مجله آمایش جغرافیایی فضا،
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال هشتم/ شماره مسلسل بیست و نهم/ پاییز ۱۳۹۷

مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر ساری با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و سامانه تصمیم‌گیری چند معیاره

رضا لحمیان*
استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۰

چکیده

آلودگی می‌تواند به شکل مواد شیمیایی باشد یا در شکل انرژی برای نمونه، صدا، گرما یا نور محیط را آلوده کند. مواد آلوده‌کننده‌ای که در پی رویدادهای طبیعی پدید می‌آیند زمانی به‌عنوان آلاینده شناخته می‌شوند که میزان آن‌ها از حد طبیعی بگذرد. جنگل‌های اُرس در منطقه چهاردانگه ساری در جوار کمربند پارک ملی کیاسر، جنگلی با پوشش گیاهی غنی و زیبا با چشم‌اندازی بی‌نظیر و با شکوه از اُرس‌هایی که همانند زمرد بر دامنه‌ها و یال‌ها می‌درخشند، اما هم اکنون در کمال تأسف محل دفن زباله‌های شهر ساری شده است. در همین حال به دلیل وجود معیارها و عوامل گوناگون، وابسته در این مسئله و احتیاج به تحقیق و مطالعه همزمان معیارهای ارزیابی شده در قالب نقشه تغییرات پی در پی آن‌ها ابزار اثربخش بودن را برای مدیریت و بکارگیری داده‌های مکانی مختلف به دست می‌دهد، که با صرف زمان و هزینه‌ای به مراتب کمتر و همچنین با روشی دقیق‌تر می‌توان از عهده آن برآمد. مدیریت عملیات یک محل دفن بهداشتی، شامل مکان‌یابی مناسب محل دفن، آماده‌سازی محل دفن و عملیات اجرایی و مهندسی در محل دفن است. اولین گام در طراحی محل دفن، انتخاب محل مناسب است. معیارهای تاثیرگذار در مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهر ساری با بررسی پژوهش‌های مرتبط صورت گرفته از گذشته تا کنون و مطابق با دیدگاه صاحب‌نظران تعیین گردید. پس از آن وزن‌دهی به این لایه‌ها با مدل تصمیم‌گیری چند معیاره انجام شد و دلیل آن انتخاب از میان چندین گزینه بوده است. پس از وزن‌دهی به معیارها در محیط GIS، مناطق مناسب معرفی شدند که حدود ۸۲۰ کیلومتر مربع از مساحت شهرستان ساری در محدوده مناسب قرار گرفت و برای دفن زباله‌های شهر ساری معرفی شدند. بررسی‌ها نشان داد که لایه اطلاعاتی کاربری اراضی و فاصله از شهرها با امتیاز ۰/۴۹ دو معیار مهم در تصمیم‌گیری مکانی بر اساس نظر کارشناسان انتخاب شده که حدود نیمی از اوزان اختصاص داده شده به معیار های پژوهش را در بر می‌گیرند. مهم ترین معیار در این مطالعه لایه اطلاعاتی فاصله از شهرها با وزن ۰/۲۸ و پس از آن کاربری اراضی با ۰/۲۱ و شبکه حمل و نقل یا همان راههای دسترسی با وزن ۰/۱۷ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، محل دفن پسماند، شهر ساری، تصمیم‌گیری چند معیاره، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

به ورود آلاینده‌ها به یک محیط که باعث ناپایداری، اختلال، آسیب و یا ناراحتی در آن محیط برای موجودات زنده شود آلودگی گفته می‌شود. آلودگی می‌تواند به شکل مواد شیمیایی باشد یا در شکل انرژی برای نمونه، صدا، گرما یا نور محیط را آلوده کند. مواد آلوده‌کننده‌ای که در پی رویدادهای طبیعی پدید می‌آیند زمانی به عنوان آلاینده شناخته می‌شوند که میزان آن‌ها از حد طبیعی بگذرد. زباله به مجموعه مواد ناشی از فعالیت‌های انسان و حیوان که معمولاً جامد بوده و به صورت ناخواسته و یا غیر قابل استفاده دور ریخته می‌شوند اطلاق می‌گردد (Allesch and Brunner, 2014). دفن در خاک‌چال آخرین عنصر موظف در سیستم مدیریت مواد زاید جامد و سرنوشت نهایی تمام مواد زایدی است که ارزشی ندارند و باید دور ریخته شوند. به عبارت دیگر دفن یک گزینه حتمی و اجباری است. دفن بهداشتی

