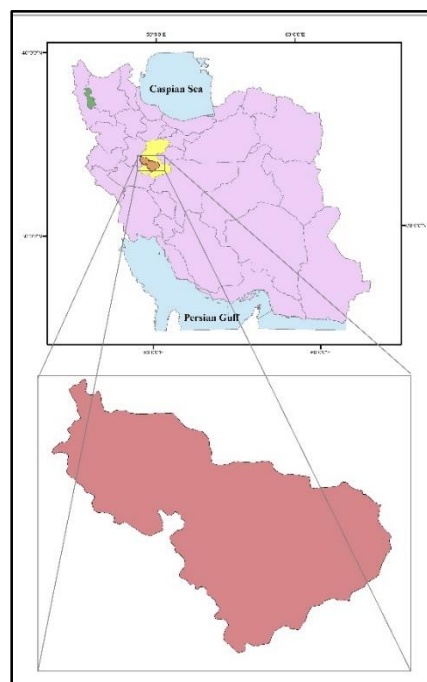


Fig. 2. The location of Arak city in Iran

اقتصادی، ابتدا ماتریس مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارها تهیه شد. سپس برای تعیین الویت دو به دو معیارها نسبت به یکدیگر، از نظرهای کارشناسان مسلط به ارزیابی توان محیط زیست و آمایش سرزمین استفاده شد. در پایان برای تعیین وزن نهایی زیر معیارهای اکولوژیک و اقتصادی-اجتماعی میانگین هندسی نظرسنجی‌های گفته شده در محیط نرم افزار Expert Choice استفاده، و وزن‌های نهایی لایه‌ها محاسبه شد. در مرحله آخر روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده شد.

در این پژوهش معیارهای اکولوژیک به دو دسته فیزیکی و بیولوژیک طبقه‌بندی شد که شامل ۹ زیر معیار شیب، زمین‌شناسی، جنس خاک، سیل خیزی، فاصله از گسل، فرسایش خاک، میزان بارش، فاصله از مناطق حفاظت شده و کاربری اراضی است. همچنین ۵ زیر معیار اجتماعی-اقتصادی شامل فاصله از مراکز جمعیتی، فاصله از جاده‌های دسترسی، عمق آب‌های زیرزمینی، فاصله از رودخانه، فاصله از دریاچه است.

۲-۵- معیارهای موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری
انتخاب محل دفن مناسب موجب به کمینه کردن احتمال خطر برای سلامتی و بهداشت انسان، کمینه کردن آثار منفی احتمالی بر محیط زیست و هزینه‌های دفع پسماند می‌شود [15]. مناطقی که برای دفن پسماند انتخاب می‌شوند باید به منبع تولید زائدها نزدیک باشند، از مناطق تحت حفاظت (پناه‌گاه حیات وحش، پارک ملی، اثر طبیعی، تاریخی و فرهنگی، مناطق حفاظت شده سازمان محیط زیست کشور) دور باشند، سطح آب زیرزمینی در آن‌ها پایین باشد، میزان بارش کم باشد، دسترسی آسان به جاده‌ها و مسیرهای حمل و نقل داشته باشند، شیب منطقه کم و سطح آن هموار باشد، تا حد امکان از منابع آب سطحی (رودخانه‌ها و دریاچه‌ها) دور باشند و از نواحی زلزله خیز و گسل‌ها دور باشد [15]. بر این اساس و با توجه به جمع‌بندی پژوهش‌های پیشین و اطلاعات قابل دسترس، فاکتورهایی در قالب جدول (۲) برای انتخاب محل دفن پسماند در شهر اراک انتخاب شده است.

در این پژوهش تعداد زیادی از پارامترهای فنی، اکولوژیک و اقتصادی-اجتماعی نقش دارند. پس از تعیین زیرمعیارهای فنی، اکولوژیک و اقتصادی-اجتماعی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، برای تمامی لایه‌ها سیستم مختصات UTM زون ۳۹ شمالی در مبنای WGS 1984 تعیین شد، سپس از منطق فازی برای استانداردسازی لایه‌های اطلاعاتی و با توجه به حریم‌های تعریف شده برای معیارهای مکانی (به-عنوان نمونه فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از گسل برای ایجاد لندفیل نامناسب در نظر گرفته شده و کمترین امتیاز یعنی صفر به آن تعلق گرفت و به هیچ وجه با توجه به این محدودیت ما مجاز به احداث لندفیل در فواصل کمتر از ۵۰۰ متر از گسل نیستیم و به فواصل بیشتر از ۵۰۰ متر امتیاز دهی می‌شود و به فواصل ۱۰۰۰ و بیشتر از ۱۰۰۰ متر بیشترین امتیاز یعنی ۱ تعلق گرفت که نشان دهنده مناسب‌ترین مکان برای احداث لندفیل است) و نوع تابع (صعودی یا نزولی) استفاده شده است. در مرحله بعد پرسش‌نامه‌های نظرسنجی در زمینه میزان اهمیت زیر معیارهای فنی، اکولوژیک و اقتصادی-اجتماعی در اختیار کارشناسان محیط زیست قرار گرفت [5]. برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی-

