علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۰

استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره بر پایه سیستم های اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی محل دفع پسماندهای خطرناک (مطالعه موردی: استان بوشهر)

غزاله دانش[۱]
سید مسعود منوری[۲*]
seyedmasoudmonavari@gmail.com
قاسم علی عمرانی[۳]
عبدالرضا کرباسی[۴]
فروغ فرساد[۵]

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۱/۲۱**

چکیده

زمینه و هدف: امروزه به دلیل گسترش شهرها و مناطق صنعتی مقادیر زیادی از مواد صنعتی و خطرناک تولید می شود که به منظور جلوگیری از اثرات دراز مدت و خطرناک آن بر جوامع انسانی و محیط زیست، انتخاب بهترین محل برای این پسماندها را به عنوان مهمترین اقدام مدیریتی تبدیل به یکی از مهمترین و پیچیده ترین تصمیم گیری ها در مدیریت شهری کرده است. در این راستا استان بوشهر به دلیل وجود واحدهای صنعتی متعدد به ویژه پالایشگاه ها نیاز به راهکاری مدیریتی در مورد پسماندهای خطرناک دارد. پیدا کردن محلی بهینه با استفاده از مدل های تصمیم گیری چند معیاره بر پایه سیستم های اطلاعات جغرافیایی که هم دارای کمترین خطرات زیست محیطی بوده و هم از لحاظ اقتصادی بهینه باشد، هدف اصلی این مقاله است.

۱- دانشجوی دکتری محیط زیست، گروه علوم زیست محیطی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲- استادیار، گروه علوم زیست محیطی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)
۳- استاد، گروه علوم زیست محیطی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۴- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۵- استادیار، گروه علوم زیست محیطی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

روش بررسی: در این تحقیق از ۲۴ پارامتر برای تجزیه و تحلیل مکانیابی محل دفع پسماند خطرناک در استان بوشهر که بر اساس روش دلفی انتخاب گردیدند، استفاده شد. معیارهای انتخابی به دو دسته اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی تقسیم شده و از روش ANP جهت وزن دهی به معیارها استفاده شد. در مرحله نهایی مکان های مناسب برای مکانیابی بر مبنای روش WLC مبتنی بر GIS مشخص شدند.

یافته ها: نتایج نشان داد که معیارهای اکولوژیکی بیشترین امتیاز (۶۱/۳۴ درصد) را آورده اند و کاربری اراضی هم بیشترین وزن (۰/۲۷) و تبخیر کمترین وزن (۰/۰۰۱۷) را داشته است. همچنین ۶/۱۳ درصد از سطح استان دارای توان خیلی زیاد و ۱۷/۷٪ از سطح مطقه کاملاً نامناسب برای دفع پسماند های خطرناک شناسایی شده است.

بحث و نتیجه گیری: نتایج این مطالعه اهمیت و وزن قابل توجه معیارهای زیست محیطی در اولویت بندی مناطق پیشنهادی دفع این نوع از پسماندها در استان بوشهر را بیان داشته و کارایی مدل به کار رفته در تلفیق GIS و MCDM را نشان داده است.

واژه‌های کلیدی: پسماند خطرناک، مکان یابی محل دفع، WLC، ANP، بوشهر.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 3, June, 2021

Application of Multi-Criteria Decision-Making Models Based on Geographic Information Systems in Locating Hazardous Waste Disposal Sites (Case Study: Bushehr Province)

Ghazaleh Danesh [1]
Seyed Masoud Monavari [2*]
seyedmasoudmonavari@gmail.com
Ghasem Ali Omrani [3]
Abdolreza Karbasi [4]
Forough Farsad[5]

Admission Date:April 10, 2019 Date Received: December 1, 2018

Abstract

Background and Objective: Todays, due to the expansion of cities, large quantities of industrial and hazardous materials are produced, which, in order to prevent its long-term and dangerous effects on human and environmental communities, selecting the best site for these wastes has become one of the complex decisions in urban management action. Because of numerous industrial units, especially refineries, in Bushehr province, it is essential to find a management solution for hazardous wastes of this province. Finding the optimal location using multi-criteria decision models based on GIS that has both the lowest environmental risks and economically optimal, is the main goal of this article.

Method: In this study, 24 parameters were used to analyze the selection of hazardous waste disposal sites based on the Delphi method in Bushehr province. Selected criteria were divided into two ecological and economic categories and ANP method was used to weight the criteria. At the final stage, suitable sites for these wastes were determined based on the GIS-based WLC method.

Findings: The results showed that ecological criteria had the highest score (61/34%) and land use had the highest weight (0/27) and evaporation of the lowest weight (0/0017). Also, 6/13% of the province has a very high potential and 17/7% of the surface area is completely inappropriate for the disposal of hazardous wastes.

Discussion and Conclusion: Study results highlighted the importance and significant weight of environmental criteria in prioritizing the proposed areas for hazardous disposal in Bushehr province, and has shown the model's efficiency in integrating GIS and MCDM.

Keywords: Hazardous Waste, Locating Disposal Site, WLC, ANP, Bushehr.

1- Ph.D., Student of Environmental Science, Department of Environmental Science, Faculty of Natural resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran *(Corresponding Author)
3- Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

مقدمه

در سالهای اخیر، توسعه روزافزون شهرها و رشد تکنولوژی، سبب تغییر سبک زندگی، صنعتی شدن شهرها و تولید حجم زیادی از پسماند های صنعتی و خطرناک شده است (۱،۲). شدت آلودگی های محیطی حاصل از مواد زاید خطرناک به گونه‌ای است که دفع صحیح یا بازیافت اصولی این مواد به عنوان مهم ترین مرحله در مدیریت و کنترل این گونه مواد صنعتی به منظور حفاظت از محیط زیست و مدیریت منابع توجهات ویژه ای را به خود جلب نموده است (۳،۶). طبق تعریف سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا(EPA)، مواد زاید خطرناک به مواد زاید (اعم از جامد، لجن، مایع و گاز موجود در مخزن) به جز مواد رادیواکتیو و عفونی اطلاق می‌شود که دارای فعالیت شیمیایی، سمیت، خاصیت انفجاری، خورندگی و یا سایر ویژگی‌هایی است که برای سلامتی انسان یا محیط‌زیست، به صورت تنها و یا هنگامی که با سایر مواد زاید مخلوط شوند، ایجاد خطر کند. چنین مواد یا ترکیباتی می توانند یکی یا چند تا خاصیت داشته باشند، از جمله در طبیعت پایدار بوده و از نظر بیولوژیکی غیر قابل تجزیه در محیط باشند. برای موجودات زنده کشنده باشند. دارای اثر تجمعی و یا تاثیرات مخرب باشند. قدرت انساط بیولوژیکی داشته باشند (۷). برنامه ریزی و مدیریت ناصحیح این پسماند های خطرناک می تواند موجب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، آلودگی خاک و هوا و انتشار گازهای گلخانه ای مانند CO2، متان و... در سطح گسترده ای گردد (۸،۹). از این رو انتخاب مکان مناسب برای دفع پسماند های خطرناک یک فرآیند پیچیده و چالش برانگیز است، زیرا اولاً سلامت عمومی، کیفیت زندگی انسان و اکوسیستم های طبیعی را تحت تاثیر قرار می دهد، ثانیاً فاکتورهای زیادی در آن نقش دارند. بنابراین مکانیابی آن به یک روش چند معیاره نیاز دارد که مسائل طبیعی، فیزیکی، اجتماعی، سیاسی و زیبایی شناختی را ترکیب کند و بتواند محل دفع را از میان گزینه های گوناگون، شناسایی، آنالیز، ارزیابی و انتخاب نماید (۱۰،۱۱).

