فصلنامه علوم محیطی، دوره بیست و یکم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

۱۸۳-۲۰۴

مقاله پژوهشی

مکان‌یابی مراکز دفن زباله در شهرستان خداآفرین و کلیبر بر اساس مدل منطق بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP در محیط GIS

علی خدائی[۱]* و رحمان زندی[۲]

[۱] گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

[۲] گروه سنجش از دور و GIS ، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۱

خدائی، ع. و ر. زندی. ۱۴۰۲. مکان‌یابی مراکز دفن زباله در شهرستان خداآفرین و کلیبر بر اساس مدل منطق بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP در محیط GIS. فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۲): ۱۸۳-۲۰۴.

سابقه و هدف: مشکل دفن زباله، همواره گریبان گیر بشر بوده است و انتخاب مکان غیراصولی، سبب آلودگی‌های متعددی می‌شود بدین‌جهت انتخاب محل مطلوب برای دفن زباله بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش، بر اساس مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای ANP و منطق بولین در محیط GIS با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان خبره در قالب پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی جهت مکان‌یابی مراکز دفن زباله در محدوده شهرستان خداآفرین و کلیبر و با استناد به ضوابط و استانداردهای ملی و جهانی با اعمال فاکتورهای محدودکننده انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش جهت انتخاب مراکز دفن زباله با توجه به پیچیدگی عوامل تأثیرگذار ضرورت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح‌شده است؛ بنابراین در تحقیق حاضر، از نرم‌افزار ARC GIS برای ایجاد پایگاه داده‌ها، تحلیل‌های مکانی و روی‌هم گذاری لایه‌های اطاعاتی و همچنین از مدل ANP و نرم‌افزارهای Super Decision برای محاسبه‌ی وزن معیارها و مدل منطق بولین استفاده‌شده است.

نتایج و بحث: در این پژوهش بر اساس استانداردهای مختلف ازجمله استانداردهای مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست، وزارت کشور و تجربیات جهانی از ۱۷ لایه اطلاعاتی شامل؛ منابع آب‌های سطحی، شیب، مناطق شهری و روستای، مناطق حفاظت‌شده، گسل، خاک منطقه، شبکه جاده‌ای، سنگ‌بستر، کاربری اراضی، فرسایش، پوشش گیاهی، ارتفاع، اقلیم، مراکز زلزله‌خیز، سد، جهت شیب بهره گرفته شد. سپس در مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای جهت اعمال اوزان برای هر یک از معیارها از نرم‌افزارهای Super Decision استفاده شد سپس با استناد به ضوابط و استانداردهای ملی و جهانی و با اعمال فاکتورهای محدودکننده در محیط ArcGIS لایه‌های اطلاعاتی همراه با وزن

* Corresponding Author*: Email Address*.A.khodaie@hsu.ac.ir

http://dx.doi.org/10.48308/envs.2023.1258

http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.2.14.2

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

نهایی باهم ترکیب و ارزش هر سلول در نقشه نهایی مشخص شد. مساحت منطقه ۳۶۹۲۲۱ هکتار به چهار طبقه‌ی نامناسب ۱۷۴۷۲۰ هکتار، نسبتاً نامناسب ۱۴۶۶۷۷ هکتار، مناسب ۴۲۶۷۰ هکتار و کاملاً مناسب ۵۱۵۴ هکتار ازنظر مکان‌یابی محل دفن زباله تقسیم‌بندی شد و در منطق بولین میزان مساحت برآورد شده نامناسب ۳۶۵۴۵۷ هکتار و مناسب ۳۹۳۸ هکتار جهت مکان‌یابی محل دفن زباله تشخیص داده شد. درنهایت به علت نزدیکی پهنه‌ها به یکدیگر اقدام به همپوشانی نقشه‌های نهایی هر دو مدل انجام شد و پس از ادغام مکان‌های به مقدار ۲۶۷۹ هکتار مکان مناسب مشخص گردید که این مقدار ۷۳ در صد از مناطق مناسب مدل بولین را پوشش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: بررسی مقایسه‌ای نتایج نشان می‌دهد که درنهایت در مدل ANP تنها ۱/۴ درصد از مساحت منطقه کاملاً مناسب و در مدل بولین ۱/۲ درصد از مساحت منطقه دارای شرایط بهینه برای محل دفن زباله می‌باشد از مهم‌ترین دستاوردهای حاصل از نتایج این تحقیق ترسیم نقشه‌ی مناطق کاملاً مناسب و مناسب جهت مکان‌یابی محل دفن زباله در منطقه‌ی موردمطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: دفن زباله، خدا آفرین - کلیبر، منطق بولین، ANP، مکان‌یابی، GIS.

مقدمه

رشد جمعیت دنیا و رواج فرهنگ مصرف‌گرایی طی دهه‌های اخیر سبب شد تا جوامع شهری و روستایی با مسئله‌ای به نام دفع انبوه زباله‌های تولیدشده روبرو شود. اگرچه مسئله دفع زباله‌ها در شهرها دارای سابقه بیشتری است اما در محیط‌های روستایی کشور ما پدید ای تازه به شمار می‌آید تا زمانی که روستاها از شیوه زندگی ساده و سنتی برخوردار بوده‌اند تولید زباله و مواد زائد در آن‌ها در مقایسه با جوامع شهری در سطحی بسیار پایین قرار داشت؛ اما با تغییر شیوه زندگی و ورود کالاهای جدید و افزایش مصرف در جامعه روستایی میزان تولید زباله در خانوارهای روستایی نیز افزایش‌یافته است درنتیجه مدیریت و دفع بهداشتی زباله در مناطق روستایی نیز اهمیت پیداکرده است (Darban Astana and Azki, 2008).در حال حاضر روش‌های مختلفی برای دفن مواد زائد وجود دارد :تلنبار کردن، سوزاندن، بازیافت و دفن بهداشتی زباله ازجمله این روش‌ها هستند (Saeidinia, 1999). دفن زباله به دلیل هزینه پایین‌تر در کشور ما رایج‌تر روش دفع است (Haiderzadeh, 2001). آمار نشان می‌دهد که در خصوص دفن بهداشتی زباله در ایران توجه کمتری شده است و بیشتر فعالیت‌ها در جهت دفن غیربهداشتی زباله در زمین بدون در نظر گرفتن عواقب انسانی - اجتماعی و محیط زیستی بوده است (Aldroumi *et al*., 2014). یکی از مشکلات عمده در بحث مدیریت پسماند انتخاب محل مناسب برای دفن پسماند است (Nas *et al*., 2010) .محل دفن زباله باید با دقت با در نظر گرفتن مقررات، عوامل و محدودیت‌ها انتخاب شود(Hafezi Moghaddas *et al*, 2011) . بنابراین یافتن راهکارهایی جهت مقابله با آثار سوء زباله‌های تولیدی، امری ضروری به نظر می‌رسد. مکان‌یابی مناسب جهت دفن زباله‌ها می‌تواند آثار نامطلوب محیط زیستی پسماندها را به حداقل ممکن کاهش دهد و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت پسماندها در نظر گرفته می‌شود.(Omrani *et al*., 2012).به‌جرئت می‌توان گفت مکان‌یابی صحیح می‌تواند نیمی از نگرانی‌های موجود در یک محل دفن زباله را مرتفع سازد (Haiderzadeh, 2003). انتخاب فاکتورهای متعدد سبب تعدد لایه‌های اطلاعاتی شده و تلاش برای یافتن راه‌حل مناسب برای تحلیل بر روی تعداد زیاد لایه‌های اطلاعاتی و اخذ نتیجه صحیح، تصمیم گیران را به‌طور ناخودآگاه به سمت‌وسوی استفاده از سیستمی سوق می‌دهد که علاوه بر دقت بالا، ازنظر سرعت عمل و سهولت انجام عملیات در حد بالای قرار داشته باشد(Delage, 2013) . ابزار GIS[1] با آنالیز تصمیم‌گیری تحت عنوان سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مؤثر در هر مسئله مکان‌یابی، تصمیم گیران را یاری کند (Afzali *et al*., 2013). GIS ابزاری قوی است که توان تلفیق انواع

داده‌های فضایی را دارد و نیز می‌تواند تحلیل‌های فضایی مختلفی را انجام دهد(Alanbari *et al*., 2014). ازجمله مهم‌ترین و جدیدترین مدل درزمینه تصمیم‌گیری مدل ترکیبی ANP[2] و ادغام آن با GIS است که به‌طور خاص با گزینه‌هایی بر پایه مجموعه‌ای از معیارها برای انتخاب بهترین گزینه انجام می‌شود (Zhang and Sun, 2014) مدل شناخته‌شده در محیط GIS، مدلی بر اساس عملیات بولین است. در منطق بولین با استفاده از لایه‌های حاصل از استاندارد نمودن نقشه‌ها به کمک معیارهای محدودیت و کاربرد عملگرهای منطقی And/OR، به‌آسانی می‌توان لایه‌های مختلف را تلفیق و مکان‌های مناسب برای دفن زباله را انتخاب نمود.(Nas *et al*., 2010). پژوهش‌های مختلفی در جهان و ایران در ارتباط با موضوع مکان‌یابی دفن زباله صورت گرفته است که می‌توان به چند مواردی از آن اشاره نمود: Sener *et al*. (2010) در پژوهشی با ترکیب GIS و روش تصمیم‌گیری چند معیاره، مکان‌یابی لندفیل مواد زائد شهری کنیا ترکیه را انجام داده‌اند. ستر متغیرها را به دودسته زیست‌محیطی و اقتصادی تقسیم و بر اساس آن‌ها لایه‌های اطلاعاتی موردنظر را تهیه‌کرده است، مکان مناسب با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی تعیین‌شده است .از بین این متغیرها، متغیر فاصله از آب سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد. Vastava and Nathawat (2003) در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با در نظر گرفت معیارهایی چون زمین‌شناسی، گسل، شیب زمین، نوع سنگ مادر، خاک، آب‌های سطحی و عمق آب زیرزمینی، مراکز شهری، شبکه ارتباطی موجود، فاصله از فرودگاه ... و با وزن دهی به شاخص‌ها از طریق مقایسه‌ای زوجی، ۴ محل مجزّا در اندازه‌های مختلف را برای دفن زباله‌ای شهر ۸۰۰ هزارنفری انتخاب کردند. Hubina and Ghribi (2008) با استفاده از الگوریتم چند معیاره بر اساس مقایسه دوتایی اقدام به مکان‌یابی دفن زباله در شهر مینسک کرده و مکان مناسب را برای دفن زباله بر اساس تلفیق لایه‌ها و وزن دهی آن‌ها به دست آورده‌اند و در شمال منطقه موردنظر می‌باشد. Alistair (2001) در پژوهشی با عنوان تصمیم‌گیری و روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در مکان‌یابی محل مناسب دفن مواد زائد جامد که در پروژه مشترکی در ایرلند و پرتقال انجام دادند پس از حذف مناطق نامناسب برای محل دفن مواد زائد جامد از شبکه ریلی و راه‌ها و وزن دهی به هر یک از این شاخص‌ها، بهتری گزینه را انتخاب نمودند Wafadost and Makaniki (2018) در پژوهشی به مکان‌یابی دفن پسماند در نقاط شهری به روش تحلیل شبکه‌ای ANP مطالعه موردی شهرستان گناباد پرداختند نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مکان دفن پسماند شهر گناباد با معیارهای محیطی منطبق بوده و نیاز به جابجایی ندارد اما محل دفن پسماند شهر کاخک در وضعیت نامناسب قرار دارد و در درازمدت اثرات مخربی بر محیط‌زیست و سلامت جامعه انسانی در پی خواهد داشت. Lahmian (2018) در پژوهشی به مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر ساری با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه تصمیم‌گیری چند معیاره پرداخت و نتایج نشان داد که پس از وزن دهی به معیارها در محیط GIS مناطق مناسب معرفی شدند که حدود ۸۲۰ کیلومترمربع از مساحت شهرستان ساری در محدوده مناسب قرار گرفت و برای دفن زباله‌های شهر ساری معرفی شدند. Amiri and Karimpour (2017) در پژوهشی با عنوان کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP در مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری (مطالعه موردی: شهرستان تربت‌حیدریه) پرداختند نتایج تحقیق نشان داد مناطق جنوبی شهرستان که اراضی مخلوط به‌شدت فرسوده، نامرغوب و ضعیف ازلحاظ زراعت و باغداری را شامل می‌شود، جزء پهنه مناسب قرارگرفته است؛ که این مناطق دور از نقاط جمعیتی‌اند. Behbahani *et al*. (2021) در پژوهشی با تدوین مدل

