فصلنامه علوم محیطی، دوره دوازدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۳

۱۷-۲۶

روشی نوین در جایابی خاک‌چال‌ها بر پایه تعیین شاخص کیفیت خاک

مهناز اسکندری [۱*]، مهدی همایی [۲] و امین فلامکی [۳]

[۱] باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲]استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
[۳]استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳ تاریخ پذیرش:۹۳/۷/۲۷

چکیده

شاخص کیفیت خاک به کمّی کردن وضعیت خاک‌ها در کاربری‌های مختلف کمک می‌کند. هدف از این پژوهش، ارائه روشی نوین در زمینه یکی از چالش‌های مهم محیط‌زیستی، یعنی مکان‌یابی خاک‌چال‌های دفن زباله‌های جامد شهری بر پایه تعیین شاخص کیفیت خاک بود. به‌دین منظور پس از بسط روش پیشنهادی، این روش برای انتخاب مکان مناسب دفن زباله‌های جامد شهر مرودشت به‌کار رفت. برای تعیین شاخص کیفیت خاک، نخست وظایف خاک در کاربری خاک‌چال تعیین شد که شامل چهار وظیفه ماده پوششی زباله‌ها، محیط و محفظه دریافت آن‌ها، محیط تجدید و نوسازی و سرانجام پوشش نهایی خاک‌چال بود. سپس برای هر یک از این وظایف، معیارهای مناسب قابل استخراج از واحدهای نقشه خاک تعریف شد. پس از استانداردسازی معیارها، وزن‌دهی آن‌ها به‌روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت. با جمع‌بندی معیارهای استاندارد شده وزن‌دار، شاخص کیفیت خاک در هر واحد نقشه به‌دست آمد. نتایج روش پیشنهادی نشان داد که نزدیک به ۸۰۰۰ هکتار از واحدهای اراضی اطراف مرودشت برای اختصاص به خاک‌چال مناسب هستند که موقعیت این اراضی با نتایج حاصل از روش‌های رایج محیط‌زیستی، یکسان است. لیکن در روش پیشنهاد شده تعداد معیارها کم‌تر بوده و زمان و هزینه کم‌تری صرف مکان‌یابی می‌شود. افزون بر این، ارزش خاک برای کاربری‌های سودمندتر مانند کشاورزی نیز در نظر گرفته خواهدشد.

کلمات کلیدی: سامانه اطلاعات جغرافیایی؛ شاخص کیفیت خاک؛ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی؛ مکان‌یابی خاک‌چال.

A New Method for landfill Site Selection Based on Determining Soil Quality Index

Mahnaz Eskandari[1*], Mehdi Homaee[2] & Amin Falamaki[3]

[1] Young Researchers and Elites club, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Professor, Department of Soil Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[3]Assistant professor, Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Abstract

Soil quality index is able to assist quantifying soil status in different usage. The objective of this study was to present a new method for one of the most important environmental challenges, municipal solid waste landfill siting, based on determining soil quality index. After presenting the proposed method, it was used for landfill site selection of Marvdasht. First, soil functions including daily waste cover, container and support of waste, renovating some waste products and landfill final cover were determine to find out soil quality index. Thereafter, proper extractable soil properties from soil map were defined to quantify soil functions. Subsequent to data standardization, data weighting were performed by analytic hierarchy process. Next, with gathering data, soil quality index was derived for each soil map unit. The result of proposed method shows that almost 8000 hectares of the study area is suitable for landfill construction. The situations of suitable areas were comparable with the result of common environmental landfill siting in the study area. But in the new proposed method, the numbers of evaluation criteria were less than the traditional method and the site selection approach was easier and more cost effective. Further, the productivity of soils for more valuable usage like agriculture was considered.

Keywords: AHP, GIS, Landfill Siting, Soil quality index.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: Mahnazskandari@yahoo.com

۱- مقدمه

خاک از مهم‌ترین منابع‌طبیعی است. چراکه افزون بر تأمین غذای بسیاری از موجودات زنده، پاسخگوی نیازهای دیگر انسان هم‌چون حیات وحش، تفرجگاه و محل دفن مواد زاید نیز هست. در حال حاضر خاک به‌عنوان محیط دریافت و تصفیه مواد زاید، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راه‌حل برای یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط‌زیستی بشر، یعنی مدیریت مواد زاید جامد به‌شمار می‌رود. با آشکار شدن همه‌جانبه مشکلات ناشی از مواد زاید جامد طی زمان، مفهوم مدیریت منسجم مواد زاید (ISWM)[1] شکل گرفت [۱]. اجزای ISWM شامل کاهش در تولید زباله، استفاده مجدد، چرخه مواد، استحصال انرژی، سوزاندن و سرانجام دفن در خاک‌چال‌ها ست. به‌رغم تلاش‌های انجام شده برای گرایش به‌سمت سایر اجزای ISWM، هنوز دفن زباله در خاک‌چال‌ها ، غالب‌ترین روش مدیریت مواد زاید جامد به‌شمار می‌رود [۲].

برای دفن زباله در خاک‌چال‌ها بدون آسیب جدی به محیط‌زیست، نخست باید مکانی مناسب پیدا کرد. تاکنون مدل‌های متعددی برای مکان‌یابی خاک‌چال‌ها ارائه شده‌است. این مدل‌ها را می‌توان به دو گروه مدل‌های بهینه‌ساز و مدل‌های سازش‌پذیر تقسیم کرد [۳]. در بهینه‌سازی فرض می‌شود که اهداف متعدد یک مسأله می‌تواند بر پایه مقیاسی یکسان ارائه‌شود. به‌دین ترتیب انتخاب گزینه بهتر از میان سایرین، میسر خواهد بود. آنالیز سود-هزینه[3]، از جمله این مدل‌ها هستند که مقیاس یکسان‌سازی ابعاد مختلف مسأله تصمیم‌گیری در آن‌ها، مقیاس مالی است. روش‌هایی که در ابتدا برای تعیین مکان مناسب خاک‌چال استفاده می‌شدند، از این مدل‌ها استفاده می‌کردند. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به‌کارهای Helms and Clark (1971) و Esmali (1972) اشاره کرد.