روش های تصمیم گیری چند معیاره MCDM توانایی ترکیب نظر کارشناسان با اطلاعات واقعی را دارند. این روشها معیارهای مختلف را ارزیابی کرده و همه اهداف و نتایج ممکن و متناقض ناشی از تجزیه و تحلیل را در بر می گیرند. روش فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) یکی از روش های تصمیم گیری چند معیاره است که به منظور اصلاح روشAHP به وسیله Thomas L. Saaty (1996) (۱۲) بر اساس تکنیک سوپرماتریس ها پیشنهاد شده است (۱۳). این روش قادر به حل مسائل پیچیده با ساختار غیر رده ای است. از مزایای عمده آن امکان در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح می باشد (۱۴).

بسیاری از مشکلات مدیریت و طراحی مکانی در دنیای واقعی نیازمند یک روش تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) بر پایه سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) است (۱۳،۱۵). ترکیبی از ویژگی های GIS وتکنیک MCDM رویکردی فراگیر در آنالیز به روش تصمیم گیری چند معیاره است که به صورت وسیعی توسط محققان در جهان برای مکان یابی بهینه دفع پسماندها استفاده شده است، نظیر AHP، AHP Fuzzy، ANP، PROMETHEE، Fuzzy TOPSIS، OWA، WLC و غیره می باشند (۱۱،۱۶). این مطالعات اهمیت به کارگیری GIS را به عنوان یک پشتیبان MCDM آشکار می سازند.

GIS به عنوان یک ابزار قوی، توانایی مدیریت حجم زیادی از داده ها با منابع متفاوت، شبیه سازی و مدیریت محدودیت های اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و زیست محیطی در کنار آن بسیاری از پارامترهای هیدرولوژی، هیدروژئولوژیکی، فیزیوگرافی و زیست محیطی را دارد. GIS با در نظر گرفتن تمامی پارامترها، قابلیت صرفه جویی در زمان و هزینه را داشته و یک بانک دیجیتال اطلاعاتی برای پایش طولانی مدت سایت مطالعاتی درست می کند (۱۷،۱۹). بسیاری از پژوهشگران از GIS و روش AHP و WLC و یا SAW (۳،۶،۱۰،۱۱،۱۶ و ۲۰-۲۲) و برخی از روش هایی مانند TOPSIS، PROMETHEE وElectre (۹ و ۲۳) استفاده نموده اند. Khan و Faisal (۲۰۰۸) در هند (۱۴)،-Aragonés

Beltrán و همکاران (۲۰۱۰) در اسپانیا (۲۴)، Banar و همکاران (۲۰۰۷) در ترکیه (۱۵) و Babalola و Busu (۲۰۱۱) در مالزی از روش ANP برای مکان یابی محل مناسب زباله های جامد شهری استفاده نمودند و آن را به عنوان ابزاری مفید با نتایج قابل قبول برای کمک به متخصصان در میان روش های MCDM یافتند (۱). نتایج مطالعه Isalou و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش تداخلی منطق فازی و ANP به منظور یافتن مکان دفن زباله شهری در قم نشان داده که این روش نتایج بهتری در مقابل سایر روش ها نظیر AHP، فازی وANP تنها به دست می دهد (۲۶).

در ایران به لحاظ وجود مناطق نفتی، استخراج، بهره برداری و پالایش نفت رشد چشمگیری داشته است و سبب ایجاد صنایع آلاینده شیمیایی نظیر صنایع پتروشیمی، نفت و گاز و پالایشگاه در کنار منابع حساس زیستی و جوامع انسانی شده است. هدف اصلی پروژه یافتن بهترین مکان برای دفع پسماند های خطرناک در استان بوشهر به عنوان یک قطب بزرگ صنعتی (صنایع آلاینده شیمیایی) در ایران با استفاده از روش WLCو ANP است تا کمترین اثرات ناخواسته و سوء اقتصادی و زیست محیطی را بر محیط اطراف داشته باشد.

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

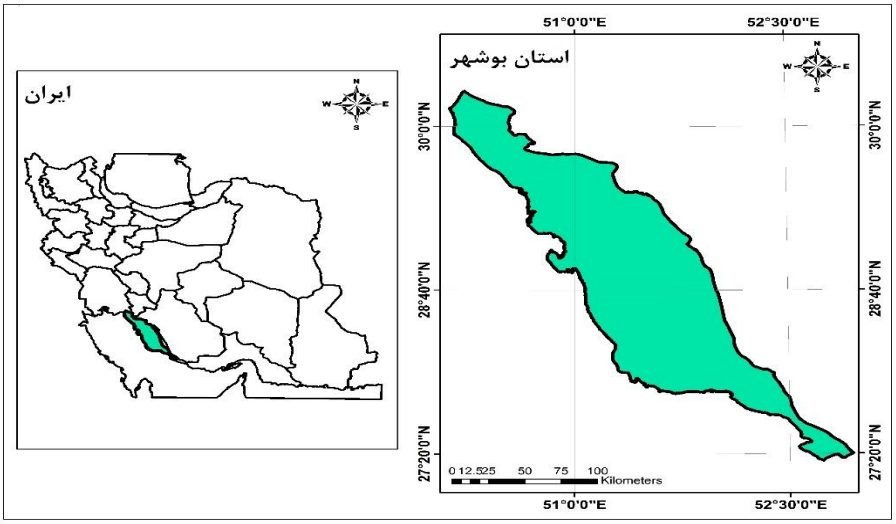
استان بوشهر در جنوب غربی ایران با جمعیتی برابر ۱۰۳۲۹۴۹ نفر و مساحتی برابر با ۲۳۰۷۲/۰۴ کیلومتر مربع به صورت نوار باریکی بین خلیج فارس و کوهپایه های سلسله جبال زاگرس قرار گرفته است (شکل ۱). پهنه سرزمین بوشهر به خاطر شرایط جغرافیایی خاص، قرار گرفتن در حاشیه خلیج فارس و داشتن مرزهای دریایی و بنادر تجاری و برخورداری از منابع عظیم نفت و گاز، وجود پالایشگاهها و مجتمع های پتروشیمی، موقعیت راهبردی واردات و صادرات از اهمیت اقتصادی و راهبردی زیادی برخوردار است، به طوری که پایتخت انرژی ایران لقب گرفته است. بنابراین به عنوان یک قطب صنعتی در ایران به لحاظ اکتشاف و استخراج نفت و فرآورده های نفتی و به تبع آن تولید پسماندهای خطرناک در کشور مطرح می باشد. با توجه حجم زیاد پسماند های صنعتی تولید شده در این استان تاکنون مکانی برای دفع پسماندهای خطرناک پسماند های صنعتی تعیین نشده است.