بهینه مکان‌یابی دفن بهداشتی زباله به روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (مطالعه موردی: شهر ایلام) پرداختند نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ناحیه یک با وزن دهی ۰/۴۱۹ و با نرخ ناسازگاری ۰/۰۵ از چهار گزینه انتخابی با توجه با به معیارها و زیر معیارهای موردمطالعه نظیر راه‌های اصلی ارتباطی، وضعیت پوشش گیاهی و جانوری، وضعیت هیدرولوژی و حتی زمین‌شناسی مناسبت‌تر است. Mirabadi and Abdi (2017) به بررسی مکان‌یابی محل دفن پسماند شهرستان بوکان با استفاده از منطق بولین و مدل سلسله مراتبی AHP[3] پرداختند نتایج پژوهش که با تلفیق دو روش بولین و مدل AHP تا حد قابل قبولی محدوده‌های اولویت‌دار برای مکان‌یابی تعیین می‌شوند؛ که درنهایت محدوده‌ای با مساحت ۱۳۸ هکتار انتخاب شد. Nasiri *et al*. (2017) در پژوهشی با مکان‌یابی دفن زباله در شهر ماکو به روش فازی و بولین پرداختند که نتایج نشان داده از روش‌های بولین و فازی، بیانگر مکان بهینه در قسمت شمال شرقی شهرستان ماکو در ارتفاع مابین ۷۰۰ الی ۹۰۰ متر واقع‌شده است. در منطق بولین میزان مساحت برآورد شده ۲۴۵۲۸ مترمربع و در منطق فازی نیز این مساحت برابر است از ۱۴۹۵۷ مترمربع می‌باشد.

تعداد بالای این مطالعات نشان‌دهنده اهمیت استفاده از GISو مدل‌های منطق بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای در مکان‌یابی محل دفن زباله است. در عمده این مطالعات محدوده کوچکی از یک شهر، شهرستان یا منطقه، موردبررسی قرارگرفته و معیارها و قواعد حاکم بر مکان‌یابی محل‌های دفن زباله مبتنی بر نظرهای کارشناسان محلی بوده و یا با بررسی سابقه مطالعات مشابه در دیگر نقاط استخراج‌شده است.به عبارتی این پژوهش سعی دارد تا از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و مدل‌های منطق بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای، مؤلفه‌های مؤثر در مکان‌یابی محل دفن زباله در شهرستان خداآفرین و کلیبر را تحلیل نموده و مناسب‌ترین محل جهت مکان‌یابی دفن زباله که کمترین آثار مخرب زیست‌محیطی و انسانی را دربر داشته باشد، شناسایی و به‌صورت نقشه ارائه نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

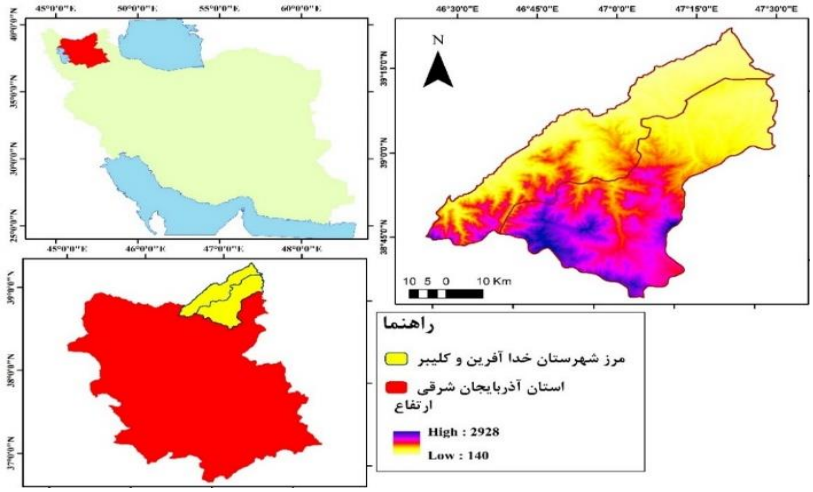
شهرستان خدا آفرین و کلیبر در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره داغ و رشته‌کوه‌های قفقاز واقع‌شده است موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۰۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۰ متری از سطح دریا قرارگرفته است. (شکل ۱).

مساحت شهرستان خداآفرین ۱۵۵۲ کیلومترمربع و این مساحت حدود ۳٫۴ درصد از کل مساحت استان آذربایجان شرقی را شامل می‌شود.و طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان خدا آفرین دارای سه بخش به نام‌های مرکزی (شامل دهستان‌های کیوان و بسطام لو)، گرمادوز (شامل دهستان‌های گرمادوز غربی و گرمادوز شرقی) و منجوان (شامل دهستان‌های منجوان غربی، منجوان شرقی و دیزمار شرقی)، یک نقطه شهری به نام خمارلو و ۲۰۴ آبادی می‌باشد. بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان خدا آفرین در حدود ۳۴۹۷۷ نفر (۰/۹ درصد جمعیت استان) برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۶۵۹ نفر و جمعیت روستایی آن ۳۳۳۱۸ نفر و تعداد خانوار آن ۱۰۱۹۶ خانوار است.

مساحت شهرستان کلیبر ۲۰۷۳ کیلومترمربع و حدود ۴/۶ درصد از کل مساحت استان آذربایجان شرقی را شامل می‌شود و طبق آخرین تقسیمات کشوری شهرستان کلیبر دارای دو بخش به نام‌های مرکزی (شامل دهستان‌های ییلاق، میشه‌پاره، پیغان‌چایی و مولان) و آبش احمد (شامل دهستان‌های آبش احمد، قشلاق و سیدان)، دونقطه شهری به نام‌های کلیبر و آبش احمد و ۲۴۴ آبادی

می‌باشد. بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان کلیبر در حدود ۴۸۸۳۷ نفر (۱٫۳ درصد جمعیت استان) و جمعیت مرکز این شهرستان ۹۸۸۷ نفر برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۲۲۰۵ نفر و جمعیت روستایی آن ۳۶۶۳۲ نفر و تعداد خانوار آن ۱۴۱۴۵ خانوار است.

وضعیت اقلیمی این شهرستان تحت تأثیر آب‌وهوای خزری بوده و اغلب اوقات کوهستان‌های مرتفع را مه غلیظ می‌پوشاند و رود ارس از شمال آن می‌گذرد. ازنظر آب‌وهوا چهارفصل، دارای تابستان‌های معتدل، کوه‌های جنگلی پوشیده از درخت و زمستان‌های پربرف است. ازلحاظ اقلیمی به دو منطقه تقسیم می‌شود: الف: منطقه مرتفع جنوب سمت کلیبر که بلندی‌های قره داغ را تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا شامل می‌شود و اکثر مناطق جنگلی و مرتفع در این قسمت قرارگرفته است. ب: منطقه شمالی سمت خدا آفرین کناره‌های رود ارس با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا بوده و اکثر اراضی مستعد کشاورزی در این منطقه قرارگرفته است.



شکل ۱- موقعیت شهرستان خدا آفرین و کلیبر در ایران و استان آذربایجان شرقی

Fig. 1- Location of Khoda Afrin and Kalibar cities in Iran and East Azarbaijan Province

روش تحقیق

روش تحقیق حاضر از نوع تحلیلی بوده و داده‌های موردنیاز از شهرداری، سازمان منابع طبیعی، محیط‌زیست، زمین‌شناسی و آب منطقه‌ای دریافت و بر اساس مدل‌های تحلیل چند متغیره مورد ارزیابی قرار گرفتند که در ذیل به توضیح دو مدل تصمیم‌گیری چند معیاری مورداستفاده در پژوهش حاضر می‌پردازیم.