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش با مرور و بررسی الزام بین‌المللی در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری و همچنین از طریق استفاده از نظریات کارشناسان محیط زیست (تکمیل پرسشنامه به وسیله ۱۱ متخصص)، برای وزن‌دهی به زیر معیارهای اکولوژیک و اجتماعی-اقتصادی موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماند مشخص شد که طبق نظر متخصصان محیط زیست، زیرمعیارهای اکولوژیک شامل عمق آب‌های زیرزمینی، کاربری اراضی، جنس خاک، مناطق حفاظت شده و فاصله از منابع آب سطحی دارای اهمیت زیادی در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری هستند. از میان زیرمعیارهای اجتماعی-اقتصادی، فاصله از مراکز جمعیتی شهری و روستایی دارای اهمیت کلیدی در فرآیند مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری است. بنابراین چنانچه مکان‌یابی محل دفن به‌طور صحیح و مطابق با فرآیند ارزیابی توان محیط زیست (توان اکولوژیک و توان اجتماعی-اقتصادی) صورت گیرد می‌توان اهداف حفاظت از محیط زیست شهرها را برآورده ساخت و همچنین نیازمندی‌های اجتماعی-اقتصادی شهرها را به گونه‌ای تأمین کرد که مطابق با اصول توسعه پایدار شهری باشد. جدول (۳) نتایج به‌دست آمده برای وزن نهایی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی-اقتصادی حاصل از روش

AHP را نشان می‌دهد همچنین شکل‌های (۳ و ۴) چگونگی وزن‌دهی به زیر معیارها در نرم‌افزار Expert Choice و خروجی نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

شکل (۳) وزن دهی در نرم‌افزار Expert Choice

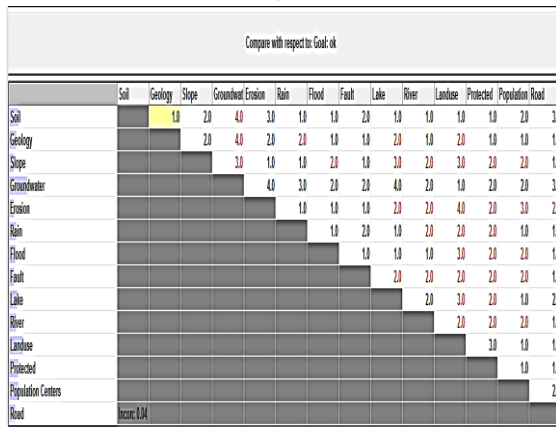


Fig 3 Weight in Expert Choice

شکل (۴) خروجی نرم‌افزار Expert Choice

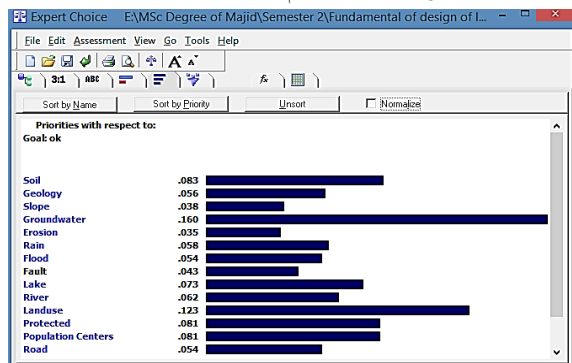


Fig 4 Result in Expert Choice

جدول (۲) فاکتورها و ترجیحات آن‌ها برای انتخاب محل دفن پسماند

Criteria	Sub-criteria	Alternative	Suitability
Ecologic	Physical	Slope	Less than 15%
		Geology	Clay soil type geological formations
		Soil texture	Clay soil, silty clay
		Distance from Fault	500-1000 m
		Flood potential	Flood polygon layer
	Biological	Precipitation	Precipitation polygon layer
		Erosion	Erosion polygon layer
		Landuse	The unutilized lands, the areas with low concentration range, the lands with no vegetation and stone extrusion
		Protected Area	500-1000 m
		Distance from Population Center	1000-5000 m
Socio-economic	Access	Access Roads	100-1000 m
		Distance from River	500-1500 m
	Hydrological	Distance from Lake	500-1500 m
		Groundwater Depth	More than 10 m

