Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره یک، ویژه نامه بهار ۸۸

مکان‌یابی محل مناسب دفن مواد زاید خطرناک با استفاده از تکنیک‌های GIS، اولویت‌بندی سایت ها و استفاده از تحلیل‌های سلسله مراتبی (AHP)

(مطالعه موردی نیروگاه شهید رجایی)

محسن سعیدی[۱]
عزیر عابسی[۲] (مسئول مکاتبات)
Abessi@iust.ac.ir
مسعود سرپاک[۳]

تاریخ دریافت:۸۶/۱۱/۲ تاریخ پذیرش:۸۷/۲/۱۶

چکیده

دفع نهایی زایدات غیرمتعارف و خطرناک تولید شده در نیروگاه‌های حرارتی، که به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود، از مهم‌ترین ملاحظات زیست‌محیطی پیش‌روی این قبیل صنایع محسوب می‌گردد. دفع زایدات خطرناک صنایع در محیط‌زیست که معمولا از طریق دفن آن در مدفن‌های ویژه انجام می‌گیرد، نیازمند به درنظرگرفتن مجموعه‌ای از معیارهای زیست‌محیطی و ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و مدیریتی ویژه می‌باشد. در این مقاله با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت غربال نمودن مناطق مناسب، اولویت‌بندی سایت های انتخابی و در نهایت انجام تحلیل سلسله مراتبی، نسبت به جانمایی و انتخاب مکان‌های مناسب دفن زایدات ویژه نیروگاه شهید رجایی در سطح استان قزوین اقدام شده است. برای دستیابی به این هدف و به منظور کمینه‌سازی اثرات مخرب دفن این قبیل زایدات در محیط، لایه‌بندی‌های لازم در نقشه‌های GIS جهت انتخاب مکان‌های مناسب برمبنی مشخصات توپوگرافی، زمین‌شناسی، آب و هوایی، وضعیت آبهای سطحی و زیرزمینی و نیز استانداردها و الزامات زیست‌محیطی حاکم انجام گرفته است. سپس الگویی جدید برگرفته از روش های DRASTIC و MPCA جهت اولویت‌بندی سایت های مناسب در میان محل های کاندید شده در مرحله قبل پیشنهاد و مورد استفاده قرار گرفته است. در ادامه جهت انتخاب بهترین سایت در میان گزینه‌هایی با اولویت بالاتر، از تکنیک های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردیده است. روش پیشنهادی در این مقاله از طریق استفاده از ابزارهای مدیریتی در کنار روش های مهندسی امکان انتخاب مناسب محل های دفن زایدات خطرناک در سطح یک منطقه وسیع به شکلی که ارضاکننده همه معیارهای زیست‌محیطی حاکم باشد را ممکن خواهد ساخت. روش مشروح در این مقاله جهت

۱- استادیار گروه آب و محیط زیست، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
۲- دانشجوی دکتری مهندسی آب و محیط زیست، دانشکده مهدسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
۳- دفتر تحقیقات و فناوری، شرکت برق منطقه‌ای تهران.

www.SID.ir

Archive of SID

انتخاب بهینه محل مناسب دفن زایدات خطرناک نیروگاه شهید رجایی در محدوده استان قروین مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاکی از انتخاب سایت ۱ در محدوده منطقه آبیک به عنوان بهترین مکان جهت دفن زایدات خطرناک نیروگاه شهید رجایی در سطح استان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی، زایدات خطرناک، تحلیل سلسله مراتبی،GIS، DRASTICE، MCDM.

مقدمه

زایدات خطرناک به زایداتی اطلاق می‌گردد که به دلیل خصوصیات ویژه خود برای سلامتی انسان و محیط‌زیست خطرناک تلقی می‌گردند (۱). سازمان حفاظت از محیط‌زیست امریکا با تعریف ملاک‌هایی برای زایدات خطرناک، مواد زایدی که اشتعال‌پذیر، سمی، واکنش دهنده و دارای خواص خورندگی باشد را به عنوان زایدات خطرناک معرفی کرده است (۲). دفع بهداشتی این مواد در محیط تنها با استفاده از روش های مدیریت زیست‌محیطی اعم از تصفیه، تثبیت و بی‌خطرسازی، انتقال و دفن در مدفن‌های ایمن، مجاز می‌باشد. هر ساله مقادیر قابل توجهی از مواد زاید خطرناک که در کشورهای در حال توسعه تولید می‌شود، به صورت کنترل نشده در محل های دفن زباله‌های شهری مدفون می‌گردد. در سالیان اخیر با توجه به حجم بالای تولید این مواد و خطرات شدید و دراز مدت آن‌ها بر سلامتی انسان و محیط‌زیست، دفع بهداشتی مواد زاید خطرناک در محیط به عنوان مهم‌ترین مرحله در مدیریت این گونه مواد توجهات ویژه‌ای را به خود جلب نموده است. تاکنون روش های متنوعی اعم از سوزاندن، دفن در مدفن‌های بهداشتی، تخلیه در مخازن زیرزمینی و تخلیه در اقیانوس‌ها در فواصل دور از ساحل جهت دفع این زایدات مورد توجه قرار گرفته است. در میان روش های مشروح، دفن زایدات در خاک متداول‌ترین روش در دور نمودن زایدات خطرناک از محیط زیست انسانی و کاهش خطرات آن به شمار می‌رود. از اینرو در اغلب کشورهای پیشرفته دنیا انتخاب مکانهای مناسب برای دفن بهداشتی زایدات خطرناک تولیدی بر مبنای معیارهای مهندسی و علمی، از رئوس ملاحظات زیست‌محیطی مرتبط محسوب می‌گردد.