روش کار

مکان یابی محل دفع پسماند یک فرآیند دشوار، پیچیده و طولانی می باشد زیرا باید بسیاری از عوامل و معیارها در آن به دقت سازمان دهی و تجزیه و تحلیل شوند که هر کدام به نوبه خود حائز اهمیت بوده و محدودیت هایی نیز ایجاد می کنند (۲۷).

معیارها اساس تصمیم گیری هستند که می توانند محاسبه یا ارزیابی شوند و به دو دسته فاکتورها و محدودیت ها تقسیم می شوند که برای هر کدام از آنها لایه های اطلاعاتی و نقشه تهیه می شود (۱۵، ۲۸). بدین منظور ابتدا معیارهای هدف با استفاده از مطالعات کتابخانه ای، پژوهش های داخلی و خارجی، قوانین و دستورالعمل های سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۲۹) و آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (۷) شناسایی گردید. ۵۱ پارامتر جهت غربالگری اولیه به روش دلفی در نظر گرفته شدند. سپس پارامترهای مذکور در قالب پرسشنامه تنظیم گردیده و از کارشناسان در زمینه پسماند نظرسنجی به عمل آمد (۵). از جدول مورگان و بر اساس فرمول کوکران تعداد پرسشنامه ها برآورد گردید. بدین ترتیب که از تعداد ۱۵ پرسشنامه توزیع شده ۱۴ تا برگشت شد. همچنین پرسشنامه به طریقی طراحی شده بود که متخصصان را قادر می ساخت که اهمیت هر یک از پارامترهای ذکر شده را با استفاده از مقیاس بین ۰ تا ۵ ارزیابی نمایند. در نهایت، از تمامی پارامترهای ذکر شده، تنها ۲۴ پارامتر برای تجزیه و تحلیل مکان یابی سایت مناسب انتخاب شد. معیارهای انتخاب شده به دو گروه اصلی معیارهای اکولوژیکی و معیارهای اقتصادی- اجتماعی تقسیم شدند که در جدول ۱ آورده شده است (۱-۳، ۶، ۲۰، ۲۲، ۲۸ و ۳۰). به منظور ساخت لایه

کیفیت آب از لایه های EC، SAR و pH استفاده شد. اطلاعات به دست آمده مرتبط با معیارهای ذکر شده با سیستم زمین مرجع یکسان (UTM, WGS 1984, Zone 39 N)، با مقیاس و Cell size مشترک (۳۰×۳۰) به یک فرمت دیجیتال در محیط GIS تبدیل گردیدند. بدین ترتیب یک پایگاه اطلاعاتی از معیارهای هدف (فاکتورها و محدودیت ها) به منظور آنالیز مکانی برای شناسایی سایت های پتانسیل دفع پسماند های خطرناک صنایع پالایشگاهی در استان تشکیل گردید (۴).



شکل ۱- موقعیت استان بوشهر در ایران

Figure 1. Location of Bushehr Province in Iran

در مرحله بعد کلیه معیارها بر اساس منطق فازی و توابع عضویت کمی و نرمال شدند. منطق فازی به صورت وسیعی در شناسایی سایت های پتانسیل لندفیل به کار رفته است (۲۱) که در آن مقادیر عضویت بالاتر مطلوبیت بیشتر و مقادیر عضویت پایین تر مطلوبیت کمتری را برای کاربری مورد نظر نشان می‌دهد (۲۶). به منظور فازی نمودن نقشه های عامل، تعیین مقادیر آستانه معیارها و نوع و شکل تابع عضویت ضرورت دارد. انواع مختلف توابع عضویت بکار گرفته شده در این تحقیق شامل توابع گسسته، افزاینده یکنواخت و کاهنده یکنواخت است. روش مورد استفاده به منظور تبدیل نقشه های معیار به لایه فازی، روش تبدیل مقیاس خطی بوده که در آن مقادیر کمینه و بیشینه به عنوان نقاط مقیاس گذاری به شکل رابطه ۱ استفاده شده است (۳۱).

$$X_i = \frac{R_i - R_{min}}{R_{max} - R_{min}} * Standardized\ Rang \qquad (۱)$$

که در آن X_i: ارزش سلول بعد از استاندارد سازی، R_i: ارزش سلول قبل از استاندارد سازی، R_{min}: مقدار کمینه در عامل، R_{max}: مقدار بیشینه در عامل و Standardized Range: دامنه تغییرات استاندارد سازی می باشد.

در مورد معیارهای گسسته مثل کاربری اراضی و ... به دلیل عدم پیوستگی بین اعداد و یا حالات توصیفی، ابتدا ارزش های فازی مربوط به هر طبقه با استفاده از رابطه ۱ تعیین گردید و سپس با تعریف فیلد فازی در جدول مربوط به نقشه آن عامل، اعداد فازی به این فیلد منتقل شدند (جدول۱). محدودیت ها معیارهایی هستند که باعث محدودیت گزینه های تصمیم گیری شده و برخی مکان ها توسط آنها حذف می شوند. اساس تصمیم گیری در مورد آنها دلایل طبیعی یا استانداردها و قوانین وضع شده می باشد. در معیارهای محدودیت منطق فازی کاربرد ندارد و به منظور استاندارد سازی نقشه های محدودیت، از منطق بولین (Bolean logic) یا ۰ و ۱ استفاده می شود. بر این اساس منطقه مورد مطالعه به دو کلاسه مناطق مناسب با ارزش ۱ و مناطق نامناسب با ارزش ۰ تقسیم و نقشه های محدودیت با اجرای منطق بولین (رابطه ۲) به دست آمدند. (۱۷، ۳۲).

$$S = \Pi_{j=1}^{n} x_j \quad (۲)$$

ارزش شاخص تناسب برای هر معیار محدودیت که مقادیری بین ۰ و ۱ دارد. x_j :

n: تعداد معیارهای محدودیت

S: شاخص تناسب بولین

به منظور وزن دهی به فاکتورها در این مطالعه از روش تحلیل شبکه ای ANP استفاده شده است. این روش اجازه بررسی وابستگی های متقابل و فیدبک میان پارامترهای آنالیز تصمیم گیری (معیار و/ یا آلترناتیو) را از شبکه های تصمیم گیری می-دهد. ANP در حقیقت مدلی دقیق تر از تنظیمات پیچیده تاثیر عناصر در شبکه بر عناصر دیگر درون شبکه تصمیم گیری را فراهم می کند که آنرا با یک سوپرماتریس Super matrix نشان می دهد (۱۵، ۲۲ و ۲۴).