با افزایش تعداد معیارها و ماهیت متضاد آن‌ها در جایابی خاک‌چال، هم‌چنین پیچیدگی کاربری اراضی در اطراف شهرها در دنیای امروز که غالباً با تعارض و کشمکش میان استفاده‌های متعدد از اراضی همراه است، پژوهش‌گران به‌سمت استفاده از مدل‌های سازش‌پذیر تمایل پیدا کرده‌اند. در این مدل‌ها، هر گزینه در رابطه با گروه‌های متعددی از معیارها مورد قضاوت قرار می‌گیرد. در نهایت مناسب‌ترین گزینه آن است که در رابطه با همه گروه‌ها، نسبتاً ارجحیت داشته‌باشد. در حقیقت در این مدل‌ها تلاش می‌شود که رضایت تصمیم‌گیرنده فراهم شود. این مسأله، هسته اولیه برای مطرح شدن روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) [2] بود که در دو دهه گذشته در شاخه‌های مختلف علوم گسترش بسیار داشته‌اند [۳].

روش‌های MCDM، به دو دسته چند هدفه و چند صفته قابل تفکیک است که هر یک نیز شامل روش‌های تصمیم‌گیری گروهی و فردی می‌باشد [۶]. مکان‌یابی خاک‌چال، یک مسأله تصمیم‌گیری با کمک چند صفت برای رسیدن به یک هدف به‌شمار می‌رود. بنابراین از روش‌های چند هدفه در این زمینه کم‌تر استفاده شده است. در روش‌های گروهی، یک گروه از افراد مختلف با نظرات و پیش‌زمینه متفاوت و متضاد با یک‌دیگر، در یک مسأله تصمیم‌گیری مشارکت می‌کنند. Geneletti (۲۰۱۰)، برای تعیین مکان مناسب یک خاک‌چال دفن زائدات خنثی در ایتالیا، از تصمیم‌گیری گروهی به‌روش پرسشنامه‌ای استفاده کرده‌است. وی نتیجه گرفت که استفاده از نظرسنجی افراد مسئول و متخصص، روشی سودمند برای کاستن از اتلاف زمان در حل مسائل تصمیم‌گیری است. مثال دیگر در این مورد، پژوهش Eskandari et al. (2012) است که برای تعیین مکان مناسب دفن زباله‌های جامد شهری از نظرسنجی ۳۵ متخصص در علوم مختلف استفاده کردند. این نظرسنجی نشان داد که اگر به دلیل موقعیت خاصّ منطقه-ای از نظر زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی، تعیین مکان خاک‌چال با یک الگوریتم میسر نباشد می‌توان نخست مکان خاک‌چال را در سه حالت وزن‌دهی به گروه معیارها، که در هر حالت یک دسته از معیارها واجد بیشترین اهمیت باشد، تعیین کرد. سپس هر سه نقشه حاصل شده را بر یکدیگر منطبق نمود. منطقه‌ای که پس از انطباق نقشه‌ها هنوز بهترین مکان برای دفن زباله باشد، به‌عنوان مناسب‌ترین مکان در نظر گرفته خواهدشد.

در تصمیم‌گیری فردی، برای اختصاص وزن به معیارها در میان افراد شرکت‌کننده در تصمیم‌گیری تعارض وجود ندارد. این روش‌ها، قابل تفکیک به دو دسته روش‌های تعیینی و روش‌های فازی است. روش فازی زمانی استفاده می‌شود که تصمیم‌گیرنده به‌واسطه اطلاعات محدود و یا غیردقیق، قادر به قضاوت نسبت‌به اهمیت نسبی معیارهای ارزیابی نباشد. به‌عنوان مثال، Al-Jarrah و Abu-Qdais (۲۰۰۶) در پژوهش خود مدلی برای جایابی خاک‌چال دفن زباله بر پایه روش فازی ارائه کردند. پس از ارائه مدل، از آن برای مکان‌یابی خاک‌چال استفاده شده است. نتایج حاصل از

مدل با نتایج حاصل از تصمیم‌گیری افراد متخصص و با تجربه در جایابی خاک‌چال مقایسه و نشان داده شده که مدل پیشنهادی می‌تواند در مرحله اجرا، کارایی مناسبی داشته باشد. هم‌چنین برای تعیین مکان مناسب تسهیلات دفع زباله شهری، Ekmekciaglu et al. 2010 نیز از روش فازی استفاده کرده است. نتایج این پژوهش نشان داد که وزن‌های اختصاص داده شده به معیارها در تصمیم‌گیری برای مکان بهینه تسهیلات بسیار مهم است.

از میان روش‌های تعیینی در مسائل تصمیم‌گیری، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، دو روش مهم هستند که در مکان‌یابی خاک‌چال‌ها و سایر تسهیلات دفع زباله نیز بسیار به‌کار رفته‌اند [۱۱، ۱۲، ۱۳]. از آن‌جا که معیارهای کاربردی در تعیین مکان مناسب دفن زباله در سطح مکان متغیرند، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزاری سودمند در پژوهش‌های مرتبط با این حوزه در دهه اخیر بوده است. از میان این پژوهش‌ها، بیشترین کاربرد را تلفیق AHP با GIS در حوزه تعیین مکان مناسب خاک‌چال‌ها داشته است [۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳].

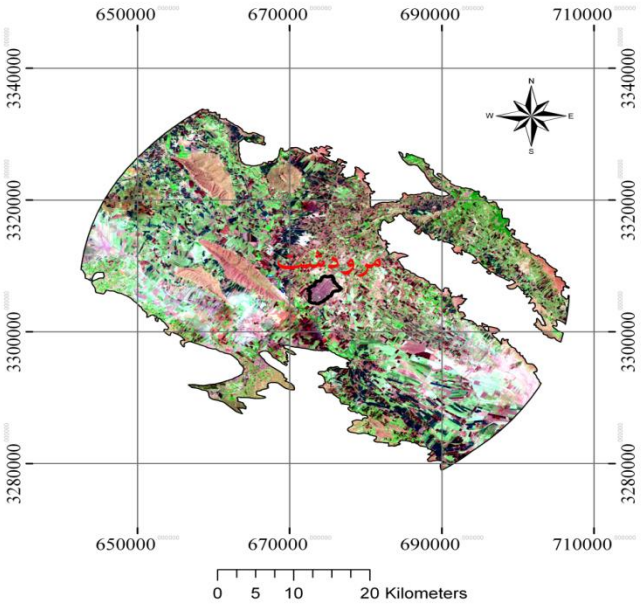
خاک نقشی کلیدی در دفن زباله در خاک‌چال‌ها دارد. در شرایط پیچیده دنیای امروز با کشمکش موجود میان کاربری‌های مختلف اراضی به‌ویژه در حاشیه شهرها، استفاده نامناسب از خاک باعث تخریب آن شده‌است. بنابراین برای درک بهتر فرآیندهایی که باعث بهبود یا تخریب خاک‌ها در گزینه‌های مدیریتی متفاوت می‌شوند، مفهوم "شاخص کیفیت خاک" در سال‌های اخیر توسط پژوهش‌گران علوم خاک، مطرح شد. بهترین شناخت از این مفهوم با نگاهی به خاک به‌عنوان جزئی از یک اکوسیستم بزرگ‌تر که از عملکردهای مهم اکولوژیک حمایت می‌کند، به‌دست می‌آید. کیفیت خاک، ویژگی‌هایی از خاک را تعریف می‌کند که برای انجام وظیفه‌ای مشخص در حمایت از عملکردهای آن، خاک را مناسب می‌سازند. نگرش به این ویژگی‌ها و کیفیت و کمّیت آن‌ها دقیقاً به این مسأله برمی‌گردد که کدام یک از عملکردهای اکولوژیک خاک‌ها مدنظر قرار گرفته‌است. به‌عنوان نمونه هدف از مدیریت خاک به‌عنوان محیط دریافت، بازچرخش و تجزیه مواد زاید این است که بتواند به‌گونه‌ای مطلوب و به‌عنوان محیطی امن و سودمند، کودها، لجن فاضلاب و زایدات جامد را دریافت و تجزیه کند. از این نظر کیفیت خاک، ظرفیت یک خاک برای انجام مجموعه‌ای از وظایفش در راستای هر هدف مدیریتی را بیان می‌کند. شاخص کیفیت خاک برای مقایسه خاک‌های مختلف در اهداف مدیریتی مورد نظر، ابزاری بسیار سودمند برای مدیران اراضی است [۲۴]. اطلاعات جغرافیایی خاک‌ها در میان مدیران اراضی غالباً با نقشه خاک رد و بدل می‌شوند. بنابراین نقشه‌های خاک به‌عنوان ابزاری برای مدیریت و برنامه‌ریزی اراضی، بسیار مورد تقاضا هستند. بنابراین در این پژوهش تلاش شده‌است تا با تلفیق روش MCDM که از پرکاربردترین روش‌های جایابی خاک‌چال است با اطلاعات مستخرج از نقشه خاک، روشی نوین به منظور تعیین شاخص کیفیت خاک برای کاربری دفن زباله پیشنهاد شود. به منظور آزمون روش پیشنهادی، شهر مرودشت به‌عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان مرودشت در دشتی حاصلخیز و پهناور بین ´۴۴ °۵۱ تا ´۳۰ °۵۳ طول شرقی و ´۱۵ °۲۹ تا´۵۹ °۳۰ عرض شمالی در استان فارس قرار گرفته‌است. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۵۹۰ متر، میانگین بارش سالانه حدود ۳۹۰ میلی‌متر و میانگین دمای هوا ۱۷/۷ درجه سانتی‌گراد است. بر پایه طبقه‌بندی دومارتن این منطقه در اقلیم نیمه‌خشک قرار دارد. عمده کاربری زمین در این دشت، کشت پاییزه گندم و جو است. دشت مرودشت به طور عمده از رسوبات سیلابی از جنس سیلت، رس و شن، آبرفت‌های رودخانه‌ای و رسوبات مردابی از جنس سیلت، رس و نمک تشکیل شده‌است. مهم‌ترین رودخانه‌های جاری در این دشت رودخانه‌های کر، سیوند و مایین می‌باشند. مرودشت دومین شهر پرجمعیت استان فارس است که بر پایه نتایج سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت آن ۳۰۷۴۹۲ نفر می‌باشد. سرانه تولید زباله در این شهر ۷۰۰ گرم در روز است [۲۵]. خاک‌چال فعلی دفن زباله مرودشت در ″۱ ´۵۳ °۵۲ طول شرقی و ″۲۸ ´۵۲ °۲۹ عرض شمالی و به ارتفاع ۱۷۳۷ متر از سطح دریا قرار دارد که به دلیل رعایت نکردن مقررات زیست محیطی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (۲۰۰۹) این محل باید تغییر یابد. حداکثر فاصله‌ای که شهرداری مرودشت توانایی پرداخت هزینه حمل زباله به آن را دارد، تا ۳۰ کیلومتری شهر است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه تا شعاع ۳۰ کیلومتری از شهر را نشان می‌دهد.