نیروگاه‌های حرارتی به دلیل وسعت و شدت اثرات زیست‌محیطی، یکی از مهم‌ترین تاسیسات تاثیرگذار بر محیط‌زیست تلقی می‌شود. نیروگاه‌های حرارتی از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی و تولید انواع زایدات خطرناک آلودگی هوا، آب و خاک را به همراه دارد. زایدات باقی مانده کف کوره‌ها و زایدات ناشی از لجن‌های تصفیه پساب شستشوهای شیمیایی سطوح انتقال حرارت در نیروگاه‌های حرارتی، سطوح خارجی بویلر، رسوبات کلاریفایرها، خاکستر دورن کوره‌ها، زایدات تصفیه پساب و زباله‌های انسانی عمده منابع تولید زایدات خطرناک در این تاسیسات می‌باشد.

این زایدات معمولاً حاوی غلظت‌های بالای آهن (Fe)، سدیم (Na)، پتاسیم (K)، آلومینیم (Al)، تیتانیم (Ti) و فلزات سنگین نظیر وانادیم (V)، نیکل (Ni)، روی (Zn)، کرم (Cr)، جیوه (Hg)، آرسنیک (As)، سرب (Pb)، سلنیم (Se)، قلع (Sn)، کادمیم (Cd) و سایر عناصر سنگین می‌باشند که در صورت ورود به منابع آبی و بیولوژیکی محیط می‌تواند اثرات سمی، تجمعی و دراز مدتی بر سلامت عمومی به دنبال داشته باشد. به دلیل ملاحظات بهداشتی و زیست‌محیطی، این قبیل زایدات را نمی‌توان در محل های دفن مختص زایدات شهری دفن نمود و کنترل خطرات این نوع مواد تنها از طریق تثبیت و تدفین آن ها در محل های دفن ایمن و مجزا ممکن خواهد بود. انتخاب مکان‌های مناسب دفن زایدات تولیدی در صنایع به عنوان مهم‌ترین وظیفه سازمان‌های زیست‌محیطی از سالیان دور مورد توجه قرار گرفته است (۳). محققین متعددی اعم از Cetin و Yesilnacar (۲۰۰۵) و Al-Jarrah و Qdais (۲۰۰۵) و Kontos و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

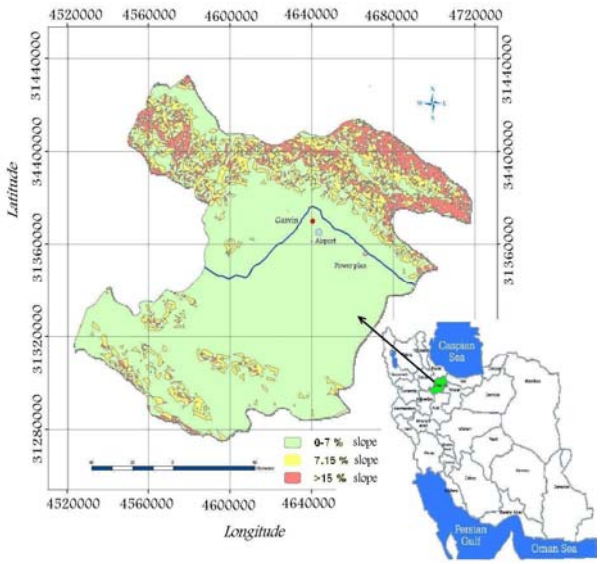
تکنیک‌های GIS[1] و ابزارهای مدیریتی جهت دفع بهداشتی زایدات خطرناک صنایع نسبت به مکان‌یابی محل های مناسب دفن زایدات تولیدی اقدام نموده‌اند(۴،۵ و۶). Allen و همکاران (۲۰۰۳) و Kontos و Halvadakis (۲۰۰۲) به همراه استفاده از تکنیک‌های GIS از تحلیل‌های چند معیاره(MCA[2]) برای انتخاب بهترین مکان جهت دفن بهداشتی زایدات استفاده کرده‌اند(۷و۸). Hokkanen و Salminen نیز طی دو مطالعه مجزای در سالهای ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷ به منظور مکانیابی محل های مناسب دفن زایدات تولیدی از تحلیل های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA)[3] استفاده نموده‌اند(۹و۱۰). Siddiqui و همکاران در سال ۱۹۹۶ از تکنیک‌های GIS و فرایندهای تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[4] برای انتخاب سایت مناسب جهت دفن زایدات خطرناک در سطح یک منطقه وسیع استفاده نموده‌اند(۱۱).