جدول ۱- شکل و نوع توابع عضویت شاخص های مؤثر در مطالعه و وزن معیارهای به دست آمده از روش ANP

Table 1, Shapes and types of membership functions of the effective indices and weighing the criteria using the ANP method in this study

شاخص	شکل تابع فازی	مطلوبیت	وزن معیار
شیب (درصد)	گسسته	۰ تا ۵ درصد مساوی ۱، ۵ تا ۲۵ درصد بین ۱ تا ۰، بیش از ۲۵ درصد مساوی صفر	۰/۱۵۲۶
ارتفاع (متر)	گسسته	۰ تا ۲۵۰ متر مساوی ۱، ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، بیش از ۱۰۰۰ متر مساوی صفر	۰/۰۲۱۸
بافت خاک	گسسته	خاک با با بافت متوسط برابر ۰/۴، خاک با بافت متوسط تا سنگریزه ای زیاد، بافت متوسط با سنگریزه ای زیاد مدور برابر ۰/۲، خاک با بافت سنگریزه ای، سنگریزه ای تا صخره ای، سنگریزه ای سبک، شنی و سبک برابر ۰	۰/۰۹۰۳
عمق خاک	گسسته	خیلی عمیق مساوی ۱، عمیق مساوی ۰/۸، نسبتاً عمیق مساوی ۰/۶، کم عمق مساوی ۰/۴، خیلی کم عمق مساوی ۰/۲.	۰/۱۴۲۶
کاربری اراضی	گسسته	اراضی بایر مساوی ۱، مراتع فقیر برابر ۰/۸، مراتع متوسط، زمین های خشک و مخلوط (کشاورزی و زمینهای خشک) مساوی ۰/۴، کشاورزی، کشاورزی، بیشه زار و باغ مساوی ۰/۲، سایر زمینها مساوی ۰	۰/۲۷۳۶
فرسایش	گسسته	فرسایش خیلی کم و فرسایش کم مساوی ۱، فرسایش کم مساوی ۰/۸، فرسایش کم تا متوسط مساوی ۰/۶، فرسایش متوسط مساوی ۰/۴، فرسایش متوسط تا خیلی زیاد مساوی ۰/۲، فرسایش خیلی زیاد مساوی ۰	۰/۰۰۸۱
زمین شناسی	گسسته	مارن، شیل، رس سنگ معادل ۱؛ شیست، توف رسی، سنگهای تبخیری، نهشته های ریز دانه رسی معادل ۰/۸؛ سنگهای آذرین و دگرگونی با شکستگی کم معادل ۰/۶؛ گنگلومرای توده ای معادل ۰/۴؛ سیلتستون و ماسه سنگ معادل ۰/۴؛ ماسه سنگ، آهک، دولومیت، گنبدهای نمکی،	۰/۰۱۶۰

	نهشته های دامنه ای، مخروط افکنه، دشت های سیلابی معادل ۰		
۰/۲۳۴	بیشتر از ۴۰ متر مساوی ۱، ۱۰-۴۰ متر بین ۰ و ۱، ۰-۱۰ متر مساوی ۰	افزاینده (خطی)	سطح ایستابی (متر)
۰/۰۱۵۷	۰-۱۰۰ میلیمتر مساوی ۱، ۱۰۰-۲۰۰ میلیمتر بین ۱ و ۰، بیشتر از ۲۰۰ میلیمتر مساوی ۰	گسسته	بارش (میلیمتر)
۰/۰۰۱۷	بیشتر از ۳۴۰۰ میلیمتر مساوی ۱، ۲۵۰۰-۳۴۰۰ میلیمتر بین ۰ ۱، ۰-۲۵۰۰ میلیمتر مساوی ۰	گسسته	تبخیر (میلیمتر)
۰/۰۱۵۷	جهت باد شرقی و شمال شرقی مساوی ۱، جهت باد جنوب شرقی مساوی ۰/۸، جهت باد جنوبی مساوی ۰/۶، جهت باد شمالی و غربی مساوی ۰/۴، جهت باد جنوب غربی و شمال غربی مساوی ۰/۲	گسسته	جهت باد غالب
۰/۰۰۴۸	PH برابر ۶/۵ تا ۹ مساوی ۰، کمتر از ۶/۵ و بیشتر از ۹ مساوی ۱. EC بیشتر از ۲۲۵۰ میلیمتر مساوی ۱، ۱۲۵۰-۲۲۵۰ متر بین ۰ و۱، ۰-۱۲۵۰ متر مساوی ۰	-	کیفیت آب (EC، PH، SAR)
۰/۱۶۰	بیش از ۱۵۰۰۰ متر مساوی ۱، ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر بین ۰ تا ۱، ۰ تا ۱۰۰۰ متر مساوی صفر	افزاینده (خطی)	فاصله از گسل (متر)
۰/۰۴۱۱	۰ تا ۳۰۰ متر مساوی ۰، ۳۰۰ تا ۳۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، بیش از ۳۰۰۰ متر مساوی ۱.	افزاینده (خطی)	فاصله از جاده (متر)
۰/۰۲۹۹	بیش از ۲۵۰۰ متر مساوی ۱، ۳۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۳۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از رودخانه (متر)
۰/۰۱۴۴	بیش از ۲۵۰۰ متر مساوی ۱، ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۱۰۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از مناطق حفاظت شده (متر)
۰/۰۱۶۹	بیش از ۱۰۰۰۰ متر مساوی ۱، ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۸۰۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از فرودگاه (متر)
۰/۰۱۸۳	بیش از ۱۵۰۰۰ متر مساوی ۱، ۲۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۲۰۰۰ مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از مناطق مسکونی (متر)
۰/۰۱۰۱	بیش از ۲۵۰۰ متر مساوی ۱، ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۱۰۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از خط ساحلی (متر)
۰/۰۳۰۵	بیش از ۲۵۰۰ متر مساوی ۱، ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۱۰۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از آبخوانها
۰/۰۱۱۰	بیش از ۲۵۰۰ متر مساوی ۱، ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۱۰۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از دشتهای سیلابی
۰/۰۲۳۹	بیش از ۱۰۰۰ متر مساوی ۱، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۵۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از چاه و چشمه
۰/۰۱۵۰	بیش از ۱۵۰۰۰ متر مساوی ۰، ۱۰۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا	کاهنده (خطی)	فاصله از صنایع پتروشیمی

	۱۰۰۰۰ متر مساوی ۱.		
۰/۰۰۷۳	بیش از ۴۵۰۰ متر مساوی ۱، ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ متر بین ۱ تا ۰، ۰ تا ۱۵۰۰ متر مساوی صفر.	افزاینده (خطی)	فاصله از اماکن تاریخی و مذهبی