الف: مدل عملگرهای بولین یا منطق بولی

در این مدل وزن دهی به واحدها در هر لایه، اطلاعاتی بر اساس منطق صفر و یک انجام می‌شود عدد صفر فقط برای واحدهای نامناسب و عدد یک برای واحدهای نسبتاً مناسب تا بسیار مناسب در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، نقشه هر لایه فقط به دو قسمت مناسب (ارزش یک) و نامناسب (ارزش صفر) تقسیم می‌گردد به کمک عملگرهای منطقی (NOT XOR OR AND) نقشه نهایی از تلفیق نقشه‌های ورودی حاصل می‌شود. واحدهای این نقشه نیز دارای مقادیر صفر و یک است (Nas *et al.*, 2010) به‌منظور استانداردسازی لایه‌ها با توجه به منطق بولین با استفاده از لایه‌های حاصل از استاندارد نمودن نقشه‌ها (به کمک معیارهای محدودیت) و کاربرد عملگرهای منطقی And/OR، به‌آسانی می‌توان لایه‌های مختلف را تلفیق و مکان‌یابی مناسب برای دفن مواد زائد را انتخاب نمود (Rasooli et al., ۲۰۰۴).

ب: فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرایند تحلیل شبکه‌ای یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط توماس ال ساعتی در سال

۱۹۸۰ توسعه‌یافته است. در این مدل معیارها به‌عنوان عناصر داخل دسته‌هایی به نام خوشه قرار می‌گیرند (Saaty,1980).

این مدل شبکه‌ای از ارتباطات بین عناصر خوشه‌های مختلف) و نیز ارتباطات وابستگی (وابستگی خارجی بین عناصر داخل یک خوشه (ارتباطات داخلی) است. در حقیقت، مدل ANP روابط متقابل بین مؤلفه‌ها را نیز نشان می‌دهد (Saaty and Vargas, 2006). فرایند تحلیل شبکه‌ای را می‌توان در ۴ مرحله اجرا کرد. گام نخست، تعیین مسئله تصمیم‌گیری و ارائه آن در یک مدل شبکه‌ای است. در این مرحله، پس از تعیین مسئله تصمیم‌گیری و عوامل مؤثر بر آن باید یک مدل شبکه‌ای تشکیل شود. این مدل شامل مسئله تصمیم‌گیری، خوشه‌ها، عناصر و وابستگی‌های داخلی و خارجی بین آن‌هاست. برای تهیه این ساختار شبکه‌ای روش‌های مختلفی مانند توفان فکری، دلفی، گروه اسمی و یا روش‌های ریاضی‌مانند DEMATEL وجود دارد. در این شبکه وابستگی‌های خارجی به‌صورت پیکان و وابستگی‌های داخلی به‌صورت کمان نشان داده می‌شود (Zebardast, 2010).

گام دوم، تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی و استخراج بردارهای اولویت است. در این مرحله عناصر تصمیم‌گیری در هر یک از خوشه‌ها، بر اساس میزان اهمیتشان در ارتباط با معیارهای کنترلی دوبه‌دو مقایسه می‌شوند. همانند مدل AHP برای بیان ارجحیت در ماتریس‌های مقایسه زوجی از اعداد ۱ تا ۹ و معکوس آن‌ها استفاده می‌شود (جدول ۱). برای نمونه، عدد a_{ij} نشان‌دهنده ارجحیت مؤلفه سطر i به مؤلفه ستون j است ($a_{ij} = w_i/w_j$) عدد ۱ به این معناست که دو مؤلفه اهمیت برابر دارند و عدد معکوس (a_{ij} /1) نشان‌دهنده اهمیت زیاد مؤلفه ستون j نسبت به مؤلفه سطر i است.

جدول ۱- مقادیر ترجیحات و قضاوت کارشناسی برای مقایسه زوجی

Table 1. Values of preferences and expert judgment for pairwise comparison

مقدار عددی Numerical value	ترجیحات (قضاوت شفاهی) Preferences (verbal judgment)
9	کاملاً مهم‌تر یا کاملاً مطلوب‌تر(Extremely preferred)
7	اهمیت خیلی زیاد(Very strongly preferred)
5	اهمیت یا مطلوبیت زیاد (Strongly preferred)
3	کمی مطلوب‌تر یا کمی مهم‌تر (Moderately preferred)
1	اهمیت یا مطلوبیت یکسان (Equally preferred)
8-6-4-2	اولویت بین فواصل(Priority between intervals)

پس از نوشتن ارجحیت‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی، بردار اهمیت داخلی که بیانگر اهمیت نسبی عناصر یا خوشه‌هاست به دست می‌آید (رابطه ۱):

$$AW = \lambda_{max} \qquad (۱)$$

که در آن a؛ ماتریس مقایسه دودویی معیارها، w؛ بردار ویژه (ضریب اهمیت) و λ_{max} ؛ بزرگ‌ترین مقدار ویژه عددی

است. تعیین صحت ماتریس‌های مقایسه زوجی با محاسبه نسبت سازگاری (CR) انجام می‌گیرد (روابط ۲ و ۳).

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (۲)$$

که در آن CI؛ شاخص سازگاری و n؛ تعداد مؤلفه‌ها مقایسه شده در ماتریس است.

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۳)$$

در رابطه یادشده CR؛ نسبت پایندگی یا میزان سازگاری و RI؛ بیانگر شاخص تصادفی است که به تعداد عناصر مقایسه شده بستگی دارد. مقایسه‌ی دوبه‌دو زمانی قابل‌قبول و دارای پایندگی خواهد بود که نسبت پایندگی

کمتر از ۰/۱ به دست آید (Neaupane and Piantanakulchai, 2006).

گام سوم، تشکیل سوپر ماتریس است. یک سوپر ماتریس روابط موجود در ساختار شبکه‌ای و نیز وزن‌های نسبی محاسبه‌شده در مرحله دوم را ارائه می‌دهد. درواقع، از اجتماع کلیه بردارهای اولویت محاسبه‌شده برای تک‌تک ماتریس‌های مقایسه زوجی در یک ماتریس، سوپر ماتریس به دست می‌آید (رابطهٔ ۴)

$$\lim_{K\to\infty} W^K \qquad (۴)$$

گام چهارم: محاسبه وزن نهایی معیارهاست. این گام آخرین مرحله در مدل ANP است که در آن با تشکیل سوپر ماتریس حد بردار، وزن نهایی معیارها و غیرمعیارها به دست می‌آید (Lami and Abastante, 2014).

جدول ۲- مشخصات داده‌های مورداستفاده در تحقیق

Table 2. Specifications of the data used in the research

معیارها Criterion	زیر معیارها Sub-criteria	منبع Source
ژئومورفولوژی Geomorphology	ارتفاع (dem) شیب (slope) جهت شیب (aspect)	مدل‌های رقومی ارتفاع ۳۰ متری Aster از سایت USGS (earthexplorer) برای سال ۲۰۲۱ دریافت و از روی dem منطقه با استفاده از ابزار aster و slope در محیط arc gis به ترتیب نقشه جهت شیب و شیب به دست آمد
هیدرولوژی Hydrology	آبراهه‌ها (river) سدها (dam) اقلیم (climate)	نقشه آبراهی (رودخانه‌های فرعی واصلی) از روی dem منطقه با استفاده از تمامی ابزارهای Hydrology در محیط are map تجزیه‌وتحلیل شد و نقشه آبراهه‌ها به دست آمد و نقشه سد آبی و اقلیم اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی با فرمت شیپ فایل دریافت و در محیط arc map طبق فاکتورهای محدودکننده کلاس‌بندی شد.
زیست‌محیطی Environmental	منطقه حفاظت‌شده (protected area) پوشش گیاهی (NDVI) کاربری اراضی (landuse) فرسایش (erosion)	تراکم پوشش گیاهی و کاربری اراضی را از سایت earthex plorer.usgs.gov با فرمت GeoTIFFدر محدوده شهرستان خداآفرین و کلیبر برای سال 2022/06/09 سنجیده OLI لندست (8) دریافت و با استفاده از نرم‌افزار envi و ARC GIS تجزیه‌وتحلیل و به دست آمد. نقشه مناطق حفاظت‌شده و فرسایش خاک با فرمت شیپ فایل از اداره منابع طبیعی و آبخیزداری استان آذربایجان شرقی دریافت شد
زیرساخت‌ها Infrastructures	روستاها (village) شهرها (city) راه‌های ارتباطی (road)	نقشه شهرها و روستاها و جاده‌ها از اداره راه ترابری و مسکن استان تهیه و بعد از عملیات clip نقشه جداسازی شد و با ابزار distance در محیط arc map طبق فاکتورهای محدودکننده کلاس‌بندی شد.
زمین‌شناختی Geological	سنگ‌بستر (bedrock) گسل(fault) زمین‌لرزه (landsid) خاک (soil)	نقشه زمین‌شناسی ، گسل و زمین‌لرزه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و نقشه خاک با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ تهیه‌شده توسط موسسه خاک و آب به‌صورت شیب فایل از سایت مربوطه دریافت شد و در محیط GIS تمامی عملیات تجزیه تحلیل انجام شد.

نتایج و بحث

در پژوهش حاضر به بررسی ۵ معیار و ۱۷ زیر معیار (جدول ۳) از عوامل مؤثر جهت مکان‌یابی محل دفن زباله بر اساس مدل ANP و منطق بولین در محیط GIS در شهرستان خدا آفرین و کلیبر با توجه به استفاده از تجربیات کارشناسان و پژوهشگران در پیشینهٔ تحقیق پرداخته‌شده است که در ادامه به تأثیر این عوامل بر مکان‌یابی مراکز دفن زباله و چگونگی تهیه نقشه هر یک از این عوامل پرداخته‌شده است.

جدول ۳- معیارها و زیر معیارها پژوهش جهت مکان‌یابی محل دفن زباله
Table 3. Research criteria and sub-criteria for locating the landfill

معیار Criterion	ژئومورفولوژی Geomorphology	هیدرولوژی Hydrology	زیست‌محیطی Environmental	زیرساخت‌ها Infrastructures	زمین‌شناختی Geological
زیر معیار (sub-criteria)	- شیب (slope) - جهت شیب (aspect) - ارتفاع (dem)	- فاصله از آبراهه‌ها (distance from rivers) - فاصله از سدها (distance from dams) - اقلیم (climate)	- فاصله از مناطق حفاظت‌شده (distance from protected areas) - پوشش گیاهی (NDVI) - کاربری اراضی (landuse) - فرسایش (erosion)	- فاصله از روستاها (distance from villages) - فاصله از شهرها (distance from cities) - فاصله از راه‌های ارتباطی (distance from roads)	- سنگ‌بستر (bedrock) - فاصله از گسل(fault) - فاصله از مراکز زمین‌لرزه (landsid) - نوع خاک (soil)

استانداردسازی نقشه‌های (روش بولین)

بر اساس منطق بولین به‌صورت قطعی در مورد یک معیار اعمال می‌شود و بر مبنای اعداد ۰ و ۱ می‌باشد و بدین معنی که نقشه‌های استانداردشده فقط دو مقدار صفر و یک خواهند داشت و عدد ارزش یک نشان‌دهنده وضعیت قابل‌قبول محل موردنظر و عدد صفر نشان‌دهنده نامطلوب بودن قطعی آن محدوده است. با توجه به نظر کارشناسان و تجارب پیشین حدود معیارها (جدول ۴) در منطق بولین جهت استانداردسازی لایه‌های قابل‌قبول برای مکان‌یابی دفن زباله ارزش‌گذاری شد و تمامی لایه‌ها (شکل ۲) بر اساس حدود معیارهای استانداردشده بولین به دست آمد درنهایت عملیات تلفیق و هم‌پوشانی لایه‌های حاصل از استاندارد نمودن نقشه‌ها (به کمک معیارهای محدودیت) و عملکرد منطقی And در محیط GIS نقشه نهایی فقط به دو قسمت مناسب و نامناسب تقسیم‌بندی و به دست آمد (شکل ۳) (شکل ۴).