نقشه خاک دشت مرودشت در سطح فاز سری و با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰، طی مطالعات اجمالی دقیق منطقه درودزن (۱۳۴۷)، توسط موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شده است. در این پژوهش از اطلاعات نقشه خاک منطقه که در سال ۱۳۸۷ اصلاح و رقومی شده است، استفاده گردید.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه تا شعاع ۳۰ کیلومتری از شهر مرودشت

۲-۲- روش جایابی

در جایابی خاک‌چال نخست لازم است که قوانین و مقررات محیط‌زیستی لازم‌الاجرا در هر منطقه مورد توجه قرار گیرد. بنابراین برخی ویژگی‌های قابل استخراج از نقشه‌های خاک که در نظر گرفتن آن‌ها بر پایه قوانین سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای اختصاص مکان به خاک‌چال الزامی است، شناسایی شدند. سپس این ویژگی‌ها در هدف مدیریتی اختصاص مکان مناسب به دفن زباله، به‌عنوان معیارهای محدودکننده در نظر گرفته شدند.

در هر هدف مدیریتی می‌توان با تعیین وظایف خاک و سپس ویژگی‌های قابل اندازه‌گیری مرتبط با این وظایف، شاخص کیفیت خاک را اندازه‌گیری کرد. برای این منظور باید راهکارهایی برای تجمیع ویژگی‌های خاک ارائه شود. نخست به دلیل داشتن مقیاس‌های متفاوت، ویژگی‌های خاک استاندارد می‌شوند. هم‌چنین به دلیل تأثیر متفاوت وظایف یا خصوصیات خاک در تناسب آن برای هدف مدیریتی مورد نظر، باید وزن‌دهی مناسب به وظایف یا ویژگی‌های خاک انجام شود. با تجمیع ویژگی‌های استاندارد شده وزن‌دار، شاخص کیفیت خاک به‌دست می‌آید [۲۴]. به‌دین ترتیب با کاربرد روش MCDM در برآورد شاخص کیفیت خاک‌ها در هدف تعیین خاک‌چال دفن زباله‌های شهری، در حقیقت شاخص تناسب خاک‌ها در این کاربری را می‌توان اندازه‌گیری کرد. برای انجام این عمل لازم است نخست وظایف خاک و ویژگی‌های مرتبط با آن‌ها در کاربری خاک‌چال مشخص شوند. خاک‌ها در رابطه با دفن زباله چهار وظیفه بر عهده دارند که شامل معمول‌ترین ماده پوششی روزانه، محیط نگهدارنده و محفظه دریافت مواد زاید، محیط تجدید و نوسازی آن‌ها و بهترین پوشش نهایی خاک‌چال‌ها پس از پایان عملیات دفن مواد زاید است [۲۷].

معمول‌ترین ماده پوششی برای زباله‌ها، خاک است. از این نظر خاک نباید زیاد چسبنده باشد تا پخش آن روی زباله‌ها را دشوار نسازد. هم‌چنین باید به اندازه کافی ریز و متراکم باشد تا مانع ورود پشه و مگس به درون زباله‌های دفن شده شود. خاک پوششی باید پخشیدگی آب و هوا را آهسته سازد، لیکن مانع آن نشود تا تجزیه زباله‌ها بیشتر به صورت هوازی انجام گیرد. مقدار اجزاء درشت خاک باید در حد متوسط باشد و قطر این ذرات درشت نباید از ۱۵ سانتی‌متر تجاوز کند [۲۷]. بنابراین به‌نظر می‌رسد، بهترین ویژگی قابل استخراج از نقشه‌های خاک برای برآورد تناسب خاک‌ها در این عملکرد، کلاس توزیع اندازه ذرات خاک است.

در نزدیکی هر شهر، به مکانی برای دفن زباله‌ها نیاز است. خاک مهم‌ترین محیط نگهدارنده زباله‌ها و بهترین جایگاه برای دفع آن‌هاست. بنابراین لازم است که گنجایش خاک به‌عنوان محیط پذیرش زباله‌ها مشخص باشد. عمق خاک، ویژگی مهمی در این زمینه به‌شمار می‌آید. هم‌چنین با توجه به اینکه خاک‌چال‌ها از جمله کاربری‌های پذیرفته نشده محلّی (LULU)[۴] به‌شمار می‌روند که به محیط‌زیست و محیط اجتماعی-فرهنگی آسیب رسانده و در بردارنده

هزینه بسیار برای مسئولان ذی‌ربط می‌باشند، بهتر است که در اطراف هر شهر در صورت وجود اراضی مخروبه[5] و در شرایط مناسب بودن سایر ویژگی‌های آن‌ها، به این کاربری اختصاص داده شوند. اراضی مخروبه مانند اراضی فرسایش یافته دارای مزایای بسیاری برای کاربری خاک‌چال هستند. با اختصاص این‌گونه اراضی به دفن زباله، به محیط‌زیست آسیب کم‌تری رسیده و با تعارض عمومی کم‌تری نیز همراه است. هم‌چنین از نظر اقتصادی نیز به صرفه‌تر هستند، چرا که نسبت‌به سایر اراضی، هزینه خریداری کم‌تری دارند. بنابراین برای یافتن جایگاه مناسب نگهداری زباله‌ها بهتر است نخست در جستجوی اراضی مخروبه بود.

تجدید و نوسازی زباله‌ها در داخل خاک انجام می‌شود. نتیجه این تغییر و تبدیل، تولید شیرابه و گاز است. در مقایسه با مواد زمین‌شناسی (سنگ مادر و سنگ‌های سخت) در برخورد با این دو محصول، خاک بسیار موثرتر عمل می‌کند. مایعات و گازها به آسانی از خاک خارج نشده و ضمن عبور از محیط متخلخل، به دلیل داشتن سطح ویژه زیاد، فیلتر می‌شوند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که هدایت هیدرولیکی خاک، یک ویژگی مهم در برآورد این وظیفه باشد. خاک زیرین که در تماس مستقیم با شیرابه قرار می‌گیرد باید قادر باشد که در واکنش با مواد آلی، کلوئیدهای تقریباً پایداری ایجاد کند و فلزات سنگین را با تبادل کاتیونی جذب نماید. شیب منطقه دفن زباله نیز به دلیل داشتن تأثیر بر هیدرولوژی مکان دفن، در جلوگیری از آلودگی محیط به شیرابه مؤثر است.

پس از استفاده از گنجایش موجود در جایگاه دفن، سطح خاک‌چال‌ها با پوششی از خاک پوشانده می‌شوند. باید در نظر داشت که در بسیاری از موارد، خاک‌چال آخرین گزینه کاربری یک زمین نیست. پس از پایان عملیات دفن در یک زمین می‌توان آن را به دیگر کاربری‌های مناسب، مانند احداث زمین ورزشی، زمین گلف، پارک، جنگل و پارکینگ اختصاص داد. با توجه به وابستگی بسیاری از این کاربری‌ها به رویش گیاه، بهتر است در نهایت خاک‌چال‌ها با ۶۰ سانتی‌متر خاک مناسب برای کشت گیاه پوشانده شوند. این خاک باید حاصلخیزی متوسط، ظرفیت تأمین رطوبت نسبتاً بالا و مقاومت به فرسایش داشته باشد [۲۷]. بنابراین بررسی شرایط خاک سطحی واحدهای نقشه از نقطه نظر تناسب برای گیاه، مانند وضعیت pH، شور و سدیمی بودن و بافت خاک سطحی می‌تواند ویژگی مناسب برای ارزیابی خاک‌ها در انجام این وظیفه باشد.

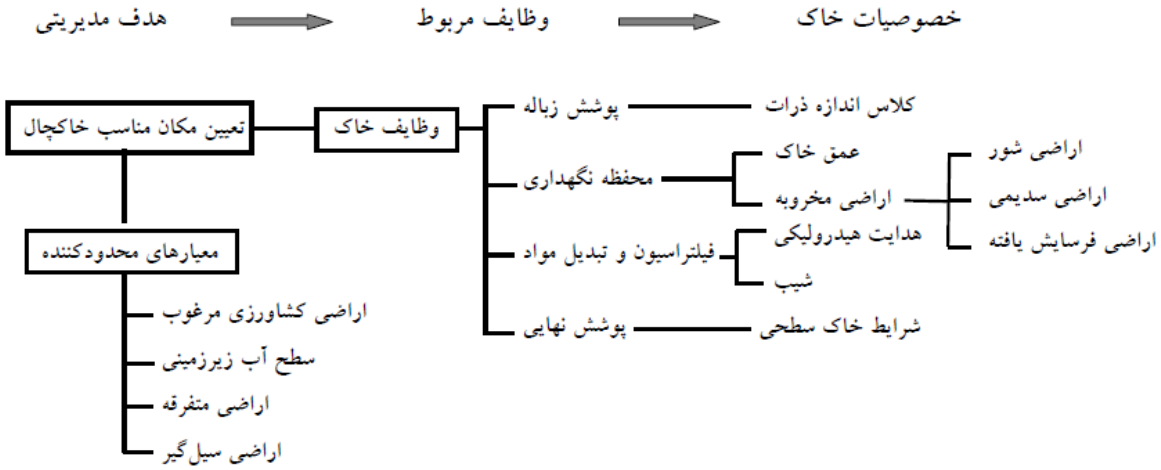
با توجه به آنچه ذکر شد، الگوریتم مناسب برآورد شاخص کیفیت خاک در هدف تناسب مکان برای خاک‌چال زباله‌های شهر مرودشت، به صورت شکل ۲ طراحی شد. با نگاهی به وظایف خاک‌ها در کاربری خاک‌چال و ویژگی‌های وابسته به هر وظیفه در این شکل، مشخص است که این وظایف یا خصوصیات، در تضاد با یک‌دیگر قرار دارند. در این حالت بهترین روش برای یافتن یک شاخص قابل ارزیابی برای خاک‌ها، استفاده از روش‌های MCDM است. بنابراین پس از استانداردسازی ویژگی‌های خاک به‌روش درجه‌بندی، با استفاده از آنالیز تحلیل سلسله مراتبی، وزن مناسب برای هر یک از آن‌ها به‌دست آمد. AHP یک روش پذیرفته شده جهانی برای تصمیم‌گیری بر پایه مقایسه زوجی است. در این روش اهمیت نسبی معیارها در یک مسأله تصمیم‌گیری تعیین می‌شود. بسیار غیر محتمل است که در یک مسأله با معیارهای متضاد بتوان قضاوت‌های سازگاری داشت، بنابراین AHP اجازه می‌دهد که تصمیم‌گیرنده/گان اندکی ناسازگاری در مقایسه‌های خود داشته باشند. برای مشخص شدن سازگاری قضاوت‌های افراد تصمیم‌گیرنده در این روش از یک شاخص به نام نسبت سازگاری (CR)[6] استفاده می‌شود. در صورتی سازگاری قضاوت‌ها مورد قبول است که مقدار CR کم‌تر از ۱۰٪ باشد [۲۵]. این روش از چهار بخش تشکیل شده است. نخست سلسله مراتب تصمیم‌گیری بوسیله شکستن مسأله به عناصر به هم مرتبط تشکیل می‌شود. سپس عناصر قرار داده شده در یک گروه نسبت‌به یک‌دیگر به صورت قضاوت‌های زبانی، مقایسه می‌شوند. اهمیت معیارها با کاربرد یک مقیاس ۹ عددی به صورت (۹، ۸، ۷، ...، ۱/۷، ۱/۸، ۱/۹) تعیین می‌شود. در این حالت عدد نه به معنی ارجحیت بسیار قوی یک معیار نسبت‌به دیگری، عدد هفت به معنی ارجحیت قوی و همینطور در مورد سایر اعداد تا عدد یک که به معنی عدم ارجحیت یک معیار نسبت به دیگری است. در ماتریس مقایسه زوجی باید این ویژگی‌ها رعایت شود: $a_{ii}=1$ و $a_{ij}=1/a_{ji}$. در مرحله سوم، روش مقدار ویژه[7] برای تخمین وزن نسبی عناصر تصمیم‌گیری به‌کار برده می‌شود. سپس وزن کلی عناصر تصمیم‌گیری از حاصلضرب وزن‌های نسبی به‌دست می‌آید [۲۲]. بدین ترتیب وزن نهایی هر ویژگی خاک از حاصلضرب وزن آن در وزن عملکرد مرتبط با آن، تعیین شد. وزن‌دهی و استانداردسازی ویژگی‌های مختلف مستخرج از نقشه خاک، با کاربرد قابلیت‌های مدل SMCE نرم‌افزار ILWIS انجام گرفت. با جمع‌بندی ویژگی‌های