در مطالعه حاضر برای اولین بار درکشور، مکان‌یابی علمی محل دفن بهداشتی زایدات خطرناک برای زایدات جامد نیروگاه حرارتی شهید رجایی قزوین انجام گرفته است. در این مطالعه با استفاده از تکنیک های GIS نسبت به لایه‌بندی و غربال‌سازی سایت های مختلف در سطح استان قزوین اقدام شده است. همچنین با امتیازدهی سایت های کاندید شده در مرحله قبل نسبت به اولویت‌بندی سایت ها براساس الگوی ترکیبی به دست آمده از دو روش DRASTICE، MCDM اقدام گردیده است. در نهایت با استفاده از تکنیک های تحلیل سلسله مراتبی، از طریق بهینه‌یابی چند هدفه، سایت نهایی دفن زباله‌های خطرناک نیروگاه شهید رجایی قزوین از میان سایت های با اولویت بالاتر انتخاب و پیشنهاد گردیده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

استان قزوین با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع بین ۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه عرض شمالی در حوزه مرکزی ایران واقع شده است(شکل۱). نیروگاه حرارتی و سیکل ترکیبی شهید رجایی با ظرفیت ۲۰۰۰ مگاوات در ۳۰ کیلومتری شرق شهر قزوین مرکز استان قزوین واقع شده است. این نیروگاه به دلیل مصرف سوخت‌های فسیلی به خصوص سوخت نفت کوره و نفت گاز در ماه های سرد سال سالانه مقادیر متنابهی (درحدود ۱۵-۱۲تن) زایدات خطرناک اعم از خاکستر کوره و لجن های آبگیری شده حاصل از شستشوی شیمیایی سطوح انتقال حرارت ایجاد می‌نماید که به صورت کنترل نشده و از طریق تدفین در مدفن‌های شهری دفع می‌گردد. به دلیل غلظت بالای آلاینده‌ها در زایدات تولیدی در این مرکز، دفع بهداشتی این مواد جهت کمینه‌سازی اثرات مضر بهداشتی و زیست‌محیطی آن بطور جدی مورد توجه متصدیان امر در این نیروگاه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعات در سطح کشور و وضعیت توپوگرافی آن

1- Geographic information system
2- Multiple Criteria Analysis
3- Multi-Criteria Decision Analysis
4- Analytical Hierarchy Process

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌های GIS و مشخصات آن ها

در این مطالعه به منظور مکان‌یابی محل های مناسب دفن زایدات خطرناک نیروگاه شهید رجایی از تکنیک‌های GIS استفاده شده است. کار بر روی سیستم اطلاعات جغرافیایی برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در ایالات متحده آغاز گردید (۴). سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم رایانه‌ای برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی است که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی را دارد. تکنولوژی GIS با جمع‌آوری و تلفیق پایگاه داده‌های معمولی، به وسیله تصویرسازی و استفاده از تحلیل‌های جغرافیایی، اطلاعات و رویدادها را واضح‌تر از نقشه‌های معمول نمایش داده و پیش‌بینی نتایج را از طریق تهیه نقشه‌هایی برای منظورهای خاص ممکن می‌سازد. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، روشی مناسب برای یافتن محل هایی با ویژگی‌های مورد نظر در مناطق وسیع مانند یک استان می‌باشد. با استفاده از این سیستم می‌توان نقشه‌های مختلف استانی شامل اطلاعات موضوعی و عوارض طبیعی و غیرطبیعی مهم از دیدگاه انتخاب محل های مناسب دفن را پس از تهیه به صورت نقشه‌های رقومی یا دیجیتالی نمودن نقشه‌های غیررقومی، با نرم‌افزار اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی و هم‌پوشانی قرار داده و محل های مناسب برای اهداف مشروح را در سطح منطقه پیدا نمود. جهت تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار محل دفن زایدات نیروگاه شهید رجایی به روش GIS پارامترهای مهم در مکان‌یابی محل های دفن در چهار گروه اصلی محیط فیزیکی، محیط‌زیست، مشخصات اقتصادی- اجتماعی و مشخصات فنی و نیز زیرگروه‌های شکل زمین، مشخصات زمین‌شناسی، نوع خاک، سطح آب زیرزمینی، نوع اقلیم، مشخصات پیکره‌های آبی، محدوده‌های ویژه زیست‌محیطی، نقاط جمعیتی، محدوده پوشش گیاهی و شکل دسترسی تقسیم‌بندی، انتخاب و جهت ورود به نقشه‌های GIS مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به پارامترهای مورد نیاز در مکان‌یابی محل های دفن زایدات، اولویت‌بندی مکان‌های مناسب به دو مرحله مقدماتی و تفصیلی تقسیم گردیده‌اند. جهت استفاده از تکنیک GIS، با استفاده از نرم‌افزارهای ArcView V3.2a و ArcGIS V9 و پس از جمع‌آوری اطلاعات مکانی و توصیفی مورد نیاز، در مرحله مقدماتی تلفیق، آماده‌سازی و اعمال این اطلاعات برروی نقشه‌های مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ که به صورت رقومی در دسترس بود، صورت گرفته است. در تهیه نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ جهت لایه‌بندی، در ابتدا لایه‌های اطلاعاتی به دو دسته لایه‌های دارای محدودیت (مناطق حذفی) و لایه‌های موثر تقسیم شده‌اند. نقشه‌های مورد استفاده در تهیه این لایه‌ها نقشه تقسیمات کشوری، نقشه انواع راه‌های دسترسی، نقشه شهرها و روستاها و مناطق مسکونی، نقشه طبقات شیب، نقشه گسل‌ها، نقشه معادن و شهرک‌های صنعتی، نقشه مناطق حفاظت شده، نقشه مسیل‌ها و رودخانه‌ها، کانال‌های آب و تالاب‌ها، نقشه منطقه‌بندی سطح آب‌های زیرزمینی، نقشه خطوط هم‌باران و ایستگاه‌های هواشناسی، نقشه خطوط هم‌دما، نقشه تلفیقی محدودیت‌های موجود، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لرزه (تهیه شده براساس شاخص‌های استاندارد) می‌باشد که در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ تهیه و مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از مدل هم‌پوشانی شاخص که با توجه به سابقه مطالعات برای این کار مناسب تشخیص داده شد، تلفیق نقشه‌ها صورت گرفته و نقشه اولیه اولویت‌بندی مناطق مستعد جهت دفن زایدات خطرناک نیروگاه در سطح استان تهیه گردیده است. در مرحله تفضیلی جهت بررسی دقیق‌تر نواحی منتخب در مرحله اول، با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ تهیه شده، تلفیق، آماده‌سازی و اعمال پارامترهای مورد نیاز، برروی مکان‌های منتخب در مرحله مقدماتی انجام گرفته است. به این ترتیب با استفاده از نقشه‌های حاوی جزئیات به مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ در محدوده مکان‌های اولیه منتخب، مجموعه سایت های مناسب در محدوده منطقه مورد مطالعه که همه معیارهای زیست‌محیطی برشمرده شده را برآورد می‌سازند جهت بررسیهای آتی انتخاب و پیشنهاد گردیده اند.