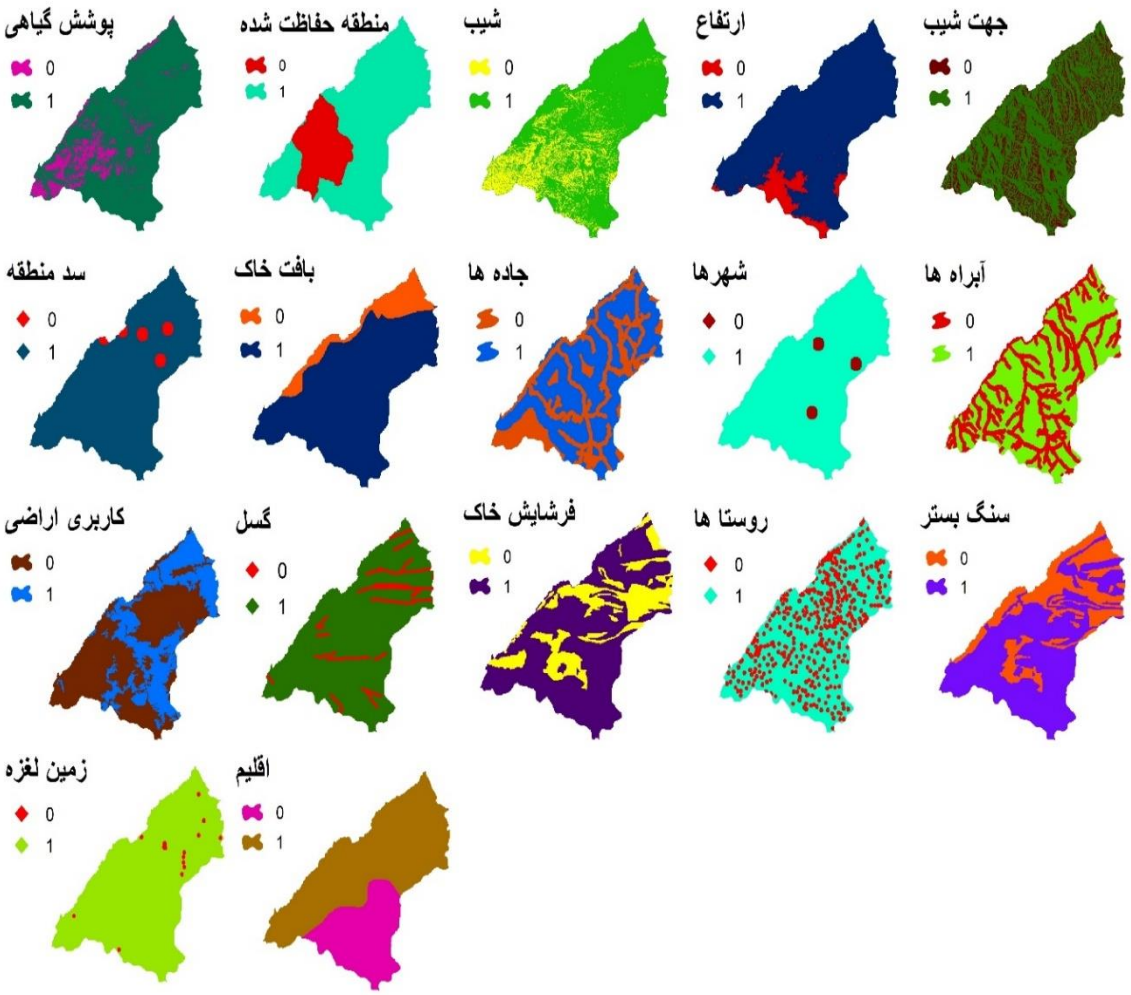
جدول ۴- حدود معیارها در منطق بولین جهت استانداردسازی لایه‌های قابل‌قبول جهت مکان‌یابی دفن زباله
Table 4. Criteria limits in Boolean logic to standardize acceptable layers for landfill location (Madadi et al., 2011; Afzali, 2007; Jun, 1999; wang et al., 2009; Amir Ahmadi et al, 2013)

ردیف Row	معیار (لایه نقشه) Criterion (map layer)	حدود قابل‌قبول برای مکان‌یابی دفن زباله Acceptable limits for landfill location	ارزش Value
1	فاصله از منابع آب سطحی (river)	رودخانه فرعی بیشتر از ۵۰۰ متر واصلی بیشتر از ۱۰۰۰ متر (Minor river is more than 500 meters and the main river is more than 1000 meters)	1
2	شیب (slope)	کمتر از ۲۰ درصد (Less than 20 percent)	1
3	فاصله از مناطق شهری (city)	بین ۳ الی ۳۰ کیلومتر (Between 3 and 30 km)	1
4	فاصله از منطق حفاظت‌شده (portected)	بیشتر از ۵۰۰ متر (More than 500 meters)	1
5	گسل (fault)	بیشتر از ۵۰۰ متر (More than 500 meters)	1
6	فاصله از مناطق روستای (village)	بیشتر از ۱۰۰۰ متر (More than 1000 meters)	1
7	بافت خاک (soil)	خاک‌های نیمه عمیق و عمیق با بافت متوسط تا سنگین (Semi-deep and deep soils with medium to heavy texture)	1
8	فاصله از شبکه جاده‌ای (road)	بین ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ متر (Between 1000 and 4000 meters)	1
9	سنگ‌بستر(bedrock)	سنگ‌آهک و سنگ آذرین، مارن و شیل (Limestone and igneous rock, marl and shale)	1
10	کاربری اراضی (landuse)	زمین‌های بایر و مراتع فقیر و متوسط Barren lands and poor and average pastures	1

ادامه جدول ۴- حدود معیارها در منطق بولین جهت استانداردسازی لایه‌های قابل‌قبول جهت مکان‌یابی دفن زباله

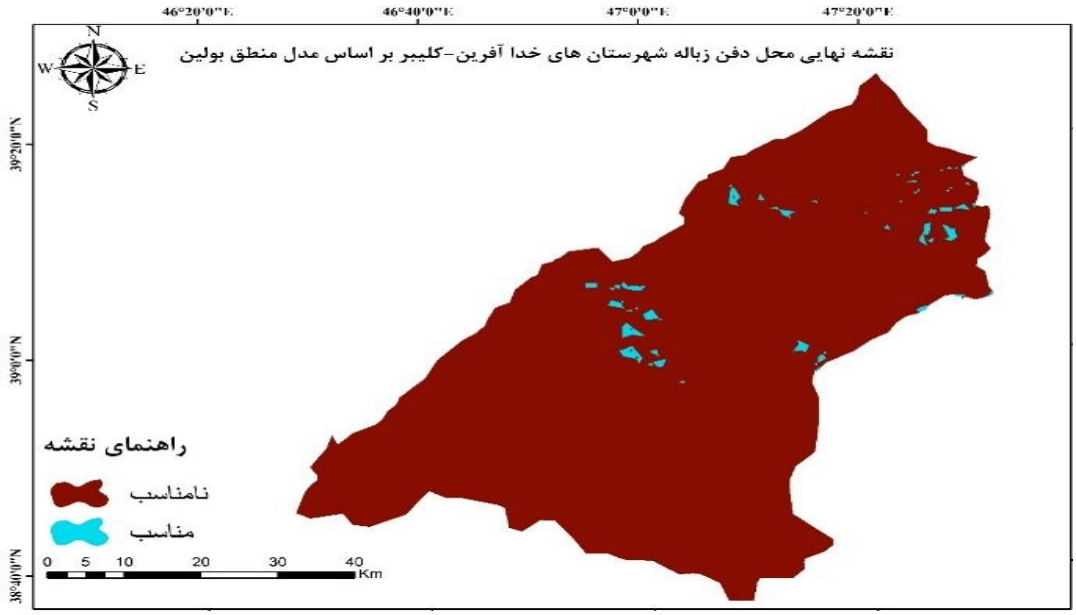
Table 4. Cont. Criteria limits in Boolean logic to standardize acceptable layers for landfill location (Madadi *et al.*, 2011; Afzali, 2007; Jun, 1999; wang *et al.*, 2009; Amir Ahmadi *et al*, 2013)

ردیف Row	معیار (لایه نقشه) Criterion (map layer)	حدود قابل‌قبول برای مکان‌یابی دفن زباله Acceptable limits for landfill location	ارزش Value
11	فرسایش (erosoin)	I،II،III (فرسایش خیلی کم، کم و متوسط) I, II, III (very low, low and moderate erosion)	1
12	NDVI[4]	مناطق بایر، پوشش گیاهی کم و نیمه متراکم (Barren areas, low and semi-dense vegetation)	1
13	ارتفاع (dem)	کمتر از ۱۸۰۰ متر (Less than 1800 meters)	1
14	اقلیم (climate)	خشک، نیمه‌خشک تا نیمه مرطوب (Dry, semi-dry to semi-moist)	1
15	فاصله از مراکز زلزله‌خیز (landsid)	بیشتر از ۱۰۰۰ متر (more than 1000 meters)	1
17	سد (dam)	بیشتر از ۳۰۰۰ متر (more than 3000 meters)	1
17	جهت شیب (aspect)	جنوبی، جنوب شرقی، جنوب غربی، غرب، شمال، شمال غربی (south, southeast, southwest, west, north, northwest)	1