*نویسنده مسئول: R_lahmian@yahoo.com

روشی مهندسی جهت دفن مواد زاید جامد در زمین، جهت ممانعت از آسیب زدن به محیط زیست می‌باشد (Achillas et al., 2013). اصول بهداشت و بهسازی محیط در هر شهر ایجاب می‌کند که زباله‌ها را در حداقل زمان از محیط زندگی خود دور کنیم (فولادبند، ۱۳۹۱). زباله‌ها نه فقط باعث تولید بیماری، تعفن و زشتی مناظر می‌شوند، بلکه با آلوده کردن خاک و آب و هوا، خسارات فراوانی به بار می‌آورند. در کشور ما تنها هشت درصد از پسماندهای شهری بازیافت و استفاده مجدد می‌شوند در حالی که ۹۲ درصد مواد زائد دفن می‌شوند که بر این اساس، حدود ۲۵ درصد دفن اصولی و تقریباً بهداشتی است و مابقی به شکلی غیر بهداشتی و در مکان‌های نابه‌هنجار از منظر شهری- زیست محیطی دفن و انباشته می‌شوند. مدیریت عملیات یک محل دفن بهداشتی شامل مکان یابی مناسب محل دفن، آماده‌سازی محل دفن و عملیات اجرایی و مهندسی در محل دفن می‌باشد (Guiqin et all, 2009). بر اساس تجارب به‌دست آمده گذشته، در کشورهای پیشرفته و سایر جوامع، دفن بهداشتی در زمین اغلب به عنوان اقتصادی‌ترین راه حل دراز مدت برای مشکل مواد زاید جامد انتخاب شده است (Velis & Brunner, 2013).

اولین گام در طراحی محل دفن، انتخاب محل مناسب است. در مکان‌یابی محل دفن بایستی به عواملی همچون توپوگرافی و زمین‌شناسی محل، سطح زمین مورد نیاز، خاک پوششی، سطح آب زیرزمینی، موقعیت زمین و فاصله آن نسبت به توسعه شهر، کاربری زمین‌های مجاور، فاصله آب‌های سطحی از محل دفن، قیمت زمین و طول عمر جایگاه دفن و .... توجه داشت (Bask, 2006). بدیهی است بدون در نظر گرفتن کلیه عوامل اثرگذار در طراحی مسیر، کوتاه‌ترین فاصله بین دو نقطه همواره مسیر مستقیم بین آن دو نقطه خواهد بود اما در عین حال این کارامکانپذیر نیست و در طبیعت همیشه موانعی بر سر راه قرار می‌گیرند که باعث بالا رفتن هزینه‌ها می‌شود. این هزینه‌ها یا اقتصادی هستند، مانند هزینه‌های اضافی برای ساخت پل برای عبور از رودخانه‌ها، حفر تونل، خاکبرداری و خاکریزی، و یا محیطزیستی است مانند از دست دادن چشماندازهای طبیعی، نابودی اکوسیستمهای شکننده و نظیر آن، که آثار این اقدامات مستقیم یا غیرمستقیم به انسان بر می‌گردد (ماهینی و همکاران، ۱۳۹۴). در انتخاب محل دفن مواد زائد و آلاینده از معیارها و فرآیندهای مختلفی استفاده می‌شود وپس از امتیاز و وزن هر معیار رد و قبول مکان مناسب معین خواهد شد (Ratnapria et al., 2009). لزوم بهینه‌سازی برخی از مراکز دفن غیر بهداشتی کشور و رساندن سطح فعلی آن به سطح قابل قبول بین‌المللی از یک سو و جامع پوشی به اهداف حفظ سلامت عموم و محیط زیست از سوی دیگر ایجاد می‌گردد. مواد زائد و زباله همواره به عنوان یک معیار مهم آلایندگی در محیط زیست انسانی و طبیعی مطرح است و خطرات بی‌شماری به همراه دارد. این مطلب زمانی به درستی درک می‌شود که محیط زیست ناشی از سوء مدیریت مواد زائد جامد یکی از معضلات اساسی کشور گردد، که در این بین در برخی از مراکز پُر جمعیت کشور و همچنین اُستان‌های شمالی، جنبههای گسترده و پیچیده‌ای پیدا کرده است. طرح جمع‌آوری و دفن مواد زائد جامد شهری یک فعالیت عمرانی- زیست محیطی است که هدف اصلی آن دفع صحیح و بهداشتی زباله‌های تولیدی توسط جوامع شهری، صنعتی و... می‌باشد. در همین حال به دلیل وجود معیارها و عوامل گوناگون وابسته در این مسئله و احتیاج به تحقیق و مطالعه همزمان معیارهای ارزیابی شده در قالب نقشه، تغییرات پی در پی آن‌ها ابزار اثربخش بودن را برای مدیریت و به کارگیری دادههای مکانی مختل به دست می‌دهد، که با صرف زمان و هزینه‌ای به مراتب کمتر و همچنین با روشی دقیق‌تر می‌توان از عهده آن برآمد. از آنجا که روش‌های گوناگون برای حل مساله مکان‌یابی وجود داشته است؛ لذا انتخاب یکی از آن‌ها همواره از دغدغههای کاربران محسوب می‌شود. (Gemitzia et all, 2007). در سال ۲۰۰۵ یسیلنکار[1] تحقیقی تحت عنوان مکان‌یابی محل دفن پسماندهای خطرناک در