مراحل انجام محاسبات وزن و اولویت گزینه ها با استفاده از مدل ANP در این مطالعه به طور خلاصه، به شرح زیر است:

در این پژوهش برای تعیین وزن نسبی و ضریب اهمیت هر یک از پارامترها بر اساس مدل تحلیل شبکه ای، میزان تأثیر هر یک از شاخص ها در تعیین مکان یابی محل دفع پسماند های خطرناک از مقیاس عددی ۱ تا ۹ (Saaty, 1996) به صورتی که عدد ۱ کمترین تأثیر و عدد ۹ بیشترین تأثیر را دارا بودند، تعیین گردیده است (۱۲). وزن نهایی پارامترها به روش ANP با نرم افزار Super Decision محاسبه شد (۲۵). رابطه بین خوشه ها و عناصر درون خوشه ها با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی ارزیابی شده است. لازم به ذکر است که در همه ماتریس های مقایسه ای نرخ یا نسبت سازگاری[1] (CR) باید قابل قبول شد (CR<0.1)، که با استفاده از بزرگترین مقدار بردار ویژه[2] (λ_{max}) به دست می آید (رابطه۳) و CI شاخص سازگاری ماتریس[3] مقایسات زوجی است که پارامترRI در رابطه ۴ تحت عنوان شاخص تصادفی از جدول Saaty و Vargas (۲۰۰۶) استخراج شده است (۳۳).

$$CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \qquad (۳)$$

$$CR=\frac{CI}{RI} \qquad (۴)$$

اگردر مدل ANP ، ساختار مورد نظر N خوشه با زیر مجموعه ($C_1 , C_2 , \ldots\ldots C_n$) باشد، در خوشه i ام، عنصر n ام وجود دارد. ابتدا لازم است با مقایسه دو به دوی معیارها، ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردد. به این منظور اگر دو خوشه C_i و C_j انتخاب شوند، همه عناصر C_i با اولین عنصر C_j مقایسه می شوند، پس از آن هر ماتریس مقایسه ای به دست آمده که شامل همه عناصر از خوشه C_i با اولین عنصر C_j است ماتریس مقایسات رابطه ۵ را تشکیل می دهد:

$$D=\begin{matrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{ni} \end{matrix}\begin{bmatrix} i_1 & i_2 & \ldots i_{ni} \\ a_{11} & a_{12} & \ldots a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{ni,1} & a_{ni,2} & \ldots a_{2n} \end{bmatrix} \qquad (۵)$$

تکنیک بردار ویژه از روشهای مناسب در وزن دهی هر عنصر در هر زیرگروه می باشد. وزن هر عنصر از طریق معادله ۶ تعیین شد:

$$W_i = \frac{1}{\lambda_{max}} \sum_{i=1}^{n} a_{ij}\, w_j \qquad i=1,2,3,\ldots\ldots n \qquad (۶)$$

که در آن (λ_{max}) بزرگترین مقدار بردار ویژه و a_{ij} درایه های ماتریس مقایسات زوجی می باشند. بردار ویژه ماتریس بالا شامل اوزان نسبی همه عناصر C_i مقایسه شده با اولین عنصر C_j می باشد که دوباره به صورت رابطه ۷ مرتب می شوند:

$$\begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} \\ w_{i2}^{j1} \\ \vdots \\ w_{ini}^{j1} \end{bmatrix} \qquad (۷)$$

برای به دست آوردن بردار ویژه آنها در ماتریس زیر همه عناصر C_i با همه عناصر C_j مقایسه می شوند، به این ترتیب که در صورتی که n_i نشان دهنده تعداد عناصر مجموعه C_i بوده و w_{ik}^{j1} بیانگر وزن عنصر k ام از زیر مجموعه i ام در مقایسه با عنصر یکم از زیر مجموعه j ام باشد، آنگاه ماتریس قضاوت برای عناصر زیر مجموعه i ام در رابطه با عناصر موجود از زیر گروه j ام از رابطه ۸ به دست می آید. در تمام موارد بردارهای ویژه باید نرمال شوند، یعنی جمع اجزای هر یک از آنها برابر با ۱ باشد.

$$w_{ik}^{j1}=\begin{bmatrix} w_{i1}^{j1} & w_{i1}^{j2} & \ldots & w_{i1}^{jnj} \\ w_{i2}^{j1} & w_{i2}^{j2} & \ldots & w_{i2}^{jnj} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{ini}^{j1} & w_{ini}^{j2} & \ldots & w_{ini}^{jnj} \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

ساخت ماتریس بالا برای تمام خوشه ها انجام خواهد شد تا در نهایت سوپر ماتریس بی وزن به صورت ماتریس زیر ایجاد گردد (رابطه ۹):

1 - Consistency Ratio
2 - Eigenvector
3 - Consistency Index

$$w_{ik}^{j1}=\begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{1N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ W_{N1} & W_{N1} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix} \quad (۹)$$

زمانی که وزن خوشه های C_i با مقایسه با همدیگر از طریق مقایسه بین و با خوشه های موثر و ضرب در وزن هر یک از عناصر مربوط به خوشه ها در سوپرماتریس بدون وزن محاسبه شد، سوپر ماتریس وزن داده نهایی شده (W_C) به دست خواهد آمد. ماتریس ارجحیت نهایی برای هر عنصر از هر زیر گروه با استفاده از زنجیره Saaty (۱۹۹۶) (۱۲) و ماتریس احتمالی مارکوف Markov، از طریق حد زیر محاسبه گردید (رابطه ۱۰).

$$W_C = \lim_{1\to\infty} w^{2k+1} \quad (۱۰)$$

بدین ترتیب اولویت بندی گزینه ها از مقایسه و مرتب سازی مقادیر ماتریس نهایی W_C در هر ستون امکان پذیر می باشد (۱۵، ۲۶).

در مرحله نهایی، نقشه پارامترها و وزن های به دست آمده به روشWLC (Weighted linear combination) و رابطه ۱۱ با هم تلفیق و نقشه مناطق مستعد احداث محل دفع پسماند های خطرناک در استان مورد نظر شناسایی و تولید شدند (۲۸، ۳۴).

$$S = \sum_{i=1}^{N} W_i\, C_i \Pi C_j \quad (۱۱)$$

S: امتیاز تناسب برای مکان های دفع زباله های خطرناک، W_i: وزن فاکتور i، C_i: ارزش فازی i، C_j: امتیاز برای معیارهای محدودیت j.