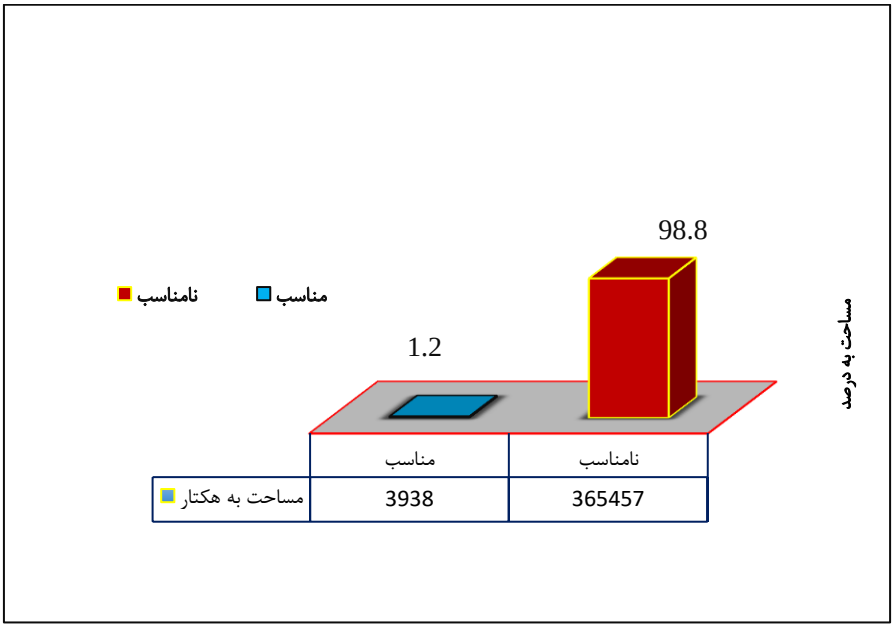
شکل ۲- نقشه‌های بولین بر اساس استانداردهای محدودیت لایه‌ها

Fig. 2- Boolean maps based on layer restriction standards



شکل ۳- نقشه‌هایی نهایی محل دفن زباله بر اساس مدل منطق بولین

Fig. 3- The final maps of the landfill based on the Boolean logic model



شکل ۴- نمودار مساحت مکان‌یابی محل دفن زباله به روش بولین

Fig. 4- Area diagram of landfill site location by Boolean method

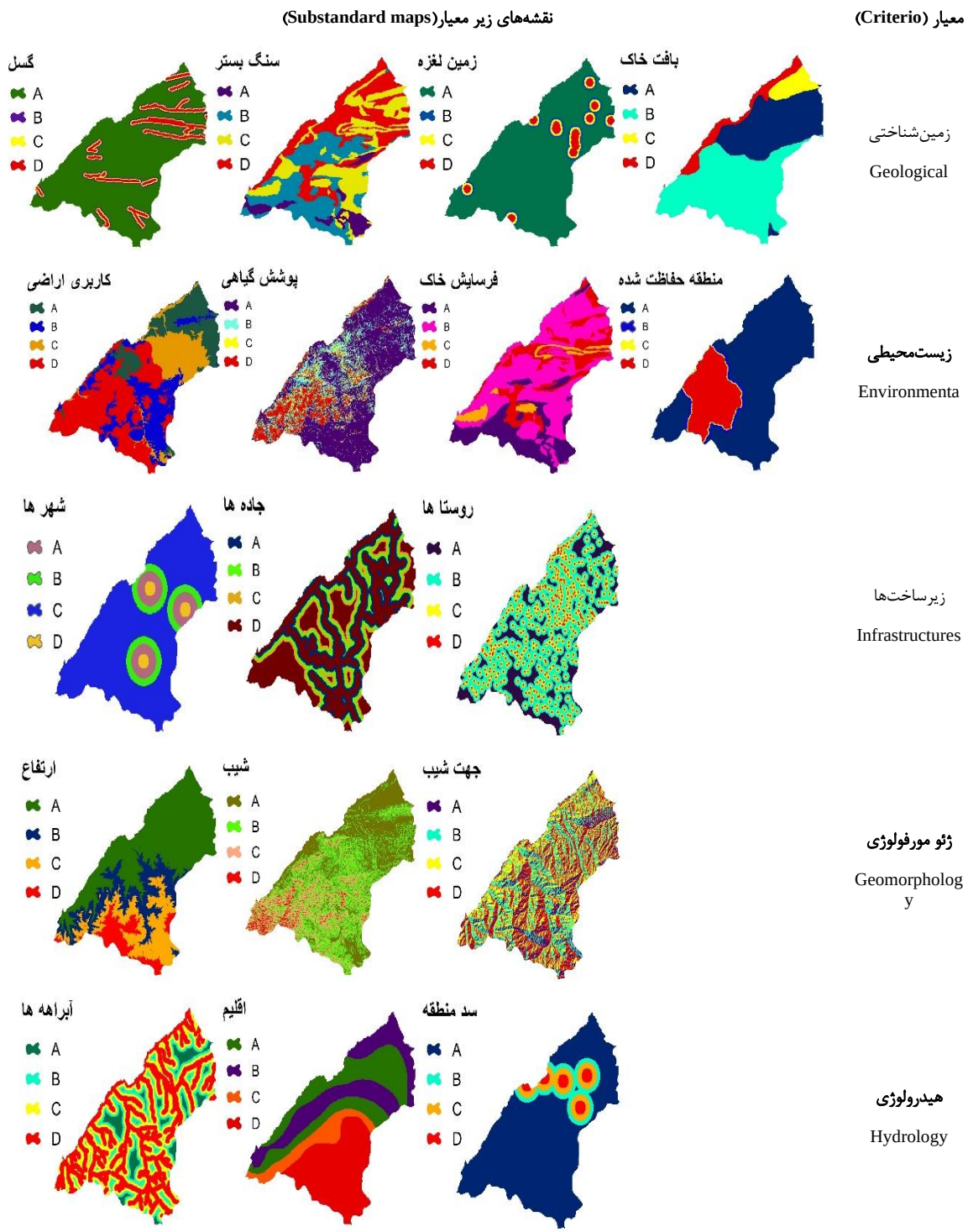
استاندارد سازی و طبقه‌بندی لایه‌ها

برای عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل دفن مواد زباله استاندارد تعریف‌شده و مشخصی وجود ندارد، ولی سازمان شهرداری‌های وزارت کشور معیارهای خود را در پژوهشی، در سال ۱۳۸۰ منتشر کرده است که به نظر می‌رسد با توجه به محدودیت‌ها و نیروهای محیطی هر ناحیه لازم است که این معیارها بازنگری شود (PourAhmed *et al.*, 2007). معیارها و شاخص‌ها بر اساس تحقیقات و تجربیات مطالعاتی که قبلاً صورت گرفته و نیز نظرات تعدادی از کارشناسان محیط‌زیست جهت تعیین درجه اهمیت طبقات نسبت به یکدیگر در هر لایه به دست آمد (جدول ۵). درنهایت با واردکردن هر لایه در محیط GIS طبق ضوابط و استاندارد تعیین‌شده برای مکان‌یابی محل دفن زباله، نقشه‌های جدیدی باارزش وزنی ساخته شد و مشخص گردید (شکل ۵).

جدول ۵- معیارهای ارزیابی مناطق اولویت‌دار برای مکان‌یابی مراکز دفن زباله

Table 5- Evaluation criteria of priority areas for locating waste disposal centers ,(Ranjbar *et al*., 2014),(Majlesi and Nouri,1992) (Chitsazan and Dehghan, 2013) (Gorsevski *et al* ., 2012), ,(Shakri, 2012) ,(Anabastani andJavanshiri, 2013) (Hafezi Moghaddas, 2011)

معیار (لایه نقشه) Criterion (map layer)	کاملاً مناسب (A) Perfectly fit (A)	مناسب (B) Suitable (B)	نسبتاً مناسب (C) Fairly suitable (C)	نامناسب(D) Inappropriate(D)
اصله از مناطق شهری(km) (city)	7-3	10-7	>10	0-3
فاصله از مناطق روستای(m) (village)	>2000	1000-2000	500-1000	<500
فاصله از آبراهه‌ها (river)	>3000	2000-3000	1000-2000	<1000
سد(m) (dam)	>7400	5600-7400	3000-5600	<3000
سنگ‌بستر(bedrock)	شیل، مارن، رس (Shale, marl, clay)	شیست، توف رسی، سنگ‌های تبخیری، پهنه‌های رسی، لس ریزدانه (schist, clay tuff, evaporite rocks, clay layers, fine-grained loess)	سنگ‌های آذرین و دگرگونی با شکستگی کم، لس سیلتی (igneous and metamorphic rocks with low fracture, silty loess)	ماسه‌سنگ، مخروط افکنه، آبرفت‌های عهد حاضر، نهشته‌های دامنه‌ای، دولومیت (sandstone, alluvial cone, alluvium of the present age, slope deposits, dolomite)
کاربری اراضی (landuse)	زمین‌های بایر (بدون پوشش گیاهی و مراتع فقیر) Barren lands (without vegetation and poor pastures)	زراعت دیم و مراتع (متراکم و نیمه متراکم) Rainfed agriculture and pastures (dense and semi-dense)	اراضی زراعی آبی (Irrigated agricultural lands)	جنگل‌ها و باغات (Forests and gardens)
گسل(m) (fault)	>1500	1000-1500	500-1000	<500
فاصله از منطق حفاظت‌شده(m) (portected)	>2000	1000-2000	500-1000	<500
فاصله از شبکه جاده‌ای(km) (road)	1-2	2-3	3-4	>4
فاصله از مراکز زلزله‌خیز(km) (landsid)	>4	4-3	3-2	<2
پوشش گیاهی (NDVI)	بایر و لم‌یزرع (Bayer and Lam Yazare)	زراعت دیم و مرتع (rainfed agriculture and pasture)	اراضی زراعی آبی و باغات (irrigated agricultural land and gardens)	جنگل (Forest)
شیب (slope)	0-10	10-20	20-30	>30
بافت خاک (soil)	خاک‌های نیمه عمق تا عمیق، بافت سنگین (Semi-deep to deep soils, heavy texture)	خاک‌های نیمه عمق تا عمیق، بافت سنگین تا متوسط (Semi-deep to deep soils, heavy to medium texture)	خاک‌های کم‌عمق تا نیمه عمیق سنگریزه دار، بافت متوسط تا سبک (Shallow to semi-deep gravelly soils, medium to light texture)	پوشش خاک‌های کم‌عمق، سنگریزه دار و غیریکنواخت، بافت سبک (Covering shallow, gravelly and uneven soils, light texture)
فرسایش (erosion)	I خیلی کم I very little	II کم II low	III متوسط Intermediate III	IV زیاد A lot of IV
اقلیم (climate)	نیمه‌خشک و خشک Semi-dry and dry	مدیترانه‌ای Mediterranean	مرطوب و نیمه مرطوب Moist and semi-moist	بسیار مرطوب Very wet
ارتفاع (dem)	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000
جهت شیب (aspect)	جنوبی، جنوب شرقی	جنوب غربی، غرب	شمال، شمال غربی	شرق، شمال شرقی