استاندارد شده وزن‌دار به‌روش جمع ساده ورودی‌های وزن‌دار (SAW)، شاخص کیفیت خاک در کاربری خاک‌چال برای هر واحد نقشه خاک مرودشت به‌دست آمد. در این روش از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} W_j V_{ij} \qquad (۲)$$

که در آن Vi شاخص کیفیت خاک در منطقه i، Wj وزن معیار j، Vij ارزش استاندارد شده در منطقه i برای معیار j و n نشان دهنده تعداد معیارهای ارزیابی است.

سپس، واحدهای نقشه خاک برپایه شاخص کیفیت به‌دست آمده در دامنه ۱-۰، به پنج گروه تناسب برای کاربری خاک‌چال تفکیک شدند. این پنج کلاس شامل "نامناسب"، "تناسب کم"، "تناسب متوسط"، "مناسب" و "بیشترین تناسب" به ترتیب با شاخص کیفیت برابر با ۰/۲-۰، ۰/۴-۰/۲، ۰/۶-۰/۴، ۰/۸-۰/۶ و ۱-۰/۸ بودند.



شکل ۲- الگوریتم جایابی خاک‌چال با تعیین شاخص کیفیت خاک بر پایه معیارهای مستخرج از نقشه خاک

۳- نتایج و بحث

درجه تخصیصی به کلاس‌های ویژگی‌های خاک، در جدول ۱ ارائه شده است. این درجه برای هر کلاس، عددی در دامنه ۱-۰ و بر پایه بدترین شرایط تا بهترین شرایط آن ویژگی در کاربری خاک‌چال دفن زباله است. به‌عنوان نمونه از آنجا که گودبرداری و پخش مجدّد خاک‌های ریزدانه به‌ویژه در شرایط مرطوب مشکل است، به کلاس اندازه ذرات fine، عدد استاندارد شده (۰/۲) اختصاص یافت.

جدول ۱- ارزش استاندارد شده تخصیصی به هر یک از کلاس‌های معیار در واحدهای نقشه خاک

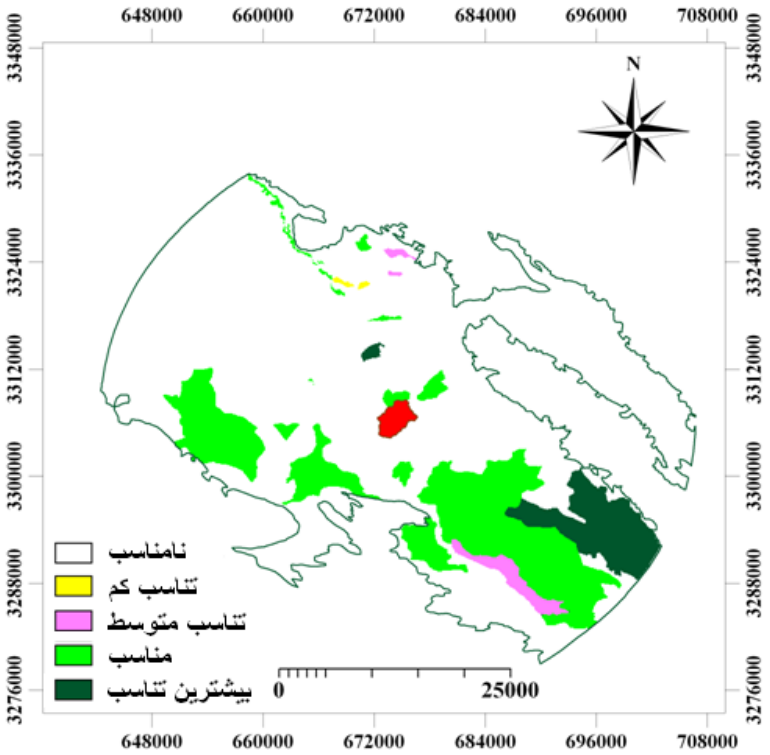
معیارهای ارزیابی	ارزش استاندارد شده در هر کلاس معیار
کلاس اندازه ذرات	*Fine* (۰/۲)، *Loamy skeletal* (۰/۷)
شرایط خاک سطحی	ضعیف (۰/۱)، نسبتاً مناسب (۰/۵)، مناسب (۱)
هدایت هیدرولیکی	خیلی آهسته (۱)، آهسته (۰/۸)، متوسط (۰/۵)، سریع (۰/۲)، خیلی سریع (۰)
عمق خاک (*Cm*)	(۰/۱) ۱۰-۲۵، (۰/۲) ۲۵-۵۰، (۰/۴) ۵۰-۸۰، (۰/۷) ۸۰-۱۲۰، (۱) ۱۲۰<
شوری خاک (*dS/m*)	(۱) ۳۲< EC_e ، (۰/۷) ۱۶< EC_e< ۳۲، (۰/۵) ۸< EC_e< ۱۶، (۰/۳) ۴< EC_e< ۸، (۰/۱) EC_e<۴
سدیمی بودن	(۱) *SAR*<۷۰، (۰/۸) ۳۰<*SAR*<۷۰، (۰/۵) ۱۳<*SAR*<۳۰، (۰/۳) ۸<*SAR*<۱۳، (۰/۱) *SAR*<۸
شیب	۲-۰ درصد (۱)، ۵-۲ درصد (۱)، ۸-۵ درصد (۰/۸)
فرسایش	بدون فرسایش (۰/۱)، فرسایش اندک (۰/۳)، فرسایش متوسط (۰/۷)