یافته ها و بحث

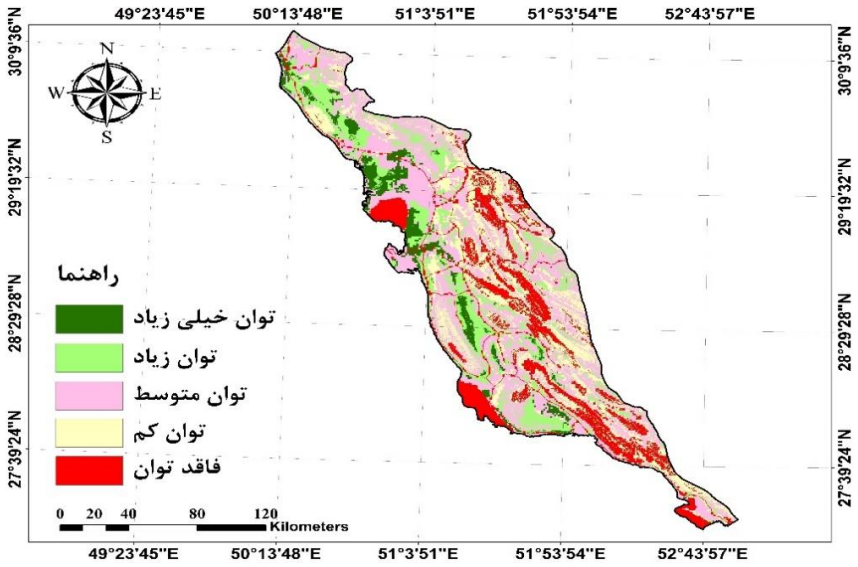
در مطالعه حاضر ابتدا لایه های اطلاعاتی در محیط GIS تعریف شده و نقشه ها با استفاده از روش ANP وزن دهی شدند که اعداد به دست آمده برای هر لایه معیار در جدول ۱ نشان داده شده است. میزانی از مقبولیت به منظور مکان یابی محل دفع پسماند های خطرناک منطقه مورد مطالعه با استفاده از مقادیرآستانه تعریف شده برای هر معیار و توابع عضویت فازی مشخص گردید. برای نقشه های محدودیت روش بولین اعمال شد تا مناطقی که به هیچ وجه قابلیت استفاده برای دفع ندارند، معرفی گردند. مقیاس معمول در منطق فازی بین صفر و یک متغیر است. بدین معنا که هر ناحیه بسته به میزانی که معیار تحت بررسی را رعایت می نماید، دارای مقدار عضویتی است که نمایانگر میزان مرغوبیت آن زمین است. یعنی هر منطقه یا پیکسل دارای مقدار عضویت بالاتر و نزدیک شدن به ارزش فازی یک، مرغوب تر خواهد بود.

پس از استاندارد نمودن نقشه ها، در مرحله تلفیق و همپوشانی لایه های مورد نظر به منظور دسترسی به مکان مناسب دفع پسماندها با استفاده از روش ترکیبی WLC نقشه واحدی که نشان دهنده محل های مکان یابی شده می باشد، به دست آمده است. بر اساس وزن به دست آمده، میزان تاثیر هر کدام از نقشه ها در مکان یابی تعیین گردید. وزن تعیین شده به این روش نشان می دهد که معیارهای اکولوژیکی با کسب ۶۱/۳۴ درصد از کل وزن معیارها نقش بیشتری را در فرآیند مکانیابی محل دفع پسماند های خطرناک در استان داشته در حالی که معیارهای اقتصادی اجتماعی با وزنی معادل ۳۸/۶۶ درصد از کل وزن معیارها نقش کمتری در فرآیند مکانیابی نشان داده اند. در بین پارامترهای به کار گرفته شده کاربری اراضی بیشترین وزن (۰/۲۷۳۶) و تبخیرکمترین وزن (۰/۰۰۱۷) را به خود اختصاص داده است. شکل ۲ پهنه بندی مناطق مستعد جهت مکانیابی محل دفع پسماند های خطرناک در منطقه مورد مطالعه که در ۵ کلاس نامناسب، توان کم، توان متوسط، توان زیاد و توان خیلی زیاد طبقه بندی شده است را نشان می‌دهد. در جدول ۲ نتایج حاصل از پهنه بندی نشان داد که از کل منطقه مورد مطالعه ۱۳۹۳۵۳/۴۸هکتار دارای توان خیلی بالا (۶/۱۳٪ کل منطقه) و ۳۵۲۶۲۰ هکتار دارای توان بالا می‌باشد. این در حالی است که ۴۰۲۰۴۲/۸۷ هکتار از استان به دلیل شرایط اکولوژیکی و بافت اجتماعی اقتصادی کلاً نامناسب (۱۷/۷٪ منطقه) برای احداث مکان های دفع این پسماندها تشخیص داده شده است.

جدول ۲- طبقه بندی بندی قابلیت سرزمین

Table 2. The area of land in capability class

طبقه بندی قابلیت سرزمین	سطح (هکتار)	سطح (٪)
توان خیلی بالا	۱۳۹۳۵۳/۴۸	۶/۱۳
توان بالا	۳۵۲۶۲۰	۱۵/۵۲
توان متوسط	۸۸۱۰۰۰	۳۸/۷۹
توان پایین	۴۹۶۱۸۳/۹۵	۲۱/۸۴
نامناسب	۴۰۲۰۴۲/۸۷	۱۷/۷۰



شکل ۲- نقشه قابلیت اراضی برای مکان یابی پسماندهای خطرناک در استان بوشهر

Figure 2. Map of areas with capability for selection of hazard waste site in Bushehr province.

انباشت پسماندهای خطرناک به طور غیر اصولی و یا در مکانی نامناسب می تواند عواقب جبران ناپذیری برای سلامت محیط زیست و بشر داشته باشد. با توجه به اهمیت این موضوع لازم است همزمان با توسعه صنعت و تکنولوژی برنامه هایی در جهت کنترل این قبیل آلودگی ها تدوین و اجرا گردد. از مهمترین این برنامه ها می توان به برنامه مدیریت پسماند های خطرناک اشاره کرد. دفع بهداشتی این پسماندها به عنوان یکی از راه کارهای متداول در اغلب کشورها به کار می رود. مکان یابی محل دفع پسماندها یک مشکل مکانی و یک تصمیم گیری فضایی بسیار پیچیده است، زیرا عوامل بسیار متعددی در این فرآیند تاثیرگذار می باشند. در این مقاله پژوهشی جهت مکان یابی سایت دفع پسماند های صنعتی خطرناک با تاکید برصنایع پتروشیمی به عنوان متمرکزترین صنایع موجود در استان بر اساس معیارها و محدودیت های زیست محیطی و اقتصادی اجتماعی انجام شده است. در این پژوهش با تاکید بر پارامترهای اکولوژیکی و همزمان با آن، فاکتورهای اقتصادی و اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه نقش عوامل زیاد دخیل در فرآیند مکان یابی محل دفع پسماندها و ماهیت مکانی هدف و اطلاعات ورودی به سیستم تصمیم گیری، این موضوع به عنوان یک مسئله چند معیاره در نظر گرفته شده و از تکنیک GIS به دلیل توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از داده های مکانی استفاده شده است (۱۶). بر اساس نتایج به