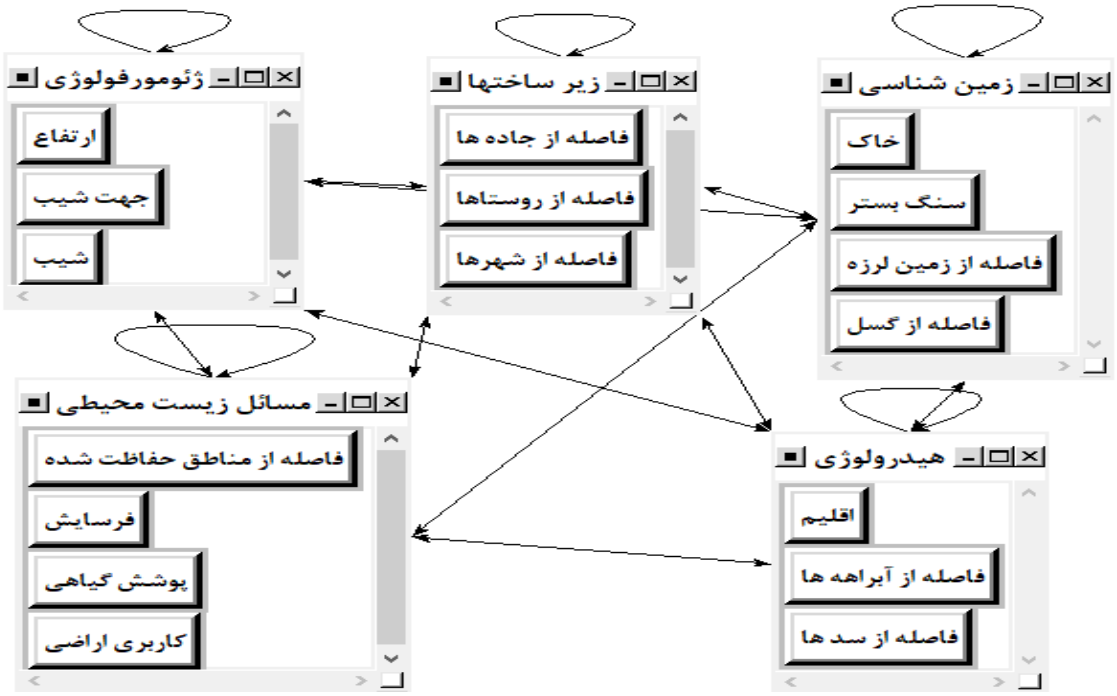


شکل ۵- نهایی محل دفن زباله بر اساس مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای

Fig. 5- The final maps of the landfill site based on the network analysis process model

تهیه ماتریس تصمیم‌گیری

معیارها در پنج خوشه شامل معیارهای زمین‌شناسی، معیارهای زیرساخت‌ها، معیارهای هیدرولوژی، معیارهای ژئومورفولوژی و معیارهای مسائل زیست‌محیطی قرار گرفت. در ذیل هر خوشه دسته‌ای از عناصر قرار دارند. این عناصر علاوه باآنکه در داخل خوشه به هم مرتبط می‌باشند، در بین خوشه‌ها نیز وابستگی دارند که این وابستگی در (شکل ۶) نشان داده‌شده است.

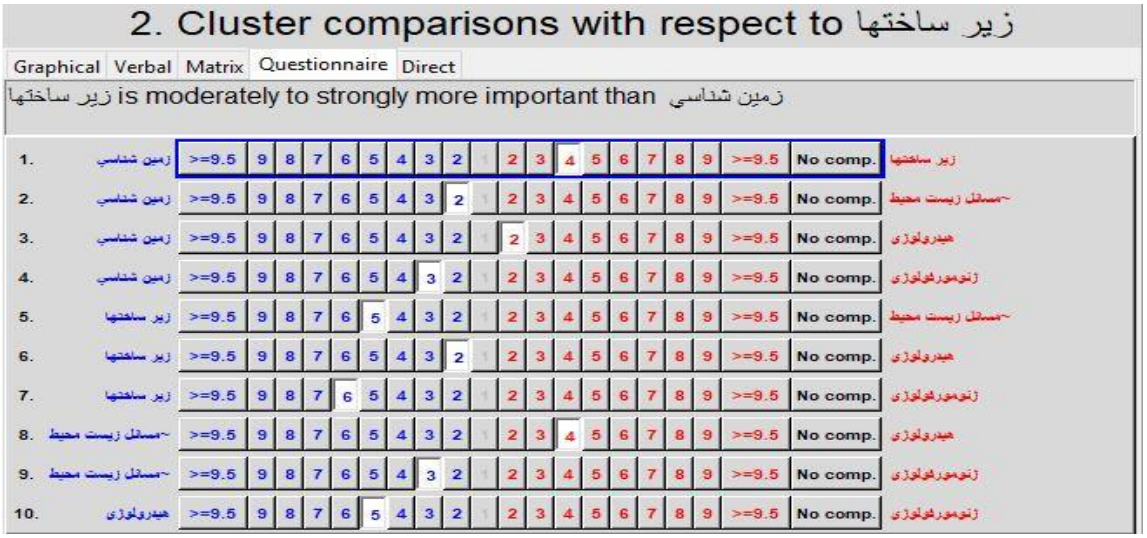


شکل۶- نمای کلی از خوشه‌ها و عناصر در مدل Super Decision برای مکان‌یابی محل دفن زباله

Fig. 6 - Overview of clusters and elements in the Super Decision model for landfill location

مقایسه زوجی بین خوشه‌ای

مقایسه زوجی به سبک پرسش‌نامه‌ای از اساتید دانشگاه حکیم سبزواری، کارشناس ارشد ارزیابی زیست‌محیطی، مسئول پسماندهای شهرستان کلیبر، کارشناس دفتر آب‌وخاک استان آذربایجان شرقی و ... انجام یافت و بعد از خوشه‌بندی در محیط نرم‌افزار Super Decisions در حدود ۱۷۸ مقایسه زوجی صورت گرفت نمونه‌ای از مقایسه زوجی بین خوشه‌ای (شکل ۷). در آخرین مرحله با توجه به جدول وزن خوشه‌ها و سوپر ماتریس حد، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود. (جدول ۶) پس از انجام مقایسه میزان نرخ ناسازگاری آن‌ها بررسی شد نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰۶۳۸ و کمتر ۰/۱ به دست آمد که این مقدار نرخ ناسازگاری طبق تعریف قابل‌قبول است.



شکل ۷- نمونه‌ای از مقایسه زوجی بین خوشه‌ای جهت مکان‌یابی محل دفن زباله

Fig. 7- An example of inter-cluster pairwise comparison for landfill location

جدول ۶- نتایج سوپر ماتریس و ارزش وزن‌های تعدیل‌شده نهایی زیر معیارها جهت مکان‌یابی محل دفن زباله بر اساس مدل ANP

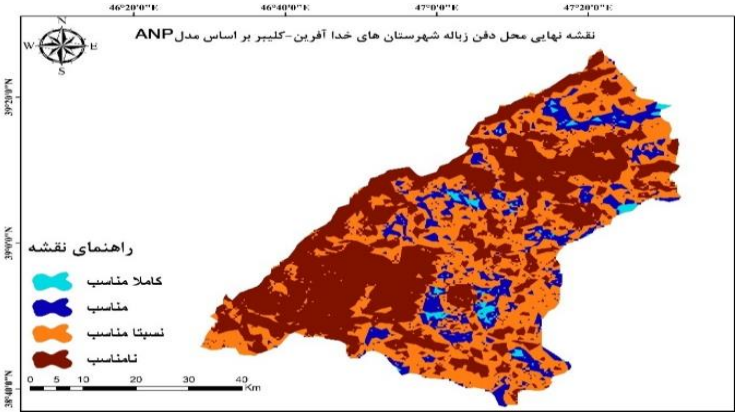
Table 6. The results of the super matrix and the value of the final adjusted weights under the criteria for location Landfill based on ANP model

معیار Criterion	درصد اهمیت معیار Criterion importance percentage
فاصله از مناطق شهری (distance from cities)	0.174
فاصله از مناطق روستای (distance from village)	0.148
فاصله از منابع آب سطحی (distance from river)	0.116
سد (dam)	0.098
سنگ‌بستر (bedrock)	0.091
کاربری اراضی (landuse)	0.074
گسل (fault)	0.065
منطق حفاظت‌شده (portected)	0.055
فاصله از شبکه جاده‌ای (distance from road)	0.042
فاصله از مراکز زلزله‌خیز (distance from landsid)	0.041
پوشش گیاهی (NDVI)	0.024
شیب (slope)	0.021
بافت خاک (soil)	0.014
فرسایش (erosoin)	0.013
اقلیم (climate)	0.009
ارتفاع (dem)	0.008
جهت شیب (aspect)	0.007
ضریب ناسازگاری (CR)	0.06