1. Yesilnacar et al.

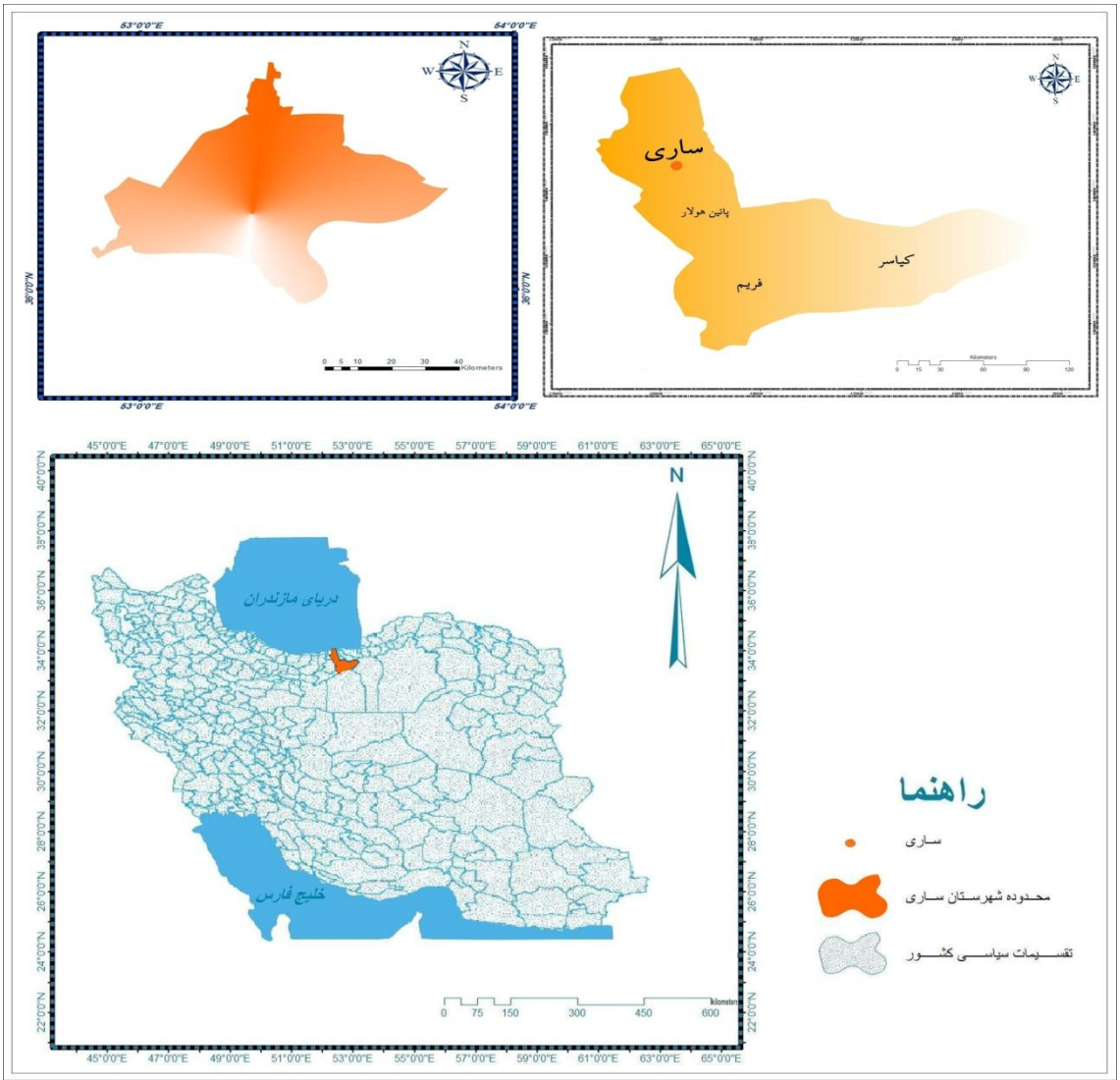
ناحیه گپ ترکیه، با استفاده از GIS و تهیه لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی، هواشناسی، لرزه‌خیزی و به کمک همپوشانی لایه‌ها صورت گرفت و بهترین منطقه جهت دفن پسماندهای خطرناک انتخاب شده است (Yesilnacar et al., 2010). اکمکویگلا و همکاران[1] ۲۰۱۰ جانمایی محل دفن پس ماندهای جامد شهری را به روش تصمیم‌گیری چند معیاری فازی توسط GIS انجام داده‌اند (Ekmekcioglu et al., 2010). سنر و همکاران[2] در سال ۲۰۱۰ با ترکیب GIS و روش تصمیم‌گیری چند معیاره، مکان‌یابی لندفیل مواد زائد شهری کنیا ترکیه را انجام داده‌اند. سنر متغیرها را به دو دسته زیست محیطی و اقتصادی تقسیم و براساس آن‌ها لایه‌های اطلاعاتی مورد نظر را تهیه کرده است، مکان مناسب با استفاده از روش سلسله مراتبی فازی تعیین شده است. از بین این متغیرها، متغیر فاصله از آب سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخودار بوده و بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داد (Sener et al.,2010) ناصری و همکاران در سال ۱۳۸۶ در قالب یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری‌مکانی[3] (SDSS) و براساس روش تحلیل سلسله مراتبی مکان مناسب دفن پسماندهای ویژه را در بین شهرهای فامنین و قهاوند مکان‌یابی نمودند. فاصله از منابع آب، فاصله از رودخانهها، عمق آب زیرزمینی، شیب هیدرولیکی[4]، مناطق تغذیه، کاربری زمین، شیب، فاصله از گسل، واحدهای سنگی، عوامل اقلیمی، فاصله از تولید کنندگان، فاصله از جاده، فاصله از شهر و فاصله از معادن، عوامل تهیه شده برای مدل بودند. سپس اوزان محاسبه شده در سطوح ساختار درختی به این لایه‌ها اعمال و سرانجام با تلفیق نهائی در محیط GIS محدوده مذکور به دست آمد (ناصری و همکاران، ۱۳۸۶)؛ همچنین در سال مشابه مکان‌یابی دفن پسماندهای ویژه در اُستان خراسان رضوی توسط حافظی و طی تحقیقی، با استفاده از تهیه معیارهای مناسب در طی دