

Siting MSW Landfill of Ilam City using Boolean and Weighted Linear Combination Procedures in GIS Environment

Mehdi Gholamalifard¹,
Reza Omidipour²

¹ Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran
² MSc Range Management, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

(Received February 10, 2014 ; Accepted October 1, 2014)

Abstract

Background and purpose: Urban developments and population growth have dramatically increased all kinds of municipal solid waste (MSW) generation. Hence, treatment and disposal of municipal waste is one of the main concerns in urban environmental management. The aim of this study was to determine suitable locations for landfill based on environmental criteria using Boolean and Weighted Linear Combination (WLC) in Ilam (in the west of Iran).

Material and methods: First, the most important criteria effecting the location of landfill including slope, elevation, distance from the river, distance from the road, distance from the spring, land use, hydrogeology, distance from fault, and distance from residential areas were identified. Fuzzy membership functions and AHP method were used for standardization of criteria and determining the weights of factors, respectively.

Results: Boolean and a weighted linear combination methods shows that 99 and 93% of study area are not suitable for landfill siting, respectively. Also, the current landfill in Ilam shows a lack of consistency with the environmental criteria for MSW landfills.

Conclusion: In this study WLC showed greater consistency with the environmental criteria compared with Boolean logic. Current landfill site in Ilam does not meet many criteria of MSW disposal sites. Therefore, this poor waste management could seriously threaten the area's stability.

Keywords: Site selection, landfill, weighted linear combination, boolean approach, Ilam city

مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهر ایلام با استفاده از رویه‌های بولین و ترکیب خطی وزنی در محیط GIS

مهدی غلامعلی فرد^۱

رضا امیدی پور^۲

چکیده

سابقه و هدف: توسعه روز افزون مناطق شهری و افزایش بی‌رویه جمعیت در آن‌ها باعث تولید انواع پسماندهای شهری شده است. بنابراین چگونگی دفع و معدوم‌سازی پسماندهای شهری به یک دغدغه در محیط‌زیست شهری تبدیل گردیده است. این تحقیق با هدف تعیین مناطق مناسب برای دفن زباله بر اساس ضوابط محیط‌زیست و با استفاده از روش‌های بولین و ترکیب خطی وزنی در شهر ایلام انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها: در تحقیق حاضر ابتدا معیارهای مهم و موثر در مکان‌یابی محل دفن پسماند شامل شیب، ارتفاع، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از چشمه، کاربری اراضی، هیدروژئولوژی، فاصله از گسل و فاصله از مناطق مسکونی شناسایی گردید. همچنین برای استانداردسازی فاکتورها از توابع عضویت فازی و برای تعیین وزن لایه‌ها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج روش‌های بولین و ترکیب خطی وزنی نشان داد به ترتیب ۹۹ و ۹۳ درصد از منطقه فاقد هر گونه شایستگی برای مکان‌یابی محل دفن پسماند می‌باشد. همچنین سایت فعلی دفن پسماندهای شهر ایلام در محلی واقع شده که معیارهای محیط‌زیستی در آن رعایت نشده است.

استنتاج: نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی نسبت به منطق بولین دارای تطابق بیشتری با معیارهای محیط‌زیست می‌باشد. محل کنونی دفن پسماند شهر ایلام فاقد بسیاری از ضوابط محل‌های دفع پسماندهای عادی می‌باشد؛ بنابراین انتظار می‌رود که مدیریت ضعیف پسماندهای این شهر پایداری آینده این ناحیه را به شدت تهدید کند.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، محل دفن پسماند، ترکیب خطی وزنی، منطق بولین، شهر ایلام

مقدمه

مشکلات عمده و پرهزینه برای اغلب مدیران شهری می‌باشد. بنابراین انجام مدیریت و برنامه‌ریزی برای ساماندهی پسماندهای شهری که زیرمجموعه مدیریت شهری محسوب می‌گردد، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

با گسترش شهرها و به تبع آن افزایش فعالیت‌های شهری و افزایش مصرف، مقادیر زیادی پسماند در جوامع شهری تولید می‌گردد؛ به طوری که هم اکنون دفع پسماندهای ناشی از این گسترش شهر و شهرنشینی یکی از

E-mail: m.gholamalifard@modares.ac.ir

مؤلف مسئول: مهدی غلامعلی فرد - نور: خیابان امام، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۱. استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۲. کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۵/۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۷/۹

پسماندهای شهری یکی از تولیداتی است که عدم توجه به آن می‌تواند چشم‌انداز واحدهای شهری را تحت تاثیر قرار دهد. از آن‌جا که توسعه روز افزون مناطق شهری و افزایش بی‌رویه جمعیت در آن‌ها باعث تولید انواع پسماندهای شهری شده است، آن‌چه امروز به یک دغدغه در محیط‌زیست شهری تبدیل گردیده چگونگی دفع و معدوم‌سازی پسماندهای شهری است. در این زمینه لازم است ابتدا مطالعات وسیعی برای برنامه‌ریزی، طراحی و مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری، با توجه به فاکتورهای مؤثر بر این راستا انجام گیرد. به لحاظ مبانی نظری مکان‌یابی فعالیت است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را از لحاظ وجود زمین مناسب و کافی برای کاربری خاص، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. اگرچه شاخص‌های مورد استفاده در مکان‌یابی نسبت به نوع کاربرد، متفاوت می‌باشند، اما همه آن‌ها در جهت انتخاب مکان مناسب همسو هستند (۱).

از آن‌جا که در اکثر موارد، معیارهای متعددی در فرآیند مکان‌یابی و مدیریت آن مورد استفاده قرار می‌گیرند، لذا تجزیه و تحلیل این معیارها فقط در چارچوب سیستم‌های ارزیابی چندمعیاره میسر می‌باشد که این مهم نیز در قالب استفاده از تکنولوژی‌های جدید از قبیل سنجش از دور و GIS امکان‌پذیر خواهد بود (۲، ۳).

در ایران تحقیقات متنوعی در مورد مکان‌یابی برای محل دفن زباله انجام گرفته است که از جمله این تحقیقات می‌توان به ماهینی و غلامعلی فرد (۲۰۱۱) در شهر گرگان (۴)، خورشید دوست و عادلی (۱۳۸۸) در شهر بناب (۵)، نیکنمی و حافظی مقدس (۱۳۸۹) در شهر گلپایگان (۶)، رسولی و همکاران (۱۳۹۱) در شهرستان مرند (۷)، اله‌آبادی و ساقی (۱۳۹۰) در بخش روداب سبزوار (۸)، رهنما و همکاران (۱۳۹۱) در مشهد (۹) و امیدخواه و همکاران (۱۳۹۲) در شرق استان گیلان (۱۰) اشاره نمود.

Chang و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی مکان‌های مناسب را برای دفن پسماندهای شهر هارلینگن در

جنوب تگزاس را با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری مکانی، ارزیابی چندمعیاره و منطق فازی انتخاب و سپس اولویت‌بندی نمودند (۱۱). Onut و Soner (۲۰۰۸) در پژوهشی از یک روش بر اساس تاپسیس فازی برای حل مسئله انتخاب مکان پسماندها در استانبول ترکیه استفاده کردند (۱۲). Nas و همکاران (۲۰۱۰) برای مکان‌یابی مناطق مناسب برای دفن پسماندهای جامد شهری در شهر کامرا در ترکیه از روش ارزیابی چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده نمودند (۱۳). جمع‌بندی مرور منابع نشان می‌دهد که در اکثر نقاط جهان برای مکان‌یابی محل دفن پسماند از ابزارهای نوین و کارآمد از قبیل سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تکنیک‌های سنجش از دور استفاده می‌گردد.

استان ایلام یکی از استان‌های غربی کشور است که دفع غیربهداشتی و غیراصولی ۸۰ درصد از زباله‌های تولید شده در آن به یک بحران زیستی برای مردم و طبیعت این استان تبدیل شده است. میزان کل تولید زباله در شهر ایلام به‌طور روزانه ۲۲۰-۱۸۰ تن برآورد شده است که ۷۰ درصد زباله‌ها را مواد فسادپذیر تشکیل می‌دهند (۱۴). از سوی دیگر مکان فعلی دفن پسماندهای شهر ایلام در بالادست حوزه آبریز سد ایلام قرار گرفته که تنها منبع تامین آب شرب این شهر می‌باشد. با توجه به فاصله ۸ کیلومتری مکان فعلی دفن پسماند تا سد ایلام و فاصله ۱۰۰ متری از نزدیک‌ترین آبراهه، این نگرانی وجود دارد که شیرابه پسماندها به‌همراه رواناب‌های سطحی وارد سد شود. محل قرارگیری مکان فعلی دفن پسماندهای شهر ایلام در تصویر شماره ۱ نشان داده شده است.

در حال حاضر زباله‌های شهر ایلام به روش تلنبار کردن در حوزه آبریز سد چم‌گردلان، دفع می‌گردد و ضرورت دارد با انجام کارشناسی نسبت به انتخاب روش و مکان مناسب‌تری برای دفن بهداشتی اقدام نمود (۳). از طرف دیگر مکان فعلی در ارتفاعات قرار دارد و از دو سمت مشرف بر روستای مالبره و شهرک سرتاف



تصویر شماره ۱: نمایی از موقعیت مکان دفن زباله فعلی شهر ایلام و نزدیک ترین آبراهه

استفاده از خط رأس‌های جغرافیایی به دست آمده است. شهر ایلام، با جمعیتی حدود ۱۷۲ هزار نفر (۱۵)، مرکز استان ایلام در غربی‌ترین نقطه کشور در موقعیت جغرافیایی $۱۷^{\circ} ۴۶'$ تا $۳۰' ۴۶^{\circ}$ طول شرقی و $۳۲' ۳۳^{\circ}$ تا $۴۱' ۳۳^{\circ}$ عرض شمالی واقع گردیده است. تصویر شماره ۲ موقعیت جغرافیایی شهر ایلام را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق (تصویر شماره ۲) مساحتی در حدود ۱۴۲۶۸ هکتار دارد که حدود ۶ درصد از کل مساحت شهرستان ایلام (۲۱۶۵۰۰ هکتار) را شامل می‌شود (۱۶). و از نرم‌افزارهای ArcGIS 9.3، IDRISI Selva، Envi 4.8، و Google Earth استفاده گردید.

پس از انتخاب منطقه مورد مطالعه، یکی از مهم‌ترین مراحل در فرآیندهای مکان‌یابی، تهیه و توسعه پایگاه داده‌های مکانی می‌باشد. پس از تعیین معیارهای موثر در فرآیند مکان‌یابی، اطلاعات مربوط به آن‌ها از منابع موجود جمع‌آوری گردید. نقشه کاربری اراضی از تصویر ماهواره لندست ۸ با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال شباهت تهیه گردید. همچنین سایر لایه‌ها از قبیل لایه توپوگرافی، آبراهه، جاده و ... از پایگاه ملی داده‌های علوم زمین دریافت گردید.

معیارها پایه و اساس تصمیم‌گیری هستند که می‌توان آن‌ها را اندازه‌گیری و ارزیابی نمود. معیارها بر دو نوع فاکتور (Factor) و محدودیت (Constraint)

(شهید کشوری) می‌باشد که در صورت ادامه روند افزایش تولید پسماند، زندگی ساکنان این مناطق با مخاطرات جدی روبه‌رو خواهد بود. علاوه بر این در صورتی روند افزایش جمعیت و گسترش شهر و در نتیجه افزایش تولید پسماند به شیوه کنونی ادامه داشته باشد، این نگرانی وجود دارد که دفع غیربهداشتی پسماندها و نبود مکان مناسب و کارشناسی شده در چارچوب معیارهای محیط‌زیستی برای دفع پسماندها، زندگی ساکنان این شهر را در آینده‌ای نه چندان دور با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو سازد. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تعیین مناطق مناسب برای دفن پسماندهای شهری بر اساس ضوابط محیط‌زیستی و با استفاده از روش‌های بولین (منطق اشتراک) Boolean و ترکیب خطی وزنی (WLC) Weighted Linear Combination در شهر ایلام انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شهر ایلام و حومه آن می‌باشد، زیرا این شهر پرجمعیت‌ترین شهر استان بوده و نداشتن مکان مناسب برای دفن پسماندها یکی از مهم‌ترین مشکلات آن می‌باشد؛ از طرفی محدوده شهرستان ایلام بسیار وسیع می‌باشد. لذا محدوده مورد مطالعه در این پژوهش با استفاده از نقشه توپوگرافی و

همچنین محدودیت‌ها نیز شامل فاصله از مناطق حفاظت‌شده، فاصله از مراکز تفریحی و آموزشی (دانشگاه علوم پزشکی و دانشگاه ایلام)، فاصله از فرودگاه و فاصله از مناطق مسکونی (تصویر شماره ۴) می‌باشند. فاصله از مناطق مسکونی به دو صورت مورد استفاده قرار گرفته است (Factor و Constraint)؛ اول این که در فاصله از ۱ کیلومتر مناطق مسکونی هیچ منطقه مناسب برای دفن زباله نباشد (محدودیت) و دوم این که با افزایش فاصله از مناطق مسکونی شایستگی برای دفن پسماند بیش‌تر گردد (معیار). در این تحقیق نقش برخی از معیارها مانند مالکیت زمین که می‌تواند در انتخاب نهایی و اولویت‌بندی تاثیرگذار باشند، مورد بررسی قرار نگرفته است. زیرا چنین معیارهایی قابلیت ورود به مدل را ندارند (به دلیل عدم وجود نقشه مربوطه) ولی در مرحله سایت ویزیت لحاظ خواهند شد.

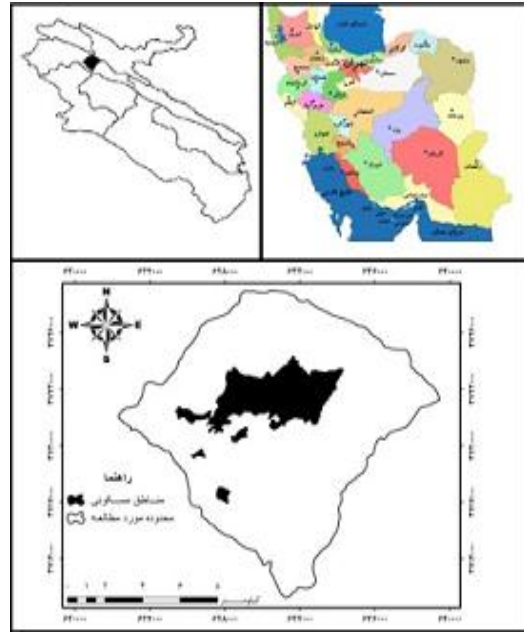
با توجه به این که فاکتورهای مورد استفاده در فرآیندهای مکان‌یابی دارای واحدهای گوناگونی هستند، لازم است قبل از ترکیب با یکدیگر، تمامی فاکتورها استانداردسازی شوند (۱۷). برای استانداردسازی فاکتورها، در این تحقیق از توابع عضویت استفاده شد. توابع مورد استفاده در این تحقیق تابع عضویت خطی و تابع عضویت سیگموئیدال می‌باشد. تابع عضویت خطی با استفاده از رابطه شماره (۱) محاسبه می‌گردد (۱۸):

$$R_t = \frac{(R_t - R_{min})}{(R_{max} - R_{min})} \times standardization \quad (1)$$

در رابطه شماره (۱) R ارزش اولیه، R_{min} : حداقل ارزش و R_{max} : حداکثر ارزش می‌باشد. تابع عضویت سیگموئیدال با استفاده از رابطه شماره (۲) محاسبه می‌گردد (۲):

$$\mu = \cos^2 a \quad (2)$$

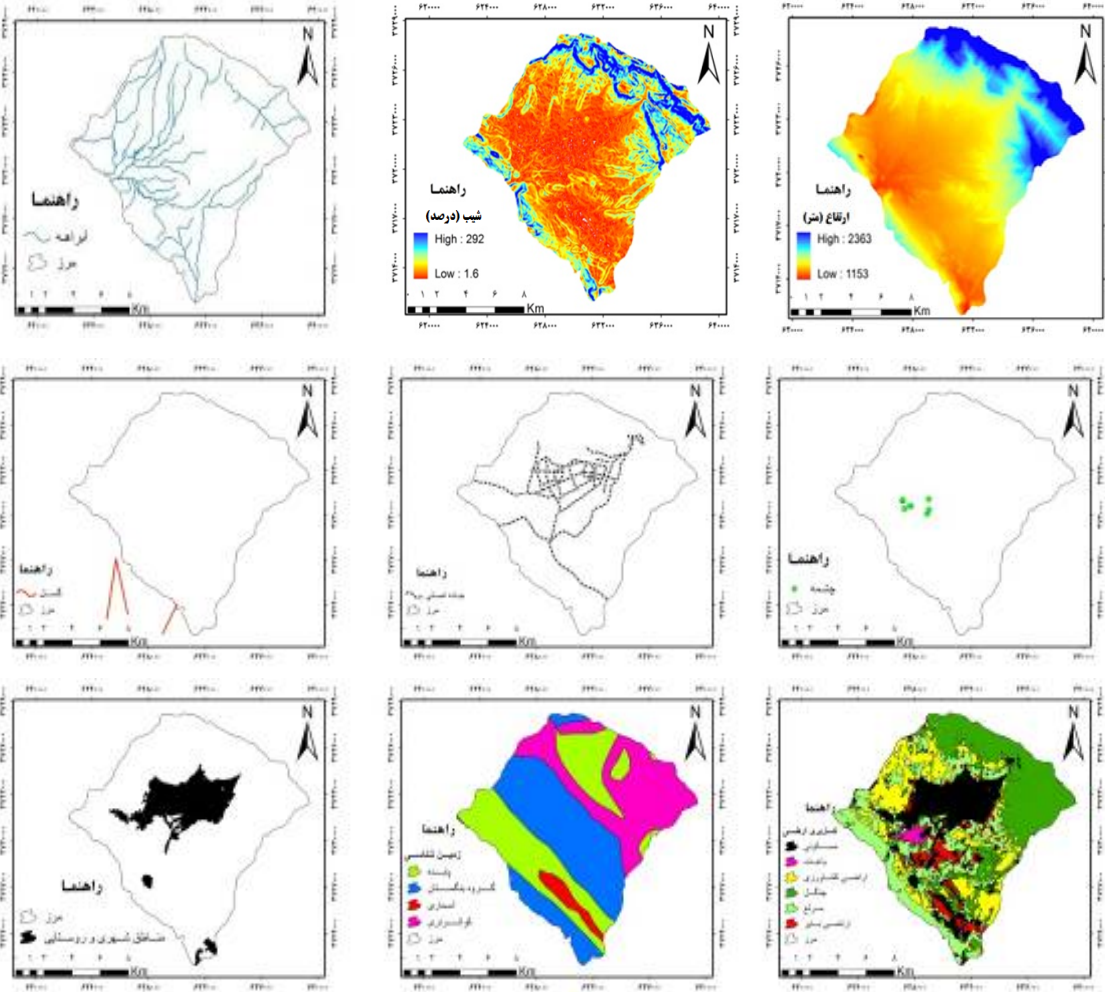
در صورتی که تابع عضویت از نوع کاهشی باشد a از رابطه شماره (۳) و در صورتی افزایشی باشد a از



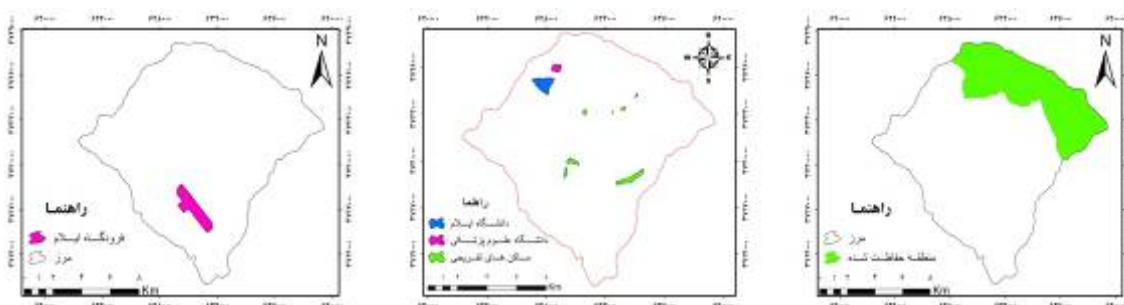
تصویر شماره ۲: محدوده منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

تقسیم‌بندی می‌شوند. فاکتورها معیارهایی هستند که شایستگی نهایی را برای یک هدف خاص کاهش یا افزایش می‌دهند و معمولاً پیوسته می‌باشند. محدودیت هدف مورد نظر را محدود می‌سازد و معمولاً از نوع بولین هستند (صفر و یک). روشی که در آن معیارها انتخاب و برای رسیدن به یک ارزیابی خاص با یکدیگر ترکیب می‌شوند و ارزیابی‌های براساس آن مقایسه می‌گردد، قانون تصمیم (Decision Rule) نامیده می‌شود (۱۱).

بر اساس قانون تصمیم در این تحقیق، فاکتورها شامل شیب، ارتفاع، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، فاصله از چشمه، کاربری اراضی، هیدروژئولوژی (در تحقیق حاضر معیار زمین‌شناسی با عنوان هیدروژئولوژی مورد بررسی قرار گرفته است) فاصله از گسل و فاصله از مناطق مسکونی (شهری و روستایی) (تصویر شماره ۳) بود. هیدروژئولوژی معیاری است که از آب‌های زیرزمینی بحث می‌کند و به عنوان شعبه‌ای از زمین‌شناسی، منشأ، ترکیب، خواص، کیفیت، گسترش و حرکت آب را در داخل قشرهای زمین مورد مطالعه قرار می‌دهد. به همین علت در تحقیق حاضر زمین‌شناسی و سازند مورد استفاده قرار گرفته است.



تصویر شماره ۳: معیارهای مورد استفاده در این مطالعه



تصویر شماره ۴: محدودیت های مورد استفاده در این تحقیق

در روابط (۲)، (۳) و (۴)، a، b، c و d نقاط کنترل در تابع عضویت سیگموئیدال می باشند. معیارهای فازی شده در روش ترکیب خطی وزنی در تصویر شماره ۵ نشان داده شده اند.

رابطه شماره (۴) تعیین می گردد (۱۵، ۱۹).

$$\alpha = \frac{(x - \text{pointc})}{(\text{pointd} - \text{pointc})} \times \frac{Pl}{2} \quad (3)$$

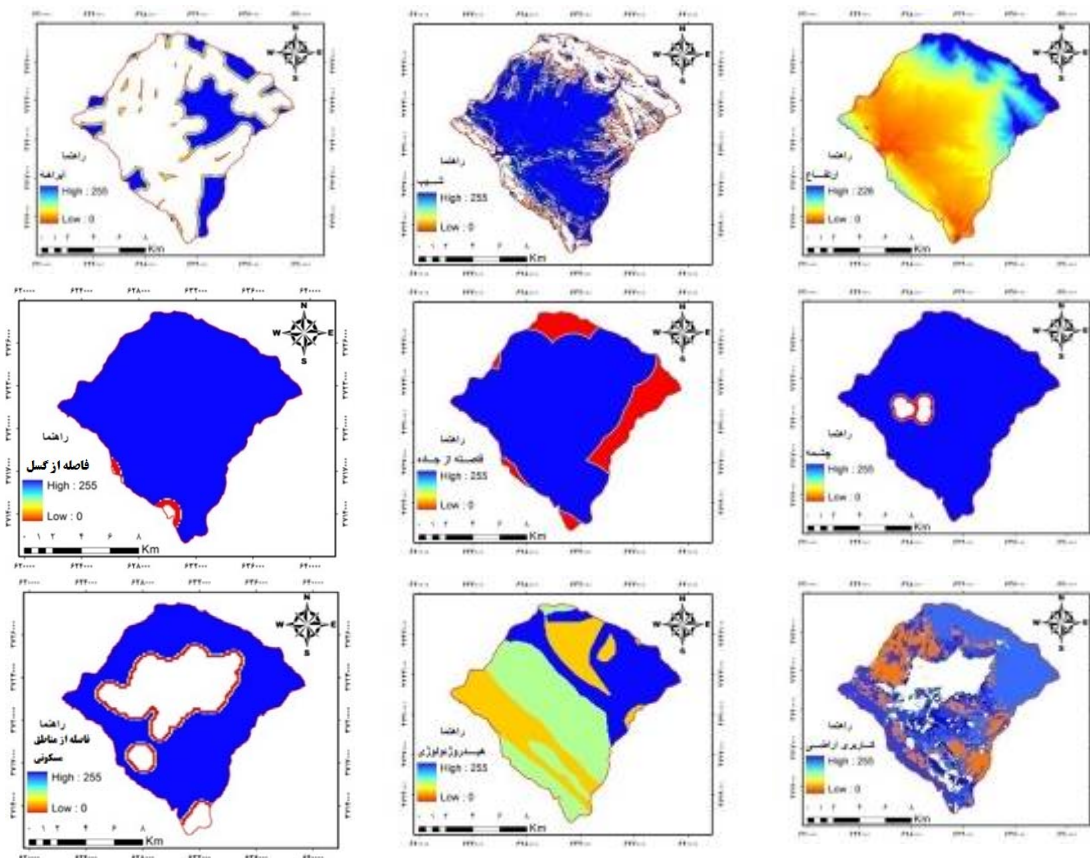
$$\alpha = \left(1 - \frac{(x - \text{pointa})}{(\text{pointb} - \text{pointa})}\right) \times \frac{Pl}{2} \quad (4)$$

در روش بولین ابتدا تمامی معیارها به صورت صفر و یک ایجاد و در نهایت با منطق AND (تقاطع یا اشتراک) یا OR (اجتماع) با هم ترکیب می گردند. در این تحقیق از منطق AND استفاده گردید. روش بولین به عنوان روشی فاقد ریسک شناخته می شود، به عبارت دیگر نتایج به دست آمده از این روش در تمامی معیارها دارای حداکثر شایستگی می باشد (۱۷). تصویر شماره ۶ فاکتورهای موثر در مکان یابی استفاده شده در منطق بولین را نشان می دهد.

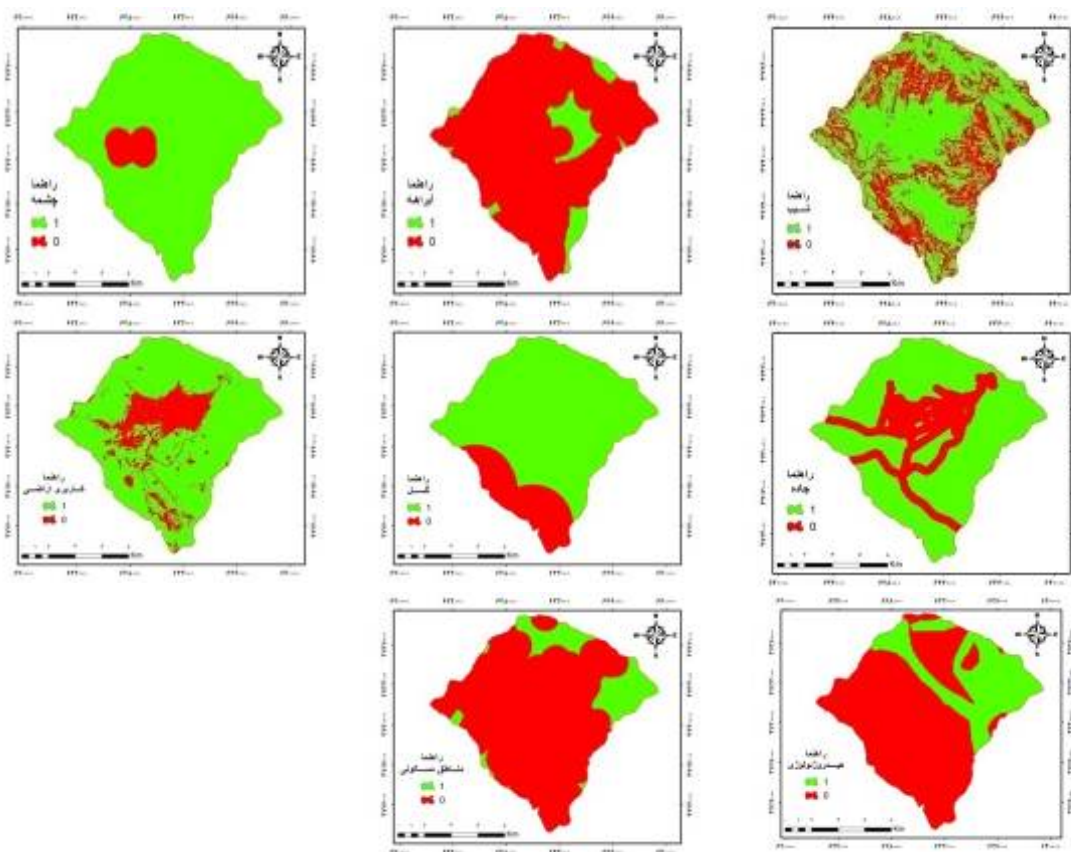
روش ترکیب خطی وزنی یا وزن دهی ساده افزایشی (SAW) Simple Additive Weighting، رایج ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاری است. این روش بر مبنای مفهوم میانگین وزنی استوار است. تحلیل گر یا تصمیم گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی معیارهای تأثیر گذار در مکان یابی، وزن آنها را محاسبه می کند. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن

که در آن S: شایستگی نهایی، W_i : وزن فاکتور نام X_i : نمره معیار برای فاکتور نام می باشد. معمولاً در مکان یابی معیارهایی به عنوان محدودیت وجود دارند که مکان یابی نهایی را تحت تاثیر قرار می دهند. بنابراین رابطه شماره (۳) به صورت رابطه شماره (۴) اصلاح می گردد (۴).

$$S = \sum W_i X_i \cdot \alpha_i \quad (4)$$



تصویر شماره ۵: معیارهای فازی شده در روش ترکیب خطی وزنی



تصویر شماره ۶: معیارهای مورد استفاده در منطق بولین

یافته ها

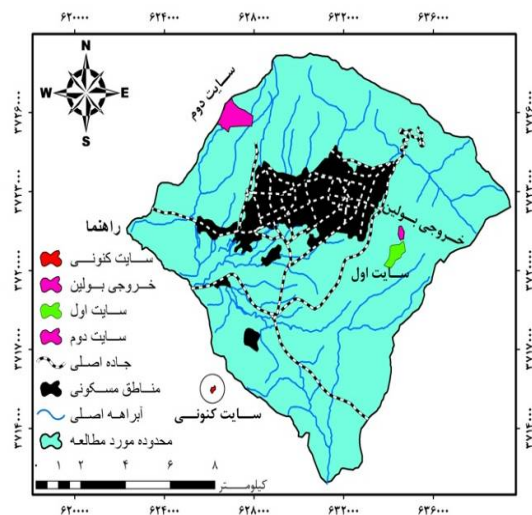
مقایسه معیارهای مؤثر در منطق بولین نشان داد که بیشترین محدودیت مربوط به معیارهای فاصله از آبراهه، فاصله از مناطق مسکونی و هیدروژئولوژی می باشد (تصویر شماره ۶). نتایج حاصل از روی هم گذاری معیارها با استفاده از منطق بولین (منطق اشتراک) نشان می دهد که کمتر از یک درصد از کل محدوده مورد مطالعه (حدود ۱۲ هکتار) دارای شرایط برای دفن پسماند می باشد (تصویر شماره ۷).

پس از تهیه لایه رقومی معیارهای مؤثر در مکان یابی، با استفاده از توابع عضویت فازی، استانداردسازی فاکتورها انجام گرفت. جدول شماره ۱ نشان دهنده نقاط کنترل و توابع عضویت فازی است. با توجه به این که دو نقشه کاربری اراضی و هیدروژئولوژی فاقد واحد بودند برای هر کدام از طبقات این نقشه ها امتیازاتی در نظر گرفته شد (جدول شماره ۲). مهم ترین

که در آن C_j : نمره معیار برای محدودیت زام می باشد. در این تحقیق برای تعیین وزن فاکتورها (W_i) از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (روش ساعتی) استفاده گردید. در این روش فاکتورهای تأثیرگذار در مکان یابی به صورت دو به دو مقایسه می گردند و در نهایت وزن هر لایه به دست می آید (مجموع وزن تمامی فاکتورها برابر با یک است). اطمینان از صحت وزن های به دست آمده با معیار به نام ضریب توافق (CR) مورد ارزیابی قرار می گیرد که مقدار این ضریب باید کم تر از ۰/۱ باشد (۱۸). مکان یابی سایت های مناسب برای براساس دو ویژگی حداقل مساحت و حداقل شایستگی انجام شد. پس از انجام مکان یابی مناطق مناسب برای دفن پسماند با استفاده از روش WLC، برای اولویت بندی مناطق انتخابی از ضوابط محیط زیستی محل های دفع پسماندهای عادی سازمان حفاظت محیط زیست (۱۹) استفاده گردید.

فازی افزایشی، استانداردسازی شده است (جدول شماره ۲). همچنین جدول شماره ۳ وزن فاکتورهای به دست آمده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای فاکتورهای مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد بر اساس نتایج به دست آمده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن مربوط به معیارهای هیدروژئولوژی (۰/۲۹۳۶)، ارتفاع و فاصله از گسل (۰/۱۷۰۵) و کمترین وزن مربوط به معیار شیب (۰/۰۳۱۲) بود (جدول شماره ۳).

همچنین نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی نشان‌داد حدود ۹۳ درصد از منطقه فاقد هر گونه شایستگی می‌باشند و در خروجی نهایی بیشترین طبقه شایستگی، کلاس ۱۵۰ تا ۲۰۰ و کلاس ۵۰ تا ۱۰۰ به ترتیب ۷۳۲ و ۱۹۷ هکتار می‌باشد. بر اساس رویکرد ترکیب خطی وزنی دو سایت دارای ویژگی‌های مناسب برای دفن پسماند انتخاب گردید. سایت A دارای مساحتی ۴۵ هکتار در غرب شهر ایلام و سایت B با



تصویر شماره ۷: نقشه مکانی‌یابی نهایی مناطق مناسب برای دفن زباله

سازندهای منطقه مورد مطالعه عبارتند از: پابده، گروه بنگستان، آسماری و کواترنری و مهم‌ترین کاربری اراضی‌های موجود در منطقه نیز عبارتند از مناطق مسکونی، باغات، اراضی کشاورزی، جنگل، مرتع، اراضی بایر که بر اساس مطلوبیت کمی شده و با تابع

جدول شماره ۱: مقادیر مورد استفاده برای منطق بولین و توابع عضویت فازی و مقادیر نقاط کنترلی برای استاندارد سازی فاکتورهای مورد استفاده برای مکان‌یابی

فاکتور	منطق بولین	نقطه کنترلی a یا b	نقطه کنترلی c یا d	نوع تابع	نوع عضویت
شیب (درصد)	-	۱۱	۳۰	Sigmoidal	decreasing
ارتفاع (متر)	-	۱۱۰۰	۲۳۰۰	Linear	increasing
فاصله از آبراهه (متر)	۱۰۰۰	۵۰۰	۸۰۰	Sigmoidal	increasing
فاصله از جاده (متر)	۳۰۰	۵۰۰	۸۰۰	Sigmoidal	increasing
فاصله از چشمه (متر)	۴۰۰	۵۰۰	۸۰۰	Sigmoidal	increasing
کاربری اراضی (بدون واحد)	-	۰	۰/۸	Linear	increasing
هیدروژئولوژی (بدون واحد)	-	۰	۰/۸	Linear	increasing
فاصله از گسل (متر)	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	Linear	increasing
فاصله از مناطق مسکونی (متر)	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	Linear	increasing

جدول شماره ۲: مقادیر مورد استفاده برای توابع کاربری اراضی و ژئوهیدروژئولوژی برای دو رویه بولین و WLC

کاربری اراضی	رتبه در روش بولین	رتبه در روش WLC	نوع سازند	رتبه در روش بولین	رتبه در روش WLC
مناطق مسکونی	۰	۰	سازنده پابده	۱	۰/۸
باغات	۰	۰/۲	گروی بنگستان	۱	۰/۸
اراضی کشاورزی	۱	۰/۴	سازند آسماری	۱	۰/۸
جنگل	۱	۰/۶	سازند کواترنری	۰	۰/۱
مرتع	۱	۰/۷			
اراضی بایر	۱	۰/۸			

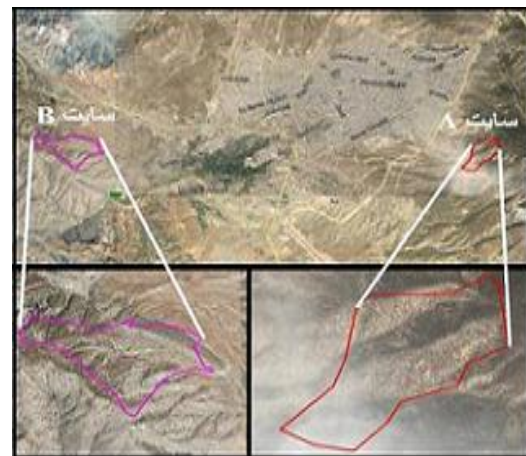
جدول شماره ۳: وزن فاکتورهای به دست آمده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای فاکتورهای مورد استفاده در مکان یابی

فاکتور	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	وزن	ضریب ناسازگاری
شیب (E ₁)	۱									۰/۳۱۲	
ارتفاع (E ₂)	۵	۱								۰/۱۷۰۵	
فاصله از آبراهه (E ₃)	۲	۱/۳	۱							۰/۰۵۷۱	
فاصله از جاده (E ₄)	۲	۱/۳	۱	۱						۰/۰۵۷۱	
فاصله از چشمه (E ₅)	۲	۱/۳	۱	۱	۱					۰/۰۵۷۱	CR = 0.00
کاربری اراضی (E ₆)	۴	۱/۲	۲	۲	۲	۱				۰/۱۰۵۸	
هیدروژئولوژی (E ₇)	۷	۲	۵	۵	۵	۳	۱			۰/۲۹۳۶	
فاصله از گسل (E ₈)	۵	۱	۳	۳	۳	۲	۱/۲	۱		۰/۱۷۰۵	
فاصله از مناطق مسکونی (E ₉)	۲	۱/۳	۱	۱	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۳	۱	۰/۰۵۷۱	

تبدیل به واحد مطلوبیت می‌گردد) و سپس وزن هر معیار با استفاده از یکی از روش‌های موجود محاسبه و در تک‌تک لایه‌ها ضرب می‌شود. وزن معیارها، درجه اهمیت هر معیار در تعیین مطلوبیت منطقه مورد مطالعه برای یک هدف را نشان می‌دهد. خروجی به دست آمده در لایه‌های محدودیت (که به صورت بولین هستند) ضرب شده و نقشه شایستگی نهایی تولید می‌گردد. با توجه به قرارگیری شهر ایلام در منطقه‌ای کوهستانی، وجود شبکه آبراهه‌ای مترکم در آن امری طبیعی می‌باشد لذا این معیار شایستگی نهایی را کاهش می‌دهد. مزیت روش ترکیب خطی وزنی وجود حداکثر تعادل (Compensation or Trade off) است. در روش ترکیب خطی وزن داده شده، وزن معیارها میزان جبران یا تعادل معیارهای دیگر را نیز تعیین می‌کند. بر اساس این ویژگی، معیارهایی با وزن بیشتر (هیدروژئولوژی) می‌تواند معیارهای ضعیف‌تر را جبران کند (۱۸). همچنین روش ترکیب خطی وزنی در نقطه میانگین خطر قرار دارد که تصمیم‌های سخت رویکرد بولین را نرم می‌کند (۲۰). تصویر شماره ۹ موقعیت دو روش منطق بولین و ترکیب خطی وزنی را در فضای راهبردی تصمیم (Decision Strategy Space) نشان می‌دهد.

بررسی شرایط سایت کنونی دفن پسماند شهر ایلام نشان می‌دهد که در این سایت معیارهایی از قبیل مساحت مورد نیاز برای یک دوره ۱۰ ساله، شیب، فاصله از گسل و فاصله از منابع آبراهه اصلی رعایت نشده

مساحتی ۹۲ هکتار در شرق شهر ایلام واقع شدند. نتایج حاصل از دور روش منطق بولین و ترکیب خطی وزنی در تصویر شماره ۷ نشان داده شده است. همچنین تصویر شماره ۸ موقعیت زمینی مناطق انتخاب شده بر اساس روش ترکیب خطی وزنی را نشان می‌دهد.



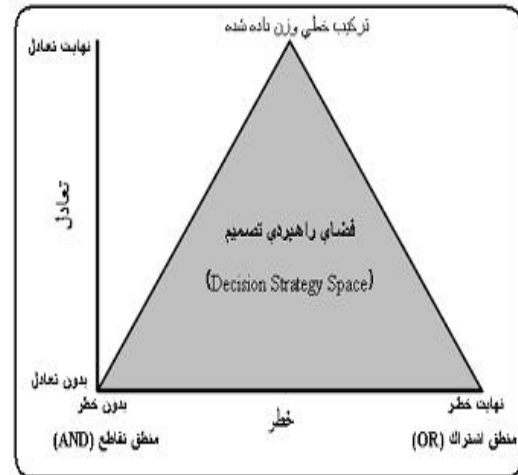
تصویر شماره ۸: موقعیت زمینی مناطق انتخاب شده دفن پسماند بر اساس روش ترکیب خطی وزنی

بحث

به‌طور کلی ارزیابی چندمعیاره Multi-Criteria Evaluation (MCE) شامل سه رویه اصلی می‌باشد که عبارتند از (۴): روی هم‌گذاری بولین (Boolean approach)، ترکیب وزنی خطی (WLC) و میانگین وزنی مرتب (OWA). در روش ترکیب وزنی خطی تمام معیارها استانداردسازی شده (همه واحدها

۲۲۰ تن زباله در شهر ایلام، با فرض ثابت در نظر گرفتن رشد جمعیت برای ۱۰ سال آینده و عمق دفن ۶ متر، به زمینی با حداقل مساحت ۴۰ هکتار نیاز است. لذا این سایت نمی‌تواند به‌عنوان مکانی برای دفن تلقی گردد. در روش ترکیب خطی وزنی دو سایت (A و B) انتخاب گردید. مقایسه این دو سایت نشان داد که هر دو سایت تمامی معیاری محیط‌زیستی را رعایت کرده‌اند. بررسی وضعیت زمین‌شناسی دو سایت نشان داد که سایت A بر روی سازند کواترنری قرار دارند. این سازند شامل مخروطه افکنه‌ها و پادگانه‌های آبرفتی است و در طبقه اول لایه‌های هیدروژئولوژی قرار می‌گیرد (۲۲). این درحالی است که سایت B بر روی سازند گورپی قرار گرفته است. در بیش‌تر نواحی زاگرس، سازند گورپی شامل مارن و شیل‌های خاکستری مایل به آبی است که میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های نازک رسی دارد و به دلیل زودفرسا بودن، سیمای آن فرسوده است این سازند در طبقه سوم لایه‌های هیدروژئولوژی قرار می‌گیرد (۲۲).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر در یک منطقه مناسب برای دفن پسماند از نظر باد غالب، قرار نداشتن در بالادست مناطق شهری است. بر اساس آمارهای سازمان هواشناسی ایلام، جهت وزش بادهای غالب ایستگاه ایلام غربی است. بنابراین در صورتی که سایت B برای دفن پسماند مورد استفاده قرار گیرد، دود و بوی ناشی از سوزاندن پسماندها در اثر وزش باد به سمت شهرک مهدی‌آباد و سرطاف متمایل خواهد شد. در صورتی که در سایت A عامل باد سبب می‌شود که دود و بوی ناشی از سوزاندن پسماندها از مناطق مسکونی دورتر شود. بررسی کاربری اراضی دو سایت نیز نشان داد که سایت اول در کاربری جنگل قرار گرفته در حالی که سایت دوم در کاربری مرتع قرار گرفته است. بر اساس ضوابط محیط‌زیستی برای مکان‌یابی، مراتع دارای اولویت بیش‌تری نسبت به جنگل می‌باشند (۲). با توجه به وجود موانع توپوگرافی در قسمت‌های شرقی و



تصویر شماره ۹: فضای راهبردی تصمیم (اقتباس از ۱۸) (وزن‌های ترتیب نتایج ارزیابی چند معیاره را به وسیله کنترل سطوح تعادل (جبران) و خطر، تغییر می‌دهند یعنی بر اساس ترکیب وزنه‌های ترتیب، قانون تصمیم می‌تواند در هر نقطه‌ای از لحاظ جبران و خطر در فضای راهبردی تصمیم قرار گیرد و لازم است موقعیت هر قانون تصمیم مشخص گردد؛ شکل فوق موقعیت روبه‌های بولین و ترکیب خطی وزنی (تحقیق حاضر) در فضای راهبردی تصمیم را نشان می‌دهد).

است. نزدیکی به گسل احتمال آلودگی که در اثر زلزله به وجود می‌آید را افزایش می‌دهد (۲۱). نزدیک بودن مکان دفن پسماند به آبراهه احتمال آلودگی منابع سطحی را افزایش می‌دهد (۲۱). بنابراین محل کنونی دفن پسماندهای شهر ایلام از لحاظ بسیاری از ضوابط محیط‌زیستی محل‌های دفع پسماندهای عادی سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۹)، بدون در نظر گرفتن ضوابط و معیارهای اصولی مکان‌یابی انجام گرفته است، لذا انتظار می‌رود که مدیریت ضعیف پسماندهای این شهر در آینده پایداری این ناحیه را به شدت تهدید کند.

نتایج مقایسه مشخصات سایت‌های انتخاب شده با ضوابط محیط‌زیستی محل‌های دفع پسماندهای عادی سازمان حفاظت محیط‌زیست (۱۹) نشان می‌دهد که سایت انتخاب شده بر اساس منطق بولین دارای حداکثر شایستگی می‌باشد ولی مساحت لازم برای یک دوره ۱۰ ساله دفن پسماند را ندارد. با توجه به تولید روزانه ۱۸۰ تا

شمالی شهر ایلام، در آینده شهر به این دو سمت توسعه نمی‌یابد. به عبارت دیگر برتری ویژه سایت A فاصله آن از مناطق شهری است که در آینده نیز تغییر نمی‌کند. با توجه به موارد گفته شده، سایت A نسبت به سایت B دارای اولویت بیشتری برای تبدیل شدن به مکان جدید برای دفن پسماند می‌باشد. جدول شماره ۴ برخی از ویژگی‌های سایت‌های انتخاب شده بر اساس دو روش مورد استفاده در این تحقیق و میزان مطابقت آن‌ها با ضوابط محیط زیستی محل‌های دفع پسماندهای عادی سازمان حفاظت محیط زیست (۱۹) را نشان می‌دهد.

یافته‌های این تحقیق، توانایی سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور را در کمک به مکان‌یابی محل‌های دفن زباله بر اساس معیارهای زیست محیطی نشان داده است. روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی با توجه به طیف وسیع طبقه‌بندی، قدرت تصمیم‌گیری را

بالا برده و می‌توان با نتایج حاصل شده از این روش در جهت کاهش هزینه‌ها اقدامات مناسبی انجام داد. نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی نسبت به منطق بولین دارای تطابق بیشتری با معیارهای محیط زیست می‌باشد. روش ترکیب خطی وزنی با استفاده از وزن‌دهی این قدرت را به تصمیم‌گیر می‌دهد تا فاکتورهای مهم مکان‌یابی با همان اهمیت در مساله قرار دهد و در اثر این برتری، نتیجه حاصل از مکان‌یابی به روش ترکیب خطی وزنی دارای قدرت تفکیک بهتری بین طیف‌های موجود در آن می‌باشد. محل کنونی دفن زباله شهر ایلام از لحاظ بسیاری از مشخصه‌های محیط زیستی، بدون در نظر گرفتن ضوابط و معیارهای اصولی مکان‌یابی شده است، بنابراین انتظار می‌رود که مدیریت ضعیف پسماندهای این شهر در آینده پایداری این ناحیه را به شدت تهدید کند.