Table 1 Factors with their suitability range for landfill site selection

شکل (۷) نقشه فازی شده فاصله از مناطق حفاظت شده

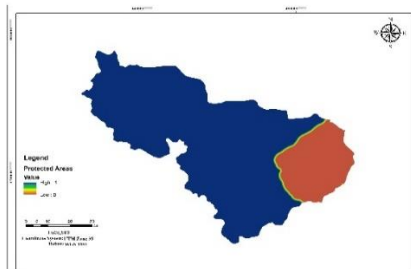


Fig 7 Fuzzy map of distance from protected area

شکل (۸) نقشه فازی شده فاصله از جاده‌های دسترسی

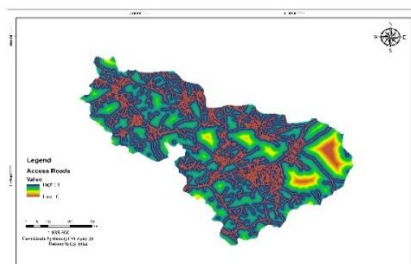


Fig 8 Fuzzy map of distance from road

شکل (۹) نقشه فازی شده فاصله از مراکز جمعیتی

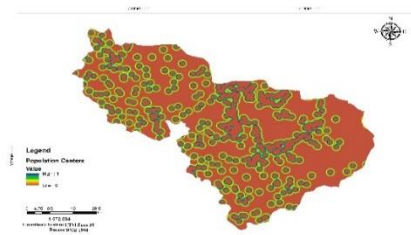


Fig 9 Fuzzy map of distance from population center

شکل (۱۰) نقشه نهایی حاصل از اجرای منطق فازی بر پایه روش WLC در محیط نرم‌افزار ARC GIS 10.1 را نشان می‌دهد.

شکل (۱۰) نقشه نهایی حاصل از اجرای منطق فازی

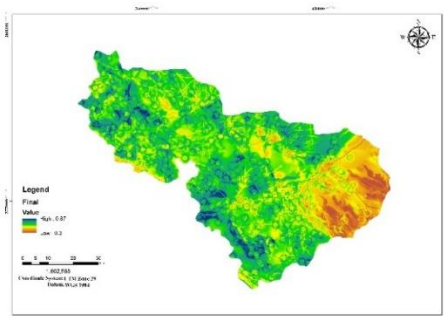


Fig 10 Final map resulted from application of Fuzzy logic method based on WLC in ARC GIS Software

جدول (۳) وزن دهی نهایی و الویت بندی زیرمعیارهای اکولوژیک و

اجتماعی - اقتصادی برای مکان‌یابی دفن پسماند

Priority	Factor	Weight
1	Distance from Groundwater	0.160
2	Land use	0.123
3	Soil texture	0.083
4	Distance from Population Center	0.081
5	Distance from protected Areas	0.081
6	Distance from Lake	0.073
7	Distance from River	0.062
8	Precipitation	0.058
9	Geology	0.056
10	Flood potential	0.054
11	Access Roads	0.054
12	Distance from Fault	0.043
13	Slope	0.038
14	Erosion	0.035

Table 2 Final weights and priorities assigned to the ecologic and socio-economic factors using AHP method for Arak city landfill site selection

شکل‌های (۵ تا ۹) یافته‌های حاصل از استاندارد سازی فازی زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی - اقتصادی برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری در شهرستان اراک را نشان می‌دهد.