www.SID.ir

Archive of SID

اولویت‌بندی سایت ها

به منظور غربال‌سازی سایت های مناسب در میان مجموعه مکانهای انتخابی، در این بخش براساس معیارها و پارامترهای حاکم نسبت به الویت‌دهی محل های انتخاب شده در محدوده وسیع مورد مطالعه اقدام می‌گردد. معیارها و پارامترهای تعیین‌کننده در انتخاب محل های دفن زایدات هر کدام به نوبه خود از اهمیت خاصی برخوردار بوده و محدودیت‌ها و اولویت‌های از منظر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در انتخاب محل های مناسب دفن زایدات ایجاد می‌نمایند. هدف نهایی همه این معیارها یافتن محلی با کم ترین اثرات سوء زیست‌محیطی و حداقل هزینه در فرایند دفع زایدات خطرناک نیروگاه می‌باشد. در این زمینه از دو روش شناخته شده DRASTIC و MPCA استفاده شده است. روش DRASTIC توسط USEPA و EPA/NWWA در سال ۱۹۸۵برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی برمبنی مشخصات هیدروژئولوژی منطقه، ارایه شده است (۱۲). این روش مناطق مختلف را با مقایسه و وزن‌دهی هفت پارامتر که در آلودگی آب زیرزمینی تأثیر دارند مورد مقایسه قرار داده و اهمیت نسبی هر یک را بیان می‌نماید. هفت پارامتر در نظر گرفته شده در این روش و وزن هریک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول۱ - پارامترهای انتخابی در روش DRASTIC و وزن هریک

ردیف	پارامتر	وزن
۱	عمق سطح آب زیرزمینی	۵
۲	تغذیه آب های زیرزمینی	۴
۳	محیط لایه آبدار	۳
۴	محیط خاک	۲
۵	توپوگرافی	۱
۶	تأثیر ناحیه غیر اشباع	۵
۷	ضریب نفوذپذیری لایه آبدار	۳

روش MCPA که توسط Minnesota Pollution Control Agency ارایه شده است، با درنظر گرفتن شش پارامتر حذفی اولیه و هفت پارامتر شرطی ثانویه اقدام به امتیازدهی و اولویت‌بندی محل های مناسب دفن زایدات می‌نماید (۱۲). شش پارامتر حذفی اولیه باید در انتخاب محل دفن رعایت شوند و عدم احراز هر کدام از این شش پارامتر موجب حذف آن محل خواهد شد. هفت پارامتر بعدی جزء عوامل شرطی هستند بدین معنی که اگر این پارامترها توسط عملیات مهندسی قابل رفع باشند از نظر محل استقرار منعی ایجاد نمی‌کنند. در جداول ۲ و۳ به ترتیب شش پارامتر حذفی و هفت پارامتر شرطی روش MCPA آورده شده است.

جدول۲- پارامترهای حذفی انتخاب محل دفن مناسب در روش MCPA

ردیف	معیار
۱	فاصله حداقل ۳۰۵ متری محل دفن از دریاچه و یا استخر ذخیره آب
۲	فاصله حداقل ۹۲ متری محل دفن از رودخانه یا هر مجرای آب محلی
۳	عدم احداث مدفن در مسیر سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله
۴	عدم احداث مدفن زایدات در مناطق مردابی
۵	عدم ایجاد خطر پرندگان برای فرودگاه محلی
۶	عدم احداث در مناقطی با غارهای آهکی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- پارامترهای شرطی انتخاب محل دفن مناسب در روش MCPA

ردیف	معیار
۱	فاصله حداقل ۳۰۵ متری محل دفن از جاده‌های اصلی، پارک‌های عمومی و منازل مسکونی
۲	فقدان هرگونه تهدید محل های دفن برای منابع آب مورد استفاده عموم
۳	عدم احداث مدفن های مواد زاید در مناطق فرسایش‌پذیر و زهکشی
۴	فقدان هرگونه تهدید مدفن‌ها در آلودگی مخازن آب آشامیدنی
۵	عدم تهدید منابع آب زیرزمینی توسط محل های دفن
۶	عدم احداث بدون درنظر گرفتن روش های محافظتی آب زیرزمینی
۷	عدم احداث در مناطقی که نمونه برداری و رفتارسنجی آب زیرزمینی ممکن نیست