دست آمده ۶/۱۳ درصد از کل سطح استان دارای قابلیت خیلی زیاد بوده که می تواند به عنوان مناطق هدف برای سرمایه گذاری جهت احداث لندفیل های پسماند های خطرناک مورد نظر قرار گیرد. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخصهای کاربری اراضی (۰/۲۷۳۶)، شیب (۰/۱۵۲۶)، عمق خاک (۰/۱۴۲۶) و بافت خاک (۰/۰۹۰۳) به ترتیب از مهمترین عوامل مؤثر در مکانیابی محل دفع پسماند های خطرناک در منطقه پژوهش بوده اند. در مطالعات Babalola وBusu (۲۰۱۱) در دامانتروی مالزی معیارهای خاک، کاربری اراضی و آب زیر زمینی به ترتیب بیشترین وزن را داشته (۱)، در مطالعه Younes و همکاران (۲۰۱۳) برای احداث سایت دفن زباله در مالزی مهمترین فاکتورها را توپولوژی سرزمین و فاصله از آبهای سطحی به دست آورده اند (۳۲) و Isalou و همکاران (۲۰۱۳) در کهک ایران معیارهای توپوگرافی (شیب و ارتفاع) را موثرترین معیارها ارزیابی نمودند (۲۶).

نتایج تحقیق نشان داد که مدلسازی مکان یابی با روش ترکیب GIS و تکنیک MCDM (ANP وWLC) به کار رفته، یک روش عملی و مستقیم بوده و نتایج تولید شده کاربری روش فرآیند شبکه ای را آشکار می کند. امروزه متدولوژی استفاده شده بر پایه GIS و روند پیشرفت آن به سادگی با قابلیت ذخیره اطلاعات، بازیابی و آنالیز اطلاعات مکانی درحل مشکلات طراحی مکان به تصمیم گیران یاری می رساند (۱-۲). WLC روشی ست که با سبک و سنگین کردن میان همه فاکتورها به تصمیم گیری قدرت می دهد که در مطالعات Mahini و Gholamalifard (۲۰۰۶) (۲۸)، Berisa و Birhanu (۲۰۱۵) (۳)، Moeinaddini و همکاران (۲۰۱۰) (۱۸)، Gbanie و همکاران (۲۰۱۳) (۱۷) و Syed Ismail (۲۰۱۷) (۳۴) قابلیت آن به اثبات رسیده است.

فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) قادر است برای حل مسائل پیچیده با ساختار غیر رده ای و در سیستم های تصمیم گیری بازخور به کار رود و از مزایای عمده آن انعطاف پذیری است که از طریق شکستن یک مساله پیچیده تصمیم گیری با در نظر گرفتن ارتباط متقابل سطوح مختلف تصمیم نسبت به هم و همچنین ارتباط داخلی معیارهای تصمیم در یک سطح است که عملاً در سایر روشهای تصمیم گیری نادیده گرفته می شود. بنابراین یک روش ایده آل به منظور مدل سازی و ایجاد تعاملات و وابستگی ها میان شاخص ها است که باعث توجه اکثر محققان و مدیران به آن شده است (۱۳،۱۴، ۲۲ و ۲۶). Khan و Faisal (۲۰۰۸) از روش ANP با ۵ معیار و ۱۳ زیر معیار برای مکان یابی محل مناسب زباله های جامد شهری در هند استفاده نموده و آن را به عنوان یک راه حل مناسب برای حل مشکلات پیچیده مطرح نمودند (۱۴). Aragonés-Beltrán و همکاران (۲۰۱۰) در مقایسه دو روش ANP و AHP در حل مشکل مکان یابی محل دفن زباله های شهری در والنسیای اسپانیا با ۲۱ معیار، ANP را به عنوان ابزاری مفید با نتایج قابل قبول برای کمک به متخصصان در روش MCDM عنوان نموده اند (۲۴). Younes و همکاران (۲۰۱۵) بیان می دارند که ANP به خاطر توانایی برای تدبیر تعاملات و بازخورها و بنابراین توجیه و قضاوت تصمیم گیری به صورت وسیعی در بسیاری از تصمیم گیری ها به کار می رود (۳۲). Banar و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی سایت های لندفیل در Eskesehir ترکیه در مقایسه دو روش ANP و AHP به نتایج متفاوتی دست یافتند (۲۵). با توجه به اهمیت مکان یابی محل های دفع پسماند های خطرناک و همچنین در نظر گرفتن عوامل موثر بر آن روش ANP می تواند گامی موثر در تصمیم گیری مدیران و برنامه ریزان با در نظر گرفتن تمامی عوامل موثر بر تصمیم و ارتباط متقابل آنها باشد.

نتیجه‌گیری

بررسی و مطالعات مکان یابی محل های دفع پسماند های خطرناک بر اساس ویژگی های زیست محیطی و اقتصادی اجتماعی منطقه به عنوان یک ابزار برنامه ریزی و مدیریتی مناسب به خصوص برای جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آب زیرزمینی و رسیدن آلاینده ها به آن و انتشار آن را میسر می سازد. استان بوشهر به علت شرایط جغرافیایی خاص، نزدیکی به خلیج فارس، خشک بودن اقلیم استان با چشم انداز تغییرات اقلیمی، کمبود منابع آب سالم در این استان در حال حاضر جزو مناطق بحرانی و آسیب پذیر می باشد. با وجود واحدهای

صنعتی متعدد از جمله پالایشگاه ها و مجتمع های پتروشیمی، آلودگی شیمیایی این پسماندها می تواند موجب کاهش کیفیت آب شرب گردد و باعث ایجاد مشکلات بهداشتی و زیست محیطی و تحمیل هزینه های تصفیه آب، تخریب و آلودگی خاکهای مرغوب استان و از دست رفتن ارزش اقتصادی آن، انهدام و انقراض گیاهان نادر و مهم از نظر ژنتیک و دارویی، مهاجرت یا انقراض حیات وحش جانوری، تخریب آثار تاریخی موجود در استان و آسیب به جایگاه زیبایی شناختی، تفرجگاهی و گردشگری استان گردد. با توجه به حضور صنایع پالایشگاهی در استان بوشهر در ایران و ضرورت بسیار زیاد حفاظت از منابع آبی و خاکی استان برای دستیابی به پاسخ مساله مکان یابی محل دفع پسماندهای خطرناک در استان صنعتی بوشهر در از روش تلفیق WLC برای تهیه نقشه پهنه بندی و از ANP برای تعیین وزن نسبی معیارها استفاده شد. با توجه به سهم زیاد پارامترهای زیست محیطی و مساحت بسیارکم مناطق دارای قابلیت زیاد در این استان نتایج موفقیت آمیز این پژوهش کارایی مدل ارائه شده بر پایه تلفیق GIS و روش های MCDM برای ارائه گزینه مناسب ایجاد سایت های دفع پسماند های خطرناک را نشان داده است.