شکل (۵) نقشه فازی شده فاصله از رودخانه

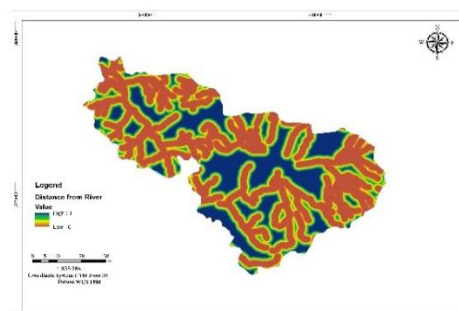


Fig 5 Fuzzy map of distance from river

شکل (۶) نقشه فازی شده شیب

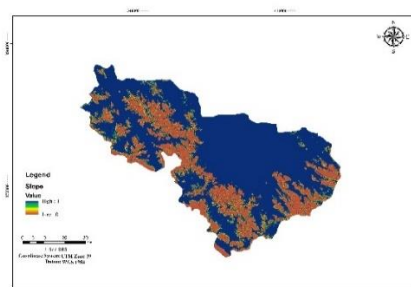


Fig 6 Fuzzy map of slope

سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است. نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج پژوهش Shahabi و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری در شهرستان سقز استان کردستان مطابقت می‌کند. در نتایج پژوهش شهابی و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری در شهرستان سقز استان کردستان از مقایسه روش‌های منطق بولین، منطق فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار و وزن‌دهی به روش AHP دارای انعطاف‌پذیری بالاتری نسبت به روش منطق بولین خواهد بود. در این پژوهش مطابق پژوهش شهابی و همکاران در سال ۲۰۱۴ برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری در شهرستان سقز استان کردستان، نتایج مشابهی به دست آمده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک با روش تصمیم‌گیری چند معیاره در GIS انجام شده است. پس از تهیه نقشه‌های رستری لایه‌های اطلاعاتی، استانداردسازی لایه‌ها بر اساس نوع توابع عضویت فازی (صعودی یا نزولی) بین صفر و یک انجام شد. وزن‌های لایه‌ها از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد. در نهایت از روش فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار برای مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک استفاده شده است. با استفاده از منطق فازی بر پایه WLC در محیط ARC GIS ۵ طبقه تناسب مکانی برای مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک به دست آمده است. طبقات با تناسب مکانی بسیار پایین در طبقه ۰/۳۰ تا ۰/۴۷ دارای توان بسیار پایین، طبقات با تناسب مکانی متوسط در طبقه ۰/۴۷ تا ۰/۵۶ دارای توان متوسط، طبقات با تناسب مکانی بالا در طبقه ۰/۶۳ تا ۰/۶۹ دارای توان بالا و طبقات با تناسب مکانی بسیار بالا در طبقه ۰/۶۹ تا ۰/۸۷

در این پژوهش پس از تهیه نقشه نهایی حاصل از روش منطق فازی بر پایه ترکیب خطی وزن‌دار، مطلوبیت مکانی در ۵ طبقه تقسیم‌بندی شده است و مطلوبیت مکانی برای محل دفن پسماندهای شهری در درجه عضویت فازی بین ۰/۳۰ تا ۰/۸۷ است. در حدود ۱۱۰۳ پلیگون با مساحت ۴۱۴۶/۰۳ کیلومتر مربع در درجه عضویت بین ۰/۳ تا ۰/۸۷ به دست آمد. همچنین بالاترین تناسب مکانی در درجه عضویت فازی بین ۰/۶۹ تا ۰/۸۷ است و در حدود تعداد ۱۰۵۳۳ پلیگون و با مساحت ۴۱۴۶/۰۵ کیلومتر مربع که تناسب مکانی آن‌ها در درجه عضویت فازی بین ۰/۳۰ تا ۰/۸۷ قرار دارد یافت شد. که این مناطق به ۵ طبقه با تناسب مکانی بسیار پایین در درجه عضویت فازی ۰/۳۰ تا ۰/۴۷، تناسب مکانی پایین در درجه عضویت فازی ۰/۴۷ تا ۰/۵۶، تناسب مکانی بالا در درجه عضویت فازی بین ۰/۶۳ تا ۰/۶۹ و تناسب مکانی بسیار بالا در درجه عضویت فازی بین ۰/۶۹ تا ۰/۸۷ قرار دارند. مساحت پلیگون‌های موجود در طبقه با تناسب مکانی بسیار پایین برابر ۲۷۰/۷۳ کیلومتر مربع و به تعداد ۳۲۸ پلیگون، در طبقه با تناسب مکانی پایین برابر ۶۸۳/۴۸ کیلومتر مربع و به تعداد ۱۶۸۷ پلیگون، در طبقه با تناسب مکانی متوسط برابر ۱۱۸۷/۰۲ کیلومتر مربع و به تعداد ۳۰۰۶ پلیگون، در طبقه با تناسب مکانی بالا برابر ۱۲۱۲/۴۴ کیلومتر مربع و به تعداد ۳۹۵۴ پلیگون و در طبقه با تناسب مکانی بسیار بالا برابر ۷۹۲/۳۶ کیلومتر مربع و به تعداد ۲۰۵۸ پلیگون است. همچنین از طریق فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی می‌توان سازگاری تصمیم را مشخص کرد و در مورد قابل قبول یا غیر قابل قبول بودن تصمیم قضاوت کرد. در صورتی که نرخ ناسازگاری از ۰/۱ بیشتر باشد، سازگاری در قضاوت‌ها غیرقابل قبول است و مقایسات دو تایی در یک فرآیند تصادفی حاصل شده‌اند و در غیر این صورت باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. برای انتخاب مکان دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک نرخ ناسازگاری برای زیرمعیارهای اکولوژیک و اجتماعی - اقتصادی ۰/۰۴ به دست آمد و وزن‌های بدست آمده دارای سازگاری خوبی هستند و