با بررسی معیارها و پارامترهای درنظر گرفته شده در روش های فوق، در نهایت با توجه به مشخصات منطقه‌ای و الزامات فنی و زیست‌محیطی ملی (۱۳و۱۴)، الگویی جدید از معیارها و پارامترهای موجود در دو بخش معیارهـــای اجتماعی-اقتصادی و معیارهای فنی و زیست‌محیطی، جهت انتخاب محل های مناسب دفن زایدات نیروگاه شهید رجایی در سطح استان قزوین انتخاب و وزن‌دهی گردیده است. جداول ۴ و ۵ حاوی معیارهای اجتماعی-اقتصادی و نیز معیارهای فنی و زیست محیطی پیشنهاد شده در این مطالعه جهت امتیازدهی سایت های انتخابی می‌باشد.

جدول۴- معیارهای اجتماعی- اقتصادی الگوی پیشنهادی

معیارهای اجتماعی- اقتصادی		
ردیف	عنوان	وزن
۱	نزدیکی به مرکز تولید پسماند	۵
۲	سهولت تملک اراضی	۴
۳	دوری از مراکز جمعیتی	۴
۴	سهولت دسترسی	۳

جدول۵- معیارهای فنی و زیست محیطی الگوی پیشنهادی

معیارهای فنی و زیست محیطی		
ردیف	عنوان	وزن
۱	عمق سطح آب زیر زمینی	۵
۲	قابلیت پایش آب زیر زمینی	۳
۳	بارندگی و روان آب	۳
۴	نوع خاک	۴
۵	لرزه خیزی منطقه	۴
۶	فاصله از معادن و شهرک‌های صنعتی	۳
۷	فاصله از مناطق ویژه سازمان محیط‌زیست	۳
۸	شیب	۳

معیارهای فوق و وزن‌دهی آنها ترکیبی نو و ایده‌آل از مجموع معیارها و پارامترهای در نظر گرفته شده در دو روش DRASTIC و MPCA می‌باشد که براساس مشخصات منطقه‌ای و الزامات فنی و زیست‌محیطی حاکم، بازه‌بندی، وزن‌دهی و امتیازدهی گردیده است. نمونه‌ای از بازه‌بندی و امتیازدهی پارامتر شیب از الگوی پیشنهادی در جدول ۶ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۶- بازه‌بندی و وزن‌دهی معیار شیب از معیارهای زیست محیطی و فنی در الگوی پیشنهادی

شیب	
محدوده	امتیاز
٪۰-۳	۱۰
٪۷-۳	۷
٪۱۰-۷	۳
بیش از ٪۱۰	۰

ساختار تحلیل سلسله مراتبی در بهینه‌یابی سایت مناسب

به منظور انتخاب بهترین مکان در میان محل های انتخاب شسده، سایت هایی با بالاترین امتیاز در مرحله قبل که حداکثر میزان برآورده‌سازی معیارهای حاکم را دارا می‌باشند، از طریق بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره جهت انتخاب سایت بهینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. تاکنون روش های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) متنوعی در حالت‌های پیوسته و گسسته اعم از روش وزن‌دهی ساده، روش حدی، روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مدل های بهینه‌سازی چندهدفه توسعه داده شده است. در مطالعه حاضر از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که از روش های متداول در انجام تحلیل‌های چند معیاره در حالت گسسته می‌باشد استفاده شده است. این روش توسط Saaty در سال ۱۹۸۰ ارایه گردیده و تاکنون در زمینه‌های مختلف مهندسی آب و محیط زیست مورد استفاده قرار گرفته است(۱۵). در یک ساختار سلسله مراتبی، سطح اول هدف یعنی انتخاب بهترین طرح، سطح دوم معیارهای مسئله که خود به زیر معیارهایی تقسیم می‌شود و درنهایت سطح سوم گزینه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

در روش تحلیل سلسله مراتبی جهت وزن‌دهی معیارها و گزینه‌ها از روش مقایسه زوجی استفاده می‌شود. به این ترتیب که تصمیم‌گیرنده معیارهای و زیرمعیارهای هر معیار را فقط به صورت دو به دو مقایسه می‌کند و نیازی به وزن‌دهی هم‌زمان تمام معیارها وجود ندارد. در این روش باید برای هر معیار، ارزش نسبی زیرمعیارهای مربوط به آن معیار را در قالب ماتریس مقایسه زوجی که در حالت وجود n زیرمعیار یک ماتریس $n\times n$ است محاسبه نمود. درایه‌های این ماتریس نسبت وزن معیار i به معیار j را نشان می‌دهد. مقایسه زوجی بر این فرض استوار است که برای تصمیم‌گیرنده مقایسه دو مقدار در یک زمان آسان‌تر از آن است که بخواهد همزمان کل مجموعه معیارها را وزن‌دهی نماید. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، وزن نسبی عناصر با محاسبه وزن عناصر از طریق مقایسه زوجی هر سطح نسبت به عنصر مربوطه در سطح بالاتر تعیین می‌گردد. در واقع وزن هر گزینه نسبت به معیار خود نشان‌دهنده اهمیت آن گزینه نسبت به آن معیار می باشد. با تلفیق وزن‌های نسبی معیارها، وزن نهایی هر گزینه که برابر است با مجموع حاصل ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوط به آن معیار مشخص می‌گردد(۱۶).

جهت محاسبه وزن‌های عناصر هر سطح نسبت به سطح بالاتر روش های متفاوتی وجود دارد. از میان روش های موجود اعم از روش حداقل مربعات، حداقل مربعات لگاریتمی، بردار ویژه و روش های تقریبی جهت محاسبه وزن‌های عناصر، روش های تقریبی به عنوان یک روش ساده ولی موثر، متداول‌تر می‌باشد. در میان روش های تقریبی موجود، روش میانگین حسابی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. با محاسبه وزن عناصر هر سطح نسبت به سطح بالایی خود از طریق مقایسه زوجی و در نهایت تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه محاسبه می‌گردد. با مقایسه هر دو گزینه از ۹ گزینه موجود نسبت به هم در نهایت گزینه‌ای با وزن بیشتر به عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌گردد.

بررسی سازگاری مقایسه‌ها

صحت‌سنجی مقایسه زوجی به منظور بررسی درستی مقایسه‌های انجام گرفته میان هر دو گزینه از طریق بررسی سازگاری مقایسه‌ها امری ضروری می‌باشد(۱۷). برای این منظور

www.SID.ir

Archive of SID

ماتریس زیر جهت تعیین مقادیر بردار ویژه و محاسبه سازگاری تشکیل می‌گردد.

$$W.w = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ .. & .. & \dots & .. \\ w_n/w_1 & w_n/w_1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ .. \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda.W$$

در این رابطه λ یک مقدار ویژه، W ماتریس مقایسه زوجی و w یک بردار ویژه متناظر با مقدار ویژه λ است(۱۶). از آن‌جا که اختلاف بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی (λ_{max}) و بعد ماتریس (n) نشان دهنده میزان ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی می‌باشد، اختلاف λ_{max} و n برای تعریف ضریب ناسازگاری (CI) به صورت زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین خواهیم داشت:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

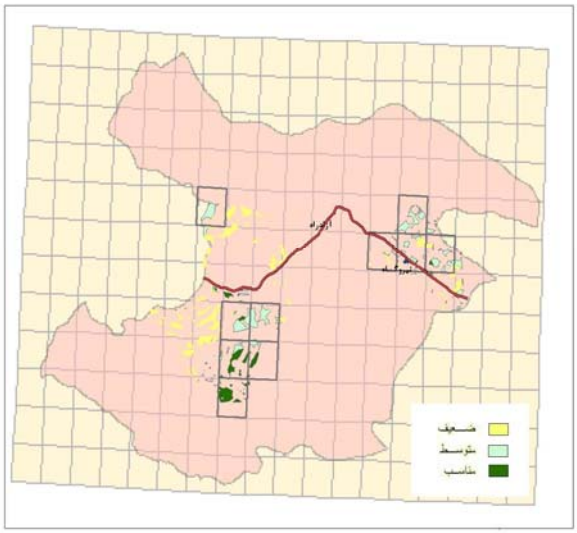
درنهایت نسبت ناسازگاری (IR) به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$IR = \frac{CI}{CRI}$$

که در آن CRI ضریب ناسازگاری ماتریس تصادفی برای ماتریس $n \times n$ می‌باشد که به صورت تصادفی پر شده‌است. اگر $IR < \%10$ باشد، معیار سازگاری فراهم شده است. در غیر این صورت ارزیابی مجدد مقایسه زوجی ضروری می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

همان طور که بیان شد به منظور تعیین مکان‌های مناسب دفن زایدات خطرناک نیروگاه شهید رجایی در سطح استان قزوین از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شده است. در این مطالعه در قالب مرحله مقدماتی آماده‌سازی اطلاعات با روی هم گذاری داده‌های GIS در مقیاس ۱:۲۵۰,۰۰۰، مجموعه‌ای از نواحی مناسب تحت عنوان مناطق تامین کننده محدودیت‌های موجود انتخاب گردیده و جهت بررسیهای جزئی‌تر، اولویت‌بندی شده‌اند. این نواحی شامل یک ناحیه در غرب, چهار ناحیه در شرق و پنج ناحیه در جنوب غربی استان (هر یک به وسعت یک نقشه ۱/۲۵۰۰۰) می‌باشد که در شکل ۲ نمایش داده شده است.



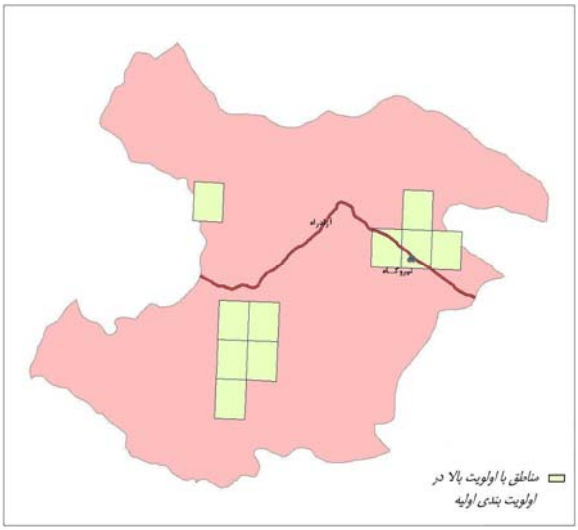
شکل۲- تعیین مناطق مستعد در سطح منطقه با رویهم