پیاده‌سازی مدل

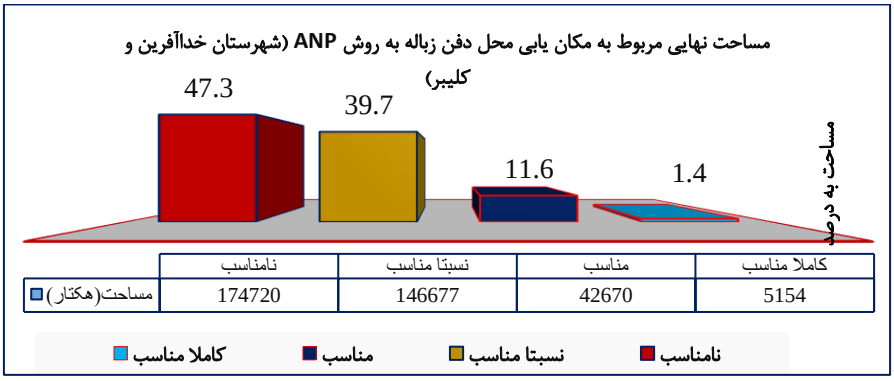
بر اساس شاخص‌های تعیین‌شده، لایه‌های مختلف اطلاعاتی در پایگاه داده قرار گرفتند. با توجه به نیازهای اطلاعاتی و تحلیلی، فرایند مدل‌سازی فضایی روی‌داده‌ها انجام شد. لایه‌های اطلاعاتی در وزن معیارها ضرب شده و وزن نهایی لایه‌ها به دست آمد. مدل اولویت‌بندی مکان‌های دفن زباله طبق (رابطه ۵) اجرا شد. در مرحله بعد در محیط ArcGIS با استفاده از ابزار Raster Calculator لایه‌های اطلاعاتی باهم ترکیب شدند و ارزش هر سلول در نقشه نهایی مشخص شد. منطقه به چهار طبقه‌ی نامناسب، نسبتاً نامناسب، مناسب و کاملاً مناسب ازنظر مکان‌یابی محل دفن زباله شهرستان خدا آفرین و کلیبر تقسیم‌بندی شد (شکل ۸) و (شکل ۹)

ANP= {(۰/۱۷۴+ فاصله از شهر) + (۰/۱۴۸+ فاصله از روستا) + (۰/۱۱۶+ فاصله از آبراهه‌ها) + (۰/۰۹۸+ فاصله از سدها) + (۰/۰۹۱+ سنگ‌بستر) + (۰/۰۷۴+ کاربری اراضی) + (۰/۰۶۵+ فاصله از گسل) + (۰/۰۵۵+ فاصله از مناطق حفاظت‌شده) + (۰/۰۴۲+ فاصله از شبکه جاده‌ای) + (۰/۰۴۱+ فاصله از زمین‌لرزه) + (۰/۰۲۴+ پوشش گیاهی) + (۰/۰۲۱+ شیب) + (۰/۰۱۴+ خاک منطقه) + (۰/۰۱۳+ فرسایش خاک) + (۰/۰۰۹+ اقلیم) + (۰/۰۰۸+ ارتفاع) + (۰/۰۰۷+ جهت شیب)} (۵)



شکل ۸- نقشه نهایی مکان‌یابی مراکز دفن زباله بر اساس مدل ANP

Fig. 8- Diagram of the final area of landfill site location by ANP method

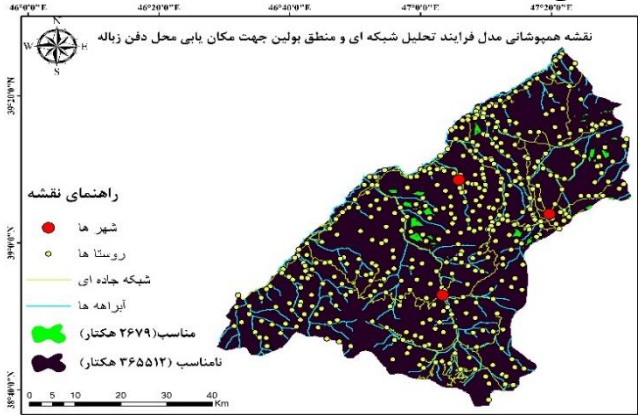


شکل ۹- نمودار مساحت نهایی مکان‌یابی محل دفن زباله به روش ANP

Fig. 9- The final map of the location of landfill centers based on the ANP model

همپوشانی نقشه روش بولین و روش فرایند تحلیل شبکه‌ای

لایه‌های مختلف اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق شدند و مناطق مناسب و نامناسب برای مکان‌یابی مراکز دفن زباله مشخص شدند. نقشه‌های نهایی پهنه‌های مختلف ازنظر قابلیت ایجاد مراکز دفن زباله نشان می‌دهد که به علت نزدیکی مناطق به یکدیگر امکان ادغام وجود دارد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- نقشه همپوشانی نقشه‌های نهایی مدل بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای

Fig. 10- Overlap map of final maps of Boolean model and network analysis process

نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روش منطق بولین و فرایند تحلیل شبکه‌ای چند معیاره برای تعیین ارزش و وزن معیارهای مختلف برای مکان‌یابی محل دفن زباله استفاده شد. هریک از روش‌ها مذکور با در نظر گرفتن تمامی ضوابط و استانداردهای لازم، لایه‌های مختلف اطلاعاتی باهم تلفیق و در لایه خروجی خود مناطقی را مکان‌یابی کردند و مکان مناسب و نامناسب برای دفن زباله شناسایی گردید. برای همین منظور ابتدا اطلاعات اولیه با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) پهنه‌بندی لازم را برای یافتن مکان مناسب جهت دفن محل زباله در شهرستان خدا آفرین و کلیبر بر اساس ماتریس مقایسه زوجی، بهترین تصمیم‌گیری برای انتخاب مرکز دفن زباله با توجه به نظر کارشناسان انجام گردید. پس از مشخص شدن وزن‌های نسبی سطوح مختلف مسئله تحقیق و به دست آمدن ماتریس‌های قضاوت جمعی با سازگاری قابل‌قبول ۰/۰۶۳۸، وزن نهایی گزینه‌های محاسبه و مناسب‌ترین گزینه برای دفن زباله انتخاب گردید. سپس در محیط ArcGIS لایه‌های اطلاعاتی همراه با وزن نهایی باهم ترکیب و ارزش هر سلول در نقشه نهایی مشخص شد. مساحت منطقه (۳۶۹۲۲۱ هکتار) به چهار طبقه‌ی نامناسب (۱۷۴۷۲۰ هکتار)، نسبتاً نامناسب (۱۴۶۶۷۷ هکتار)، مناسب (۴۲۶۷۰ هکتار) و کاملاً مناسب (۵۱۵۴ هکتار) ازنظر مکان‌یابی محل دفن زباله شهرستان خدا آفرین و کلیبر تقسیم‌بندی شد و در منطق بولین میزان مساحت برآورد شده نامناسب (۳۶۵۴۵۷ هکتار) و مناسب (۳۹۳۸ هکتار) برای مکان‌های موردمحاسبه جهت مکان‌یابی محل دفن زباله تشخیص داده شد. درنهایت به علت نزدیکی پهنه‌ها به یکدیگر اقدام به همپوشانی نقشه‌های نهایی هر دو مدل انجام شد و از ادغام مکان‌های کاملاً مناسب و مناسب مدل ANP و مناسب مدل بولین به مقدار (۲۶۷۹ هکتار) مکان مناسب مشخص گردید که این مقدار ۷۳ در صد از مناطق مناسب مدل بولین را پوشش می‌دهد. بررسی مقایسه‌ای نتایج نشان می‌دهد که درنهایت در مدل ANP تنها ۱/۴ درصد از مساحت منطقه کاملاً مناسب و در مدل بولین ۱/۲ درصد از مساحت منطقه دارای شرایط بهینه برای محل دفن زباله می‌باشد.

با توجه به گزارش خبرگزاری ایسنا، مکان دفن فعلی زباله شهرستان کلیبر طبق بررسی مدیرکل حفاظت محیط‌زیست آذربایجان شرقی، اصولی نبوده و مورد تائید نیست و همچنین در تحقیقی اثبات شد مکان فعلی دفن زباله شهرستان خدا آفرین هیچ‌کدام از استانداردهای مکان دفن بهداشتی را ندارد که شامل: عدم رعایت فاصله قانونی تا شهر، روستای کناری، زمین‌های کشاورزی، عدم حصارکشی محوطه محل دفن برای جلوگیری از چرای حیوانات روستای اطراف از زباله‌های تلنبار شده، همچنین تخلیه شیرابه حاصل از مکان دفن فعلی به سیلاب رو منتهی به رودخانه ارس است. لازم به ذکر است که در اغلب روستاهای شهرستان، ماهیگیران از ماهی این رودخانه به‌صورت عمده صید و در سطح شهر و استان به فروش می‌رسد که بدون شک سلامتی مردم را تحت تأثیر خواهد گذاشت (Mousavi., 2019). از مهم‌ترین دستاوردهای حاصل از نتایج این تحقیق استفاده از مکان کاملاً مناسب و مناسب نتیجه نهایی نقشه از این پژوهش است. به‌هرحال، هر روشی ضمن آنکه دارای مزایایی می‌باشد، محدودیت‌هایی نیز دارد و برای مشخص شدن آن در تحقیقات بعدی نتایج این روش با سایر روش‌ها باید مقایسه شود. همچنین هرچه تعداد معیارها و شاخص‌ها کامل‌تر و دقیق‌تر انتخاب شود، نتایج بهتری به دنبال خواهد داشت که به‌طور مسلم نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه دارد.ارزیابی نتایج حاصله با موارد ذکرشده در پیشینه‌ی تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به شرایط طبیعی منطقه‌ی موردمطالعه، نتایج به‌دست‌آمده با برخی از پژوهش‌ها که دارای شرایط محیطی مشابهی بوده‌اند؛ هم‌خوانی دارد اما با پژوهش‌هایی که از منظر شرایط محیط طبیعی کاملاً متفاوت بوده‌اند؛ هم‌خوانی ندارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Geographic information system

[2] Analytical Network Process

[3] Analytical Hierarchy Process

[4] Normalized Difference Vegetation Index

منابع

Amiri, H. and Karimpour, S., 2017. The application of geographic information system and network analysis process model (ANP) in locating the landfill site of urban solid waste (case study of Torbat-Haidarieh city). Natural Environment Journal. 69(4), 881-898. (In Persian with English abstract)

Alanbari, M., Al-Ansari, N., Jasim, H. and Knutsson, S., 2014. Al-Mseiab Qadaa landfill site selection using GIS and multicriteria decision analysis. Engineering. 6(9), 526-549. (In Persian with English abstract).

Aldroumi, A., Nouri, H., Mirzaei, R. and Dayant, L., 2014. Location of sanitary waste landfill using geographic information system and hierarchical analysis process of Zarindasht city. Environmental Science and Engineering Quarterly. 5(1), 23-48. (In Persian with English abstract).

Anabastani, A.A. and Javanshiri, M., 2013. Locating the suitable waste burial place in rural settlements, case study: rural area of Khaf city. Geography and Environmental Hazards. 2 (2), 103-115. (In Persian with English abstract).

Afzali, A., Mirghafari, N. and Sufyanian, A., 2013. application of geographic Information System (GIS) and AHP in urban waste site selection (case study: Najaf Abad). Applications Ecology. 2 (6), 27-38. (In Persian with English abstract).