Reference

1. Babalola, A. and Busu, I., 2011. Selection of landfill sites for solid waste treatment in Damaturu Town-using GIS techniques. Journal of Environmental Protection. 2(01): 1-10.
2. Khan, D. and Samadder, S.R., 2014. Municipal solid waste management using Geographical Information System aided methods: A mini review. Waste Management & Research. 32(11): 1049-1062.
3. Berisa, G. and Birhanu, Y., 2015. Municipal Solid Waste Disposal Site Selection of Jigjiga Town Using GIS and Remote Sensing Techniques, Ethiopia. International Journal of Scientific and Research Publications. 5(4): 17pp.
4. Soroudi, M., Omrani, G., Moataar, F., Jozi, S.A. 2018. Modelling an Integrated Fuzzy Logic and Multi-Criteria Approach for Land Capability Assessment for Optimized Municipal Solid Waste Landfill Siting Yeast. Polish Journal of Environmental Studies. 27(1): 313-323.
5. Nouri, N., Poorhashemi, S.A., Monavari, S., Dabiri, F. and Hassani, A.H., 2011. Legal criteria and executive standards of solid waste disposal subjected to solid waste management act. Int. J. Environ. Res. 5(4): 971-980.
6. Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D. and 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(2): 287-296.
7. EPA. 2016. Environmental Guidelines Solid waste landfills. NSW Environment Protection Authority (EPA), Second edition, Report pollution and environmental incidents, 95 pp. www.epa.nsw.gov.au
8. Nishanth, T., Prakash, M.N. and Vijith, H., 2010. Suitable site determination for urban solid waste disposal using GIS and Remote sensing techniques in Kottayam Municipality, India. International Journal of Geomatics and Geosciences. 1(2): 197-210.
9. Hatami-Marbini, A., Tavana, M., Moradi, M. and Kangi, F., 2013. A fuzzy group Electre method for safety and health assessment in hazardous

waste recycling facilities. Safety science. 51(1): 414-426.

10. De Feo, G. and De Gisi, S., 2014. Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal. Waste management, 34(11): 2225-2238.
11. Hanine, M., Boutkhoum, O., Tikniouine, A. and Agouti, T., 2016. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TODIM methods for landfill location selection. SpringerPlus. 5(501), 30pp.
12. Saaty, T.L. 1996. Decision making with dependence and feedback: Analytic network process. Organization and Prioritization of Complexity. Pittsburgh: RWS Publications. 370 p.
13. Eldrandaly, K.A., 2013. Exploring multi-criteria decision strategies in GIS with linguistic quantifiers: an extension of the analytical network process using ordered weighted averaging operators. International Journal of Geographical Information Science. 27(12): 2455-2482.
14. Khan, S. and Faisal, M.N., 2008. An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. Waste management. 28(9): 1500-1508.
15. Afzali, A., Sabri, S., Rashid, M., Samani, J.M.V., Ludin, A.N.M., 2014. Inter-municipal landfill site selection using analytic network process. Water resources management. 28(8): 2179-2194.
16. Eskandari, M., Homaee, M. and Mahmodi, S., 2012. An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. Waste Management. 32(8): 1528-1538.
17. Gbanie, S.P., Tengbe, P.B., Momoh, J.S., Medo, J. and Kabba, V.T.S., 2013. Modelling landfill location using geographic information systems (GIS) and multi-criteria decision analysis (MCDA): case study Bo, Southern Sierra Leone. Applied Geography. 36: 3-12.
18. Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A. and Darvishsefat, A.A., 2010. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). Waste management. 30(5): 912-920.
19. Eskandari, M., Homaee, M., Mahmoodi, S., Pazira, E. and Van Genuchten, M.T., 2015. Optimizing landfill site selection by using land classification maps. Environmental Science and Pollution Research. 22(10): 7754-7765.
20. Tavares, G., Zsigraiová, Z. and Semiao, V., 2011. Multi-criteria GIS-based siting of an incineration plant for municipal solid waste. Waste management. 31(9-10). 1960-1972.
21. Hashemi, M., Pourzamani, H.R., Fadaei, S., Heidari, F., Safa, G., Parseh, I., Mohammadi, H. and Parastar, S., 2016. Locating industrial landfill using analytical hierarchy process (AHP) (Case study: Natanz-Isfahan industrial suburbs). Journal of Advances in Environmental Health Research. 4(4): 182-189.
22. Demesouka, O.E., Vavatsikos, A.P. and Anagnostopoulos, K.P., 2013. Suitability analysis for siting MSW landfills and its multicriteria spatial

decision support system: method, implementation and case study. Waste management. 33(5): 1190-1206.

23. Arıkan, E., Şimşit-Kalender, Z.T. and Vayvay, Ö., 2017. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. Journal of Cleaner Production. 142: 403-412.
24. Aragonés-Beltrán, P., Pastor-Ferrando, J.P., García-García, F. and Pascual-Agulló, A., 2010. An analytic network process approach for siting a municipal solid waste plant in the metropolitan area of Valencia (Spain). Journal of Environmental Management. 91(5): 1071-1086.
25. Banar, M., Kose, B.M., Ozkan, A. and Acar, I.P., 2007. Choosing a municipal landfill site by analytic network process. Environmental Geology. 52 (4): 747-751.
26. Isalou, A.A., Zamani, V., Shahmoradi, B. and Alizadeh, H., 2013. Landfill site selection using integrated fuzzy logic and analytic network process (F-ANP). Environmental Earth Sciences. 68(6): 1745-1755.
27. Kontos, T.D., Komilis, D.P. and Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste management. 25(8): 818-832.
28. Mahini, A.S. and Gholamalifard, M., 2006. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. International Journal of Environmental Science & Technology. 3(4): 435-445.
29. IDOE. 2001. Department of Environment, Iran. The regulation of sanitary municipal solid waste landfill site selection. pp55.
30. Sharifi, M., Hadidi, M., Vessali, E., Mosstafakhani, P., Taheri, K., Shahoie, S. and Khodamoradpour, M., 2009. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. Waste management. 29(10): 2740-2758.
31. Eastman, R.J. 2006. IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing. Clark University, Worcester. 328p.
32. Younes, M.K., Basri, N.E., Nopiah, Z.M., Basri, H. and Abushammala, M.F., 2015. Use of a combination of MRSS-ANP for making an innovative landfill siting decision model. Mathematical Problems in Engineering, 13pp.
33. Saaty, T.L., Vargas, L.G. 2006. Decision Making with the Analytic Network Process: Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. Springer; Softcover reprint of hardcover 1st edition. RWS Publications.
34. Syed Ismail, S.N. 2017. Landfill Site Selection Model Using an Integrated Approach of GIS and Multi Criteria Decision Analysis (MCDA): Example of Selangor, Malaysia. Asian Journal of Earth Sciences. 10(1): 1-8.