گذاری نقشه‌ها

در مرحله تفضیلی جهت بررسی دقیق‌تر نواحی منتخب در مرحله اول، با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵,۰۰۰ تهیه شده تلفیق، آماده‌سازی و اعمال عوامل مورد نیاز، برروی مکان‌های منتخب در مرحله مقدماتی انجام گرفته است. به این ترتیب با استفاده از نقشه‌های حاوی جزئیات با مقیاس ۱:۲۵,۰۰۰ در محدوده مکان‌های اولیه منتخب، براساس موارد مشروح و با توجه به حداقل سطح مورد نیاز جهت احداث مدفن‌ها، در نهایت ۱۷ سایت در سطح استان که همه اهداف و الزامات زیست‌محیطی، فنی و اقتصادی-اجتماعی موجود را برآورده سازد، انتخاب گردیده است. شکل ۴ زیرحاوی ۷ سایت منتخب در منطقه آبیک از مجموع ۱۷ سایت یاد شده می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- نقشه نهایی مناطق با اولویت بیشتر شامل نقشه‌های انتخاب شده در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰

به منظور غربال‌سازی و اولویت‌بندی سایت های هفده‌گانه کاندید شده در مرحله اول همان طور که بیان گردید از روشی جدید، برگرفته از دو روش متداول DRASTIC و MPCA که با توجه به شرایط ایران و استانداردهای ملی موجود اصلاح گردیده، استفاده شده است. امتیازدهی معیارهای اقتصادی-اجتماعی و معیارهای فنی و زیست‌محیطی ارایه شده در این بخش، براساس موقعیت و مشخصات سایت های منتخب در استان و بر پایه اطلاعات و داده‌های گردآوری شده در نقشه‌های پایه GIS انجام گرفته است. در این روش با ترکیب وزنی امتیازهای هر یک از معیارها، در انتها ۹ سایت با بیشترین مطلوبیت در سه منطقه مجزای مورد بررسی انتخاب گردیده است. سایت‌های نه‌گانه یاد شده که بیشترین مطلوبیت در مناطق فوق را داشته‌اند شامل سایت شماره ۱ (نیروگاه شهید رجایی)، سایت های شماره ۲و ۳ و۶ و۷ (شهرستان آبیک بخش مرکزی، دهستان کوهپایه شرقی)، سایت های شماره ۹، ۱۲و ۱۳ (شهرستان تاکستان، بخش خرمدشت و دهستان افشاریه) و سایت های شماره ۱۴و ۱۵ (شهرستان تاکستان، بخش مرکزی و دهستان قاقازان غربی) می‌باشند. این سایت ها به عنوان کاندیدهای اصلی جهت احداث محل های دفن مواد زاید در میان همه مناطقی که استانداردهای زیست‌محیطی حاکم را برآورده می‌سازند انتخاب و جهت تعیین بهترین سایت مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جهت انتخاب سایت بهینه در میان ۹ سایت انتخابی، از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مساله بهینه‌سازی چند هدفه فوق استفاده شده است. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفته در مساله فوق با ایجاد ماتریس وزن هر یک از معیارها نسبت به هم و نیز تشکیل ماتریس وزن هر معیار نسبت به گزینه‌های مختلف، وزن نهایی هر دو گزینه نسبت به یکدیگر به دست آمده است. به این ترتیب هر گزینه با همه گزینه‌های پایین‌دست خود مقایسه و اولویت‌بندی گردید. ماتریس مقایسه زوجی مورد نظر برای ۷ معیار مهم انتخابی اعم از عمق سطح آب زیرزمینی، نوع خاک، فاصله از مناطق ویژه محیط زیستی، توپوگرافی و شیب، نزدیکی به مرکز تولید زباله، سهولت تملک اراضی و دوری از مراکز جمعیتی توسعه داده شده است. بر طبق روش فوق، در این مطالعه با تعیین وزن معیارهای تراز اول و دوم از طریق توسعه ماتریس مقایسه زوجی، وزن نسبی هر یک از این معیارها تعیین گردیده است. تلفیق وزن‌های معیارهای تراز اول در تراز دوم از طریق حاصل‌ضرب این وزن‌ها در یکدیگر به دست می‌آید. در محاسبات انجام گرفته وزن تلفیقی هر یک از معیارها که گویای برتری هر گزینه نسبت به گزینه دیگر است برای هر دو گزینه به طور جداگانه برآورد گردیده است که مقیاس عمل در برتری هر گزینه نسبت به گزینه مورد مقایسه بوده است. در نهایت، با محاسبه وزن نهایی معیارهای فوق برای همه سایت ها از طریق مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به یکدیگر، ارجحیت گزینه۱ واقع در منطقه آبیک نسبت به سایر گزینه‌ها مشخص گردیده است. به این ترتیب با انجام بهینه‌یابی چند هدفه بین ۹ سایت با بیشترین امتیاز از مکان‌های منتخب، سایت ۱ واقع در مجاورت نیروگاه شهید رجایی قزوین به عنوان سایت بهینه در میان سایر سایت ها جهت احداث محل دفن زایدات این نیروگاه انتخاب گردید. در این مطالعه جهت تعیین نرخ سازگاری ماتریس مقایسه زوجی در مقایسه هر دو سایت، با تعیین و محاسبه نسبت ناسازگاری بر طبق رابطه ارایه شده، میزان

www.SID.ir

Archive of SID

پارامتر CI و نهایتا IR محاسبه گردیده است. کوچک بودن پارامتر IR یا برقراری رابطه IR< ٪۱۰ گویای سازگاری ماتریس زوجی انتخاب شده می‌باشد. محاسبات انجام گرفته در این مورد بر سازگاری ماتریس زوجی توسعه داده شده و صحت محاسبات انجام شده تاکید دارد.