Amir Ahmadi, A., Porfashmi, S. and Rezaei, S., 2013.The use of geomorphic factors in locating the burial of urban products in the study of the city of Islamabad, Arab. Geography and Environmental Sustainability. 9(3), 33-50. (In Persian with English abstract).

Afzali, A., 2007. Application of GIS and hierarchical analysis process in locating municipal waste landfill, Case study of Najaf Abad city. Ms.C. Thesis. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. P. 113. (In Persian with English abstract).

Alistair, A., 2001. The Development of a GIS Method for Location of Landfill Sitesin Ireland and Portugal, Atlantic Area Interreges-IIC Program Project Ref, EA-BLIRE-N.

Behbahani Nia, A., Faizi, M., Asami, S.R. and Rostami, N., 2021. Compilation of the optimal location model for sanitary waste disposal using the method of network analysis process (case study: Ilam city), Environmental Science Studies. 6(1), 3296-3301. (In Persian with English abstract).

Chitsazan, M. and Dehghan, F., 2013. Landfill site selection using geographic information system (Case study: Ramhormoz city, Iran) Eco. Environ and Cons. 19 (2), 533-538.

Delage, P., 2013. On the thermal impact on the excavation damaged zone around deep radioactive waste disposal. Journal of rock mechanics and geotechnical engineering. 5(3), 179-190.

Darban Astana, A. and Azki, M., 2008. Principles and basics of rural health, publications of the Organization of Municipalities and Villages of the country.p. 106. (In Persian with English abstract).

Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D. and Frizado, J., 2012. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average. Waste

Study on the effective process parameters simultaneously for survey of solid waste management of Khomarlu city in summer 2013. Journal of Environmental Science and Technology. 21(7), 255-265.

Mirabadi, M. and Abdi Qala, A.H., 2017. Landfill locate in Bukan by Boolean logic and analytical hierarchy process (AHP). Journal of Environmental Science and Technology. 19(1), 149-168. (In Persian with English abstract).

Madadi, A., Azadi Mubaraki, M. and Babaei Moghadam F., 2011. Modeling suitable landfill sites using AHP method, fuzzy logic, weighted overlap index and Boolean logic (case study of Ardabil city), Research Journal of Geography and Planning. 17 (47), 254-235. (In Persian with English abstract).

Majlesi, M. and Nouri, J., 1992. Burial site location and management Health", Material Recycling and Conversion Organization, Tehran. p. 148. (In Persian with English abstract).

Nasiri, B., Yar Moradi, Z. and Abbas Nejad, J., 2017. Landfill location in Mako city by Fuzzy and Bolean method. Journal of Geographical Survey of Space. 7 (24), 87-98. (In Persian with English abstract).

Nas, B., Cay, T., Iscan, F. and Berktay, A., 2010. "Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation", Environmental monitoring and assessment. 160, 491-500.

Neaupane, K. M. and Piantanakulchai, M., 2006. Analytic network process model for landslide hazard zonation. Engineering Geology. 85(4), 281-294.

Omrani, Q., Javid, A.H. and Ramezanali E., 2012. Investigation on the factors for site selection of management. 32(2), 287-296.

Hafezi Moghaddas, N. and Hajizadeh Namaghi, H., 2011. Hazardous waste landfill site selection in Khorasan Razavi province, northeastern Iran. Arabian journal of geosciences. 4(1), 103-113. (In Persian with English abstract).

Hubina, T. and Ghribi, M., 2008. GISbased decision support tool for optimal spatial planning of landfill in Minsk region, Belarus, Proceedings of 11th AGILE International Conference on Geographic Information Science, (ICGIS'08), University of Girona, Spain. pp. 1-4.

Haiderzadeh, N., 2003. Criteria for locating landfill sites for urban solid waste, published by the Organization of Municipalities of the country.p. 40. (In Persian with English abstract).

Heydarzadeh, N., 2001. Site selection of landfill using GIS in Tehran. M. SC. Thesis. Department of Civil engineering (environmental engineering),Tarbiat Modares University, Tehran.p. 120. (In Persian with English abstractn Persian).

Jun, C., 1999. Design of an intelligent geographyc information system for multicrieriasite analysis, Articles currently und er peer review by the URISA journal .p. 280.

Lahmian, R., 2018. Application of geographic information system and multi criteria decision-making system in waste landfill site selection, case study: Sari city, Space Survey. 29(8), 167-180. (In Persian with English abstract).

Lami, I.M. and Abastante, F., 2014. Decision making for urban solid waste treatment in the context of territorial conflict: Can the Analytic Network Process help? Land Use Policy. 41, 11-20.

Mousavi, S., Darghahi, A. and Azizi, F., 2019.

Springer Science+ Business Media, LLC. P. 282.

Saeidinia, A., 1999. Urban solid waste, Green Book of Municipalities, Urban Planning Study Center, Publications of the Organization of Municipalities and Villages of the country. P. 116. (In Persian with English abstract).

Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. New York. McGraw Hill. P. 287.

Wafadost, N. and Makaniki, J. 2018. Location of waste landfill in urban areas using network analysis method (ANP) case study: Gonabad city, Amash Mohit. 11(41), 23-46. (In Persian with English abstract).

Wang, G., Qin, L., Li, G. and Chen, L., 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: a case study in Beijing, China. Journal of environmental management. 90(8), 2414-2421.

Vastava, Sh. and Nathawat, M.S., 2003. Selection of Potential Waste Disposal Sites Around Ranchi Urban Complex Using Remote Sensing and GIS Technigues, Urban Planning, Map Asia Conference. pp. 133-154.

Zhang, W. and Sun, C., 2014. Parametric analyses of evapotranspiration landfill covers in humid regions. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 6(4), 356-365. (In Persian with English abstract).

Zebardast, E., 2010. Application of Network Analysis Process in urban and regional planning. Journal of Fine Arts-Architecture and Urban Development. 2(41), 79-90. (In Persian with English abstract).

solid waste transfer stations for 22nd district of Tehran municipally considering environmental issue, air and waste leachate, Journal of Environmental Science and Technology. 14 (2),147-160. (In Persian with English abstract)

Pour Ahmed, A., Habibi, K., Mohammad Zahraei, S. and Nazari Alavi, S., 2007. The use of fuzzy algorithms and GIS for the location of urban equipment (case study: Burial site of Bagh Shahr Babolsar). Environmental Science. 33(42),42-31. (In Persian with English abstract).

Ranjbar, A., Hakimpour, F., Miriyagoubzadeh, M.H., Sharif Nejad, M. and Babaei, E., 2014. Zoning and location of urban waste burial (case study: Tabriz city), Scientific Journal of Geography and Planning. 18(47), 133-148. (In Persian with English abstract).

Rasooli, A.A., Khorshiddost, A.M., Mosavi, S.R. and Amini, A., 2004. Locating of municipal solid waste landfill using GIS and Rs technology (A case study: Sari city). Proceeding of environment and municipal sustainable development.Iran, Babulsar, 6 January. P. 119. (In Persian with English abstract).

Shakri, F., 2012. Master's thesis on the location of municipal solid waste landfill in Garmsar city, Faculty of Science, Shahrood University of Technology. P. 18. (In Persian with English abstract).

Sener, Sh., Sener, E., Nas, B. and Karagüzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). Waste management. 30(11), 2037-2046.

Saaty, T.L. and Vargas, L.G., 2006. Decision making with the analytic network process ,

Environmental Sciences Vol.21 / No.2 / Summer 2023

183-204

Original Article

Location of landfill centers based on Boolean logic model and ANP network analysis process in GIS environment (Case study: Khoda Afrin and Kalibar cities)

Ali Khodaie[1*] and Rahman Zandi[2]

[1] Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
[2]Department of Remote Sensing and GIS, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

Received: 2022.12.20 Accepted: 2023.06.11

Khodaei, A. and Zandi, R., 2023. Location of landfill centers based on Boolean logic model and ANP network analysis process in GIS environment (Case study: Khoda Afrin and Kalibar cities). Environmental Sciences. 21(2): 183-204.

Introduction: The lack of proper management and choosing the right place for disposal and burial of waste creates problems for the environment. Khoda Afarin city has a population of about 34977 people and Kalibar city has a population of about 48837 people. In the last few decades in these cities, with the increase in population, consumerism, and the change in people's eating habits, the increase in the consumption of packaged materials along with the imitation of people's consumption patterns has caused an increase in the production of a large amount of waste. Despite this problem, there is still no proper way to dispose of waste in these cities. The purpose of this research was to locate landfill centers based on the ANP network analysis process model and Boolean logic in the geographic information technologies (GIS) environment by using the opinions of experts in the form of pairwise comparison questionnaires and descriptive-analytical methods**.**

Material and methods: In this research, in order to select landfill centers due to the complexity of the influencing factors, the necessity of using GIS and its integration with other management and planning matters

[*] Corresponding Author: *Email Address*. A.khodaie@hsu.ac.ir
http://dx.doi.org/10.48308/envs.2023.1258
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.2.14.2

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

has been proposed. Therefore, in this research, ARC GIS software has been used to create databases, spatial analysis and superimposition of information layers, as well as ANP model and Super Decision software to calculate criteria weight and Boolean logic model.

Results and discussion: In this research, 17 layers of information including surface water resources, slope, city and village areas, protected areas, fault, soil, road network, lithology, land use, erosion, NDVI, dem, climate, land side, dam, and aspect were used. Then, in the network analysis process model, Super Decision software was used to apply weights for each of the criteria, and in the ArcGIS environment, the information layers were combined with the final weight, and the value of each cell was determined in the final map. The area of 369221 hectares was divided into four categories: unsuitable 174720 hectares, relatively unsuitable 146677 hectares, suitable 42670 hectares and completely suitable 5154 hectares in terms of landfill location, and in Bolin logic, the estimated area of unsuitable 365457 hectares and suitable 3938 hectares for landfill location were detected. Finally, due to the closeness of the areas to each other, the final maps of both models were overlapped, and after merging the locations of 2679 hectares, a suitable location was determined, which covered 73 percent of the suitable areas of the Boleyn model.

Conclusion: The comparative analysis of the results shows that in the ANP model, only 1.4 percent of the area is completely suitable, and in the Boleyn model, 1.2 percent of the area has optimal conditions for the landfill. One of the most important achievements of the results of this research is the use of a completely suitable place and a map.

Keywords: Garbage dump, Khoda Afrin and Kalibar, Boolean logic, ANP, localization, GIS.