- Selection of MSW Landfill Site for Konya, Turkey Using GIS and Multi-Criteria Evaluation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160(1-4), 491-500.
- [5] Saaty, T. L. 1980 *The Analytical Hierarchy Process, Planning, Priority Setting, Resource Allocation* (Press. Decision Making Serious). USA, McGraw-Hill
- [6] Melon, M.G., Beltran, P.A. & Cruz, M.C.G. 2008 An AHP-based evaluation procedure for Innovative Educational Projects: A face-to-face vs. computer-mediated case study. *Omega*, 36(5), 754-765.
- [7] Afzali, A., Sabri, S., Rashid, M., Samani, J.M. & Ludin, A. 2014 Inter-Municipal Landfill Site Selection Using Analytic Network Process. *Water Resources Management*, 28, 2179-2194.
- [8] Zadeh, L.A. 1997 Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. *Fuzzy sets and systems*, 90(2), 111-127.
- [9] Motlagh, Z.K. & Sayadi, M.H. 2015 Siting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (Case study: Birjand plain, Iran). *Waste Management*, 46, 322-337.
- [10] Razmi, J., Rafiei, H. & Hashemi, M. 2009 Designing a decision support system to evaluate and select suppliers using fuzzy analytic network process. *Computers & Industrial Engineering*, 57(4), 1282-1290.
- [11] Saaty, T. L. 1999 Fundamentals of the analytical network process. In *Proceeding of ISHP*, 48-63.
- [12] Markazi province Environmental Protection Administration, 2014 (In Persian).
- [13] Pinar Yal, G., & Akgun, H. 2014 Landfill Site Selection Utilizing TOPSIS Methodology and Clay Linaear Geotechnical Characterization: A Case Study for Ankara, Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73, 369-388.
- [14] De Feo, G. & De Gisi, S. 2014 Using MCDA and GIS for Hazardous Waste Landfill Siting Considering Land Scarcity for Waste Disposal. *Waste Management*, 34, 2225-2238.
- [15] Shahabi, H., Keihanfard, S., Ahmad, B.B. & Taheri Amiri, M.J. 2014 Evaluating Boolean, AHP and WLC Methods for the Selection of Waste Landfill Sites using GIS and Satellite Images. *Environmental Earth Sciences*, 71, 4221-4233.

دارای توان بسیار بالا برای انتخاب مکان دفن پسماندهای شهری است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در روش منطق فازی توانایی کارشناس برای انتخاب مناسب‌ترین مکان برای دفن پسماندهای شهری بالا خواهد بود. در واقع در روش منطق فازی امکان ایجاد تغییر در نتایج به‌دست آمده وجود دارد و می‌توان به نتایج دقیق‌تری دست یافت. هم‌چنین در نظر گرفتن میزان اهمیت معیارها و زیر معیارهای اکولوژیک و اجتماعی - اقتصادی در فرآیند مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری براساس وزن به دست آمده معیارها و زیرمعیارها با استفاده روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در چارچوب روش منطق فازی بر پایه ارزیابی چند معیاره WLC دقیق‌تر و با درستی بالاتری است. مکان‌های نشان داده شده روی نقشه نهایی حاصل از روش منطق فازی بر پایه WLC، مکان‌های نهایی برای دفن پسماندهای شهری شهرستان اراک نیستند زیرا پارامترها و شرایط محیطی دیگری مانند جهت باد غالب، خطوط انتقال نیرو (برق، گاز، مخابرات)، صنایع و معادن، فرودگاه، مالکیت زمین و غیره روی انتخاب مکان نهایی دفن پسماندهای شهری شهر اراک تاثیرگذار خواهد بود که در این پژوهش به‌عملت در اختیار نداشتن این لایه‌ها، لحاظ نشده‌اند. پیشنهاد می‌شود که برای پژوهش‌های آینده کان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهر اراک با روش‌های دیگری مانند TOPSIS و OWA انجام گیرد و نتایج آن با این پژوهش مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا نتایج دقیق‌تری از مکان‌یابی محل دفن پسماند به دست آید.