نتایج وزن‌دهی به ویژگی‌های خاک و وظایف آن برای دفن زباله به‌روش AHP، در جدول ۲ ارائه شده است. وزن تخصیص داده شده به ویژگی‌های خاک بر پایه اهمیت هر یک از آن‌ها از نظر هدف تعیین مکان مناسب خاک‌چال با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه انجام شده است. هم‌چنین ارجحیت هر یک از وظایف خاک در رابطه با خاک‌چال دفن زباله، متفاوت در نظر گرفته شد. به‌عنوان نمونه می‌توان این‌گونه بیان کرد که داشتن خاک مناسب برای پوشش زباله‌ها مطلوب است، لیکن داشتن جایگاه مناسب برای نگهداری زباله‌های هر شهر الزامی است. بنابراین در مقایسه این دو وظیفه با یک‌دیگر، ارجحیت محفظه نگهداری زباله‌ها نسبت‌به پوشش مطلوب زباله، مشخص است.

جدول ۲- وزن اختصاص داده شده به ویژگی‌ها و وظایف خاک در هدف مدیریت خاک برای دفن زباله

ویژگی‌های خاک	وزن	وظایف خاک	وزن
اراضی مخروبه	۰/۸۷۵	پوشش زباله	۰/۱۲۰
عمق خاک	۰/۱۲۵	محفظه نگهداری زباله	۰/۴۱۳
هدایت هیدرولیکی	۰/۷۵	فیلتراسیون و تبدیل مواد زاید	۰/۳۶
شیب	۰/۲۵	پوشش نهایی	۰/۱۰۶
سدیمی بودن	۰/۲۸۱		
شوری خاک	۰/۵۸۴		
فرسایش	۰/۱۳۵		

شکل ۳، تناسب واحدهای نقشه خاک پس از محاسبه شاخص کیفیت خاک در کاربری خاک‌چال دفن زباله را نشان می‌دهد. مساحت واحدهای اراضی با بیشترین تناسب در این شکل، تقریباً برابر با ۸۰۰۰ هکتار است. این واحدهای اراضی که بیشتر در سمت شرق شهر مرودشت قرار گرفته‌اند، به‌عنوان مناطق پتانسیلی برای احداث خاک‌چال شهر مرودشت پیشنهاد می‌شوند. با مقایسه شکل ۱ و ۳، مشخص است که واحدهای نقشه خاک که برای لندفیل بیشترین تناسب را داشته‌اند، اراضی شور و بایری هستند که برای کشاورزی بلااستفاده می‌باشند. این مهم نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی ارزش کاربری اراضی نیز در نظر گرفته شده است. افزون‌بر این، شکل ۱ نشان می‌دهد که برخی اراضی واقع در سمت جنوب غربی مرودشت نیز شور و بایر هستند، لیکن برای خاک‌چال مناسب نمی‌باشند (شکل ۳). دلیل این مسأله، بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این منطقه است که البته واحدهای نقشه خاک با تراز آب زیرزمینی بالا از ادامه مکان‌یابی حذف شده‌اند. از میان اراضی با بیشترین تناسب می‌توان منطقه‌ای به وسعت مناسب، برای احداث خاک‌چال انتخاب کرد. مقایسه نتایج این پژوهش با پژوهش‌های گذشته در منطقه مورد مطالعه [۲۵] نشان دهنده هم‌خوانی نتایج به‌رغم تعداد کم‌تر معیارهای در نظر گرفته شده برای تصمیم‌گیری است. به عبارت دیگر، بهترین مکان پیشنهاد شده در منطقه مورد مطالعه بر پایه روش‌های زیست محیطی و با در نظر گرفتن تعداد زیادی معیارهای اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی، در اراضی قرار دارد که در این پژوهش به‌عنوان مناسب‌ترین مکان پیشنهاد شده‌اند.



شکل ۳- شاخص کیفیت خاک واحدهای نقشه خاک مرودشت در کاربری خاک‌چال دفن زباله

۴- نتیجه‌گیری

در سال‌های گذشته با توجه به فشار فزاینده افزایش جمعیت بر منابع‌طبیعی و به دنبال آن نیاز به استفاده بهینه از این منابع، استفاده از نقشه‌های خاک به طور چشمگیری افزایش داشته است. این نقشه‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزاری سودمند در تعیین قابلیت و استعداد اراضی در کاربری‌های کشاورزی، منابع‌طبیعی، محیط‌زیست و مهندسی به‌کار روند. از دیگر طرف، انتخاب مکان مناسب خاک‌چال دفن مواد زاید شهری، به دلیل در نظر داشتن معیارهای متعدد و متنوع، فرآیندی پیچیده و دشوار به‌شمار می‌رود. بنابراین در این پژوهش، روشی نوین برای تعیین شاخص کیفیت خاک‌ها در کاربری خاک‌چال، بر پایه معیارهای استخراج شده از نقشه‌های خاک و MCDM ارائه شد تا بتواند روشی ساده برای انتخاب مکان مناسب خاک‌چال با کاربرد تعداد کم‌تری معیارهای ارزیابی باشد. هم‌چنین این روش قادر است نقش خاک در مکان‌یابی محل‌های دفن زباله را به منظور پرهیز از آلودگی این جزء مهم از محیط‌زیست، پر رنگ نماید. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با استخراج معیارهای ارزیابی تنها از یک نقشه خاک، مکان‌یابی خاک‌چال دفن مواد زاید شهری را با دقت قابل قبول انجام داد. در این روش پیشنهادی، تعداد معیارهای مورد نیاز نسبت‌به روش‌های معمول محیط‌زیستی کم‌تر است و در نتیجه هزینه و زمان برای رقومی‌سازی نقشه‌ها و ساخت بانک اطلاعات پایه نیز کم‌تر خواهد بود. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد که چون از نقشه‌های خاک، معیارهای متعددی در رابطه با کیفیت و حاصلخیزی خاک‌ها قابل استخراج است؛ باید نخست در راستای استفاده پایدار از اراضی، برای هر یک از واحدهای این نقشه، شاخص کیفیت خاک در کاربری‌های متعدد از جمله مکان‌های دفن زباله، تعیین شود. سپس می‌توان با کاربرد معیارهای بیشتر و تخصصی‌تر، مکانی با وسعت مناسب از میان واحدهای نقشه‌خاک که در ارزیابی اولیه مناسب تشخیص داده شده‌اند، پیدا کرد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Integrated Solid Waste Management
[2] Multi Criteria Decision Making
[3] Cost-benefit analysis
[4] Locally Unacceptable Land Use
[5] Waste lands
[6] Consistency ratio
[7] Eigenvalue

منابع

[1] Bagchi A. Desighn of landfills and integrated solid waste management, Thierd edition. John Willy and Sons; 2004; p. 696.
[2] Eskandari M, Homaee M, Mahmodi S, Pazira E. A New Landfill Siting Method Based on Land Classification Maps and GIS. Environmental Sciences Journal; 2013;11(2):121-132.[In Persian]
[3] Morrissey A J, Browne J. Waste management models and their application to sustainable waste management. Waste Management; 2004;24:297-308.
[4] Helms B. Clark R. Locational models for solid waste management. Journal of Urban Planning and Development Division, ASCE; April 1971;1–13.
[5] Esmali H. Facility selection and haul optimization model. Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE; December 1972;1005–1021.
[6] Malczewski J. GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & sons Inc.; 1999.
[7] Geneletti, D. Combining stakeholder analysis and spatial multicriteria evaluation to select and rank inert landfill sites. Waste Management; 2010;30:328–337.
[8] Eskandari M, Homaee M, Mahmodi S. An integrated multi criteria approach for landfill siting in a conflicting environmental, economical and socio-cultural area. Waste Management; 2012;32:1528–1538.
[9] Al-Jarrah O, Abu-Qdais H. Municipal solid waste landfill siting using intelligent system. Waste Management; 2006;26:534–546.
[10] Ekmekcioglu M. Kaya T. Kahraman C. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste. Waste Management; 2010;30:1729–1736.
[11] Moeinaddini M, Khorasani N, Danehkar A, Darvishsefat A A, zienalyan M. Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). Waste Management; 2010;30:912–920.
[12] Aragonés-Beltrán P, Pastor-Ferrando J.P. García-García F. Pascual-Agulló A. An analytic network process approach for siting a municipal solid wasteplant in the metropolitan area of Valencia (Spain). Journal of Environmental Management; 2010;91:1071–1086.
[13] Banar M, Murat Kose B. Ozkan A. Poyraz Acar I. Choosing a municipal landfill site by analytic network process. Environmental Geology; 2007;52:747–751.
[14] Siddiqui M.Z. Everett J.W. Vieux B.E. Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. Journal of Environmental Engineering; 1996;122:515–523.
[15] Kontos T, Komilis D P, Halvadakis C P. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria

analysis methodology. Waste Management; 2005;25:818–832.
[16] Sener B. Suzen L. Doyuran V. Landfill site selection by using geographic information systems. Environmental Geology; 2006;49:376–388.
[17] Sumathi V.R. Natesan U. Sarkar Ch. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. Waste Management; 2008;28:2146–2160.
[18] Wang G. Li Q. Guoxue L. Lijun Ch. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing China. Journal of Environmental Management; 2009;90:2414–2421.
[19] Nas B, Cay T, Iscan F, Berktay A. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. Environmental Monitoring Assessment; 2010;160:491-500.
[20] Sener S, Sener E, Karaguzel R. Solid waste disposal site selection with GIS and AHP methodology: a case study in Senirkent-Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey. Environmental Monitoring Assessment; 2011;173:533-554.
[21] Gorsevski P.V. Donevska K.R. Mitrovski C.D. Frizado J.P. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. Waste Management; 2012;32:287–296.
[22] Eskandari M, Homaee M, Mahmoodi S, Pazira E. Integrating GIS and AHP for Municipal Solid Waste Landfill Site Selection. Journal of Basic and Applied Scientific Research; 2013;3(4):588-595.
[23] Falamaki A, Eskandari M, Using multi criteria decision making approach for municipal solid waste landfill siting in Yasouj. Iran Occupational Health Journal; 2013;10(5):50-66.[In Persian]
[24] Brady N C, Weil R. The nature and properties of soils, fourteenth ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall; 2008.
[25] Eskandari M, Homaee M, Mahmoodi S. Optimized approach for MSW landfill siting using MCDA and GIS. Environmental Sciences Journal; 2011;(accepted).[In Persian]
[26] Iran's Environmental Protection Organization (IEPO), Office for Soil and Water Pollution Studies. Guidelines for Siting MSW Sanitary Landfill. Tehran, Iran; 2009.[In Persian]
[27] Loughry F.G. The use of soil science in sanitary landfill selection and managment. Geoderma; 1973;10:131-139.