جدول شماره ۴: مقایسه برخی ویژگی‌های سایت‌های انتخاب شده برای دفن پسماند بر اساس ضوابط محیط زیستی محل‌های دفع پسماندهای عادی سازمان حفاظت محیط زیست (۲)

معیارهای زیست محیطی	بولین	ترکیب خطی وزنی		سایت کنونی	ضوابط محیط زیست
		سایت A	سایت B		
مساحت (هکتار)	۱۲	√	۹۲	×	۴۰
ارتفاع متوسط (متر)	۱۶۵۵	-	۱۵۳۷	-	-
مقدار ZLS* (شایستگی)	۲۳۳	-	۱۶۸	-	-
فاصله از مناطق مسکونی (متر)	۱۴۴۲	√	۲۵۶۹	√	۱۰۰۰
فاصله از پارک‌های تفریحی (متر)	۱۹۴۱	√	۶۴۹۷	√	۱۰۰۰
فاصله از مناطق حفاظت شده (متر)	۱۲۶۰	√	۷۰۴۳	√	۱۰۰۰
فاصله از مراکز علمی (دانشگاه) (متر)	۷۰۶۹	√	۵۸۵۷	√	۱۰۰۰
فاصله از گسل (متر)	۸۶۵۴	√	۴۰۸۸	√	۲۰۰
شیب متوسط (درصد)**	۲۹	√	۳۰	√	۳۰-۱۰
فاصله از آبراهه اصلی (متر)	۱۲۳۸	√	۱۲۱۶	√	۸۰۰-۵۰۰
فاصله از چشمه (متر)	۵۵۹۷	√	۳۱۹۸	√	۴۰۰
فاصله از دریاچه (سد ایلام) (متر)	۱۴۱۹۰	√	۱۴۵۶۰	√	۱۰۰۰
فاصله از فرودگاه (متر)	۵۶۲۱	√	۵۸۰۱	√	۳۰۰۰
فاصله از جاده اصلی (متر)	۱۴۶۲	√	۱۷۳۸	√	حداقل ۳۰۰

* نشان دهنده میزان شایستگی نهایی هر سایت، √ رعایت ضوابط زیست محیطی و × عدم رعایت ضوابط را نشان می‌دهد.
** با توجه به کوهستانی بودن منطقه و قرارگیری بخش عمده از منطقه در مکان‌هایی با شیب بالای ۲۰ درصد، محدوده شیب بر اساس نظر نویسندگان افزایش داده شده است. در ضوابط محیط زیست عدد شیب ذکر نشده است.

References

1. Beigmohamadi H, Momeni M, Zarea A. Landfill site selection in urban using GIS (case study: Shiraz). Journal of Geography and Environmental Studies 2010; 2(4):

- 65-81 (Persian).
2. Economopoulos AP Despotakis VK. A GIS Multicriteria Model for Landfill Siting. *Global NEST Journal* 2007; 9(1): 29-34.
 3. Malczewski J. Fuzzy screening for land suitability analysis. *Geographical & Environmental Modeling* 2002; 6(1): 27-39.
 4. Mahiny A, Gholamalifard M. Linking SLEUTH Urban Growth Modeling to Multi Criteria Evaluation for a Dynamic Allocation of Sites to Landfill. *Computational Science and its Applications (ICCSA'11), Lecture Notes in Computer Science* 2011; 6782: 32-43.
 5. Khorshiddost AM, Adeli Z. Implication of Geomorphologic Index in Urban Waste site selecting (case study: Banab city). *Journal of Geography* 2009; 2(5): 63-72 (Persian).
 6. Niknami M, Hafezi-Moghadass N. Site selection of disposal municipal waste in Golpaygan city using GIS system. *Geology Applies* 2010; 6(1): 57-66.
 7. Rasouli AA, Mahmoodzadeh H, Yazdghi S, Zarinbal M. Evaluation Weightedlinear combination and hierarchical analysis methods tosite selecting ofthe municipal waste landfill, case study: Marand Town. *Geography and Natural Hazards* 2012; 2(4): 41-52 (Persian).
 8. Alah-abadi A, Saghi MA. Site Select and design of rural landfills for Rodab of Sabzevar. *Journal of North Khorasan Univ Med Sci* 2011; 3(1): 29-34 (Persian).
 9. Rahnema MR, Aghajani R, Fatahi M. Landfill Site Selecting Using Ordered Weighted Average (OWA) Using GIS in Mashhad. *Geography and Natural Hazards* 2012; 3: 87-105 (Persian).
 10. Omidi-khah Deylami M, Monavari M, Omrani GhA. Landfill Site Selecting in the East of Gilan Using based on regional and local Screening. *Town and Country Planning* 2013; 5(1): 101-132 (Persian).
 11. Chang NB, Parvathinathan G, Breeden JB. Combining GIS with fuzzy multi-criteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *J Environ Manage* 2008; 87(1): 139-153.
 12. Onut S, Soner S. Transshipment site selection using The AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. *Waste Manag* 2008; 28(9): 1552-1559.
 13. Nas B, Cay T, Iscan F, Berkday A. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. *Environ Monit Assess* 2010; 160(1-4): 491-500.
 14. Pournajaf AH, Amarlouei A, Naserifar R, Mohamadi-kalhari E, Mohamadi H. Evaluation of Environmental Factors Related to the Health Status of the Urban Population in 2004-2005 Ilam. *J of Ilam Univ Med Sci* 2007; 15(3): 49-54 (Persian).
 15. Schernthanner H. Fuzzy logic approach for landslide susceptibility mapping, Rio Blanco, Nicaragua.[MS Thesis]. Institute of Geography, University of Potsdam, GIS department. 2005.
 16. Statistical Center of Iran. Selected findings of the 2011 national population and housing census, Annual Statistical of Ilam Province. *Population*; 2011 (Persian).
 17. Drobne S, Lisek A. Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging. *Informatica* 2009; 33: 459-474.
 18. Eastman, JR. IDRISI Selva Tutorial. Manual Version 17. Worcester: Clark University Press; 2012.
 19. Shaeri AM, Rahmati, AR. Laws, regulations,

-
- standards and human environment... . Tehran: Hack press; 2011. (Persian).
20. Ansari Sh. Laws and administrative regulations on waste management. Danesh Bahman Press; 2012 (Persian).
21. Gorsevski PV, Donevska KR, Mitrovski CD, Frizado JP. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. Waste Manag 2012; 32(2): 287-296.
22. Makhdoum M, Darvishsefat AA, Jafarzadeh H, Makhdoum AF. Environmental Evaluation and Planning by Geographic Information System (GIS). Tehran: Tehran University Press; 2001. (Persian).