References

۵- مراجع

- [1] Kumar, S. & Izhar Hassan, M. 2013 Selection of a Landfill Site for Solid Waste Management: An Application of AHP and Spatial Analyst Tool. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41(1), 45-56.
- [2] Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D. & Frizado, J.P. 2012 Integrating Multi-Criteria Evaluation Techniques with Geographic Information Systems for Landfill Site Selection: A Case Study Using Ordered Weighted Average. *Waste Management*, 32, 287-296.
- [3] Kara, C. & Doratli, N. 2012 Application of GIS/AHP in siting Sanitary Landfill: A Case Study in Northern Cyprus. *Waste Management & Research*, 30(9), 966-980.
- [4] Nas, B., Cay, T., Iscan, F. & Berktaç, A. 2010

Landfill Site Selection Using Combination of Fuzzy Logic and Multi Criteria Decision Making Method (Case Study: Arak, Iran)

M. Rezaei¹, A. Jamshidi-Zanjani^{2*}

1- M.Sc. Student, Environmental Engineering., Iran University of Science and Technology

2- Dept. of Mining, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, 14115-143 Tehran, Iran.

* ajamshidi@modares.ac.ir

Abstract:

Urban landfill site selection is a complex process requiring numerous environmental criteria. Thus, an integrated municipal solid waste (MSW) management plan - including all stages from waste generation to ultimate disposal - must be considered as an important environmental issue. Absence of correct supervision over the management and collection of MSW can create numerous environmental problems, especially for the people who live around such landfills. Thus, appropriate urban landfill site selection is a main issue related to the stability of cities and human environments. It can meet the ultimate goal of the requirements of urban solid waste management with regard to the ecologic, socio-economic parameters, and urban sustainable development principles. Preventing the negative environmental effects of landfills, site selection is the best choice helping the sustainable development and environmental conservation. Since inappropriate disposal of urban waste materials have negative effects on both environment and citizens' health, it is imperative that officials take measures to create appropriate landfill sites. Landfilling is viable and common ultimate disposal methods for MSW in many developing countries. Many researchers believe that the proper site selection for landfill may reduce its negative environmental impacts. All the environmental effects of landfill should be taken into account during the siting process. In other words, different environmental criteria and socio-economical aspects should be considered to select an optimal option to achieve the least possible adverse effects. The present research deals with a GIS-based spatial decision-making with regard to the ecologic and socio-economic parameters for the determination of Arak city environmental capability to select a suitable, urban landfill site. First, the data were collected according to regional conditions and access to them. Since available data were as vectors, Euclidean distance function is used to convert them to raster layer. The purpose of this research, is selecting a landfill site based on a weighted linear combination (WLC) in geographic information system (GIS) environment. Since GIS can manage a large amount of spatial data, it can be served as an ideal tool in the siting studies. Moreover, combination of Multi Attribute Decision Making (MADM) and GIS is considered as a helpful method to landfill siting, regarding different complex factors. After the production of the raster maps of the information layers, the standardization of the layers was conducted based on the type of fuzzy membership functions (ascending or descending) between 0 and 1. Then the final weight of the layers was determined using the AHP method. The AHP process makes simultaneous combination of quantitative and qualitative metrics possible. In the next step, the fuzzy logic method was used to incorporate the information layers based on WLC. Eventually, 5 classes of suitability were obtained for urban landfill sites in Arak city with very low, low, moderate, high, and very high spatial suitability in the fuzzy class of 0.69 to 0.87. The greatest area for the selection of urban landfill sites in Arak city with high spatial suitability was found to be 1212.44 square kilometers but the least area with very low spatial suitability was found to be 270.73 square kilometers.

Keywords: Site Selection, Fuzzy logic, Multi Criteria Decision Making (MCDM), Landfill, GIS