جمع بندی

انتخاب محل مناسب دفع زایدات خطرناک مساله‌ای مهم و چند بعدی است که به دلیل خسارات بالای ناشی از گسیختگی طرح و نیز هزینه بالای ساخت، انتقال و نگه داری آن جدا از برآورده ساختن الزامات و استانداردهای زیست-محیطی، نیازمند به طی یک فرایند سیستماتیک و کاملاً علمی در انتخاب محل های مناسب می‌باشد تا در نهایت کمترین هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی و عواقب زیست‌محیطی را به دنبال داشته باشد. در این مطالعه استفاده از تکنیک‌ها و ابزارهای مدیریتی در کنار کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت انتخاب مناسب‌ترین گزینه در میان گزینه‌های موجود به عنوان روشی علمی و عملی در مکان‌یابی محل های دفن زایدات تولیدی برای اولین بار در داخل کشور مورد استفاده قرار گرفته است. مجموعه روش های فوق به این ترتیب دستیابی به الگویی مناسب جهت مکان‌یابی و احداث محل های مناسب دفن زایدات را که برآورده کننده جمیع جوانب اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی لازم باشد، ممکن ساخته است. در انتها با توجه به دقت بالای این روش در غربال‌سازی مناطق مختلف در سطح یک ناحیه و استفاده از ابزارهای مدیریتی جهت بهینه‌یابی میان کاندیدهای موجود، استفاده از آن جهت مکان‌یابی موارد مشابه پیشنهاد می‌گردد. استفاده از سایر تکنیک‌های در بهره‌مندی از سیستم اطلاعات جغرافیایی موجود و روش های دیگر بهینه‌یابی چند هدفه در ادامه مطالعات می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این طرح در غالب یک طرح تحقیقاتی با حمایت شرکت برق منطقه ای تهران و همکاری نیروگاه شهید رجایی قزوین به اجرا درآمده است.

منابع

۱. سعیدی، محسن، "گزارش نهایی طرح تعیین محل دفن زایدات خطرناک نیروگاه شهید رجائی قزوین" ، کارفرما شرکت برق منطقه ای تهران.

2. U.S. EPA, (2000), Social Aspects of Sitting RCRA Hazardous Waste Facilities, United States Environmental Protection Agency (EPA) -530-K-00-005, www.epa.gov .
3. Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil SA (1993) Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill, NewYork, USA:377
4. Yesilnacar, M. Cetin,Hasan, "Site selection for hazardous wastes: A case study from the GAP area, Turkey", J. of Engineering Ecology, (2005).
5. Al-Jarrah,O. , Qdais,H. (2005), "Municipal Solid waste landfill sitting using intelligent system", J .Of, waste manage.
6. Kontos Th.D, Komilis DP, Halvadakis CP (2003) Siting MSW Landfills in Lesvos Island with a GIS-based methodology. Waste Management and Research 21 (3) :262–277.
7. Allen A, Brito G, Caetano P, Costa C, Cummins V, Donelly J, Fernades C, Koukoulas S, O_Donell V, Robalo C, Vendas D (2002) Procedure for the location of landfill sites using a GIS model. In: 9th Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment, Durban, South Africa: 100.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲. بدو، کاظم (۲۰۰۱)، مکانیابی و انتخاب محل دفن زباله، مجموعه مقالات همایش دفن مهندسی و بهداشتی مواد زاید جامد شهری، دانشگاه تهران، تهران.

۱۳. سازمان حفاظت محیط زیست کشور، (۱۹۹۹)، ضوابط و استانداردهای زیست محیطی کشور.

۱۴. اسدی، محمود، فائزی رازی، دادمهر، نبی‌زاده، رامین، وجدانی، مهناز، (۱۹۹۶)، مدیریت مواد زاید خطرناک، سازمان حفاظت محیط زیست.

15. Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York, USA.

۱۶. قدسی پور، حسن (۲۰۰۶)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تالیف.

۱۷. کارآموز، محمد، کراچیان، رضا (۲۰۰۳)، برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستم های منابع، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تالیف.

8. Kontos Th.D, Halvadakis CP (2002) Development of a Geographic Information System (GIS) for land evaluation for landfill siting: The Case of Lemnos Island. In: 7th National Conference of Hellenic Cartographic Society, Mytilene, Lesvos, Greece (in Greek).

9. Hokkanen J, Salminen P (1994) The choice of a solid waste management system by using the ELECTRE III decision-aid method. In: Paruccini, M. (Ed.), Applying Multiple Criteria Aid for Decision to Environmental Management. Kluwer, Dordrecht: 111–153.

10. Hokkanen J, Salminen P (1997) Choosing a solid waste management system using multicriteria decision analysis. European Journal of Operational Research 98 (1):19–36.

11. Siddiqui M, Everett J, Vieux B (1996) Landfill siting using geographic information systems: a demonstration. Journal of Environmental Engineering 122 (6):515–523

www.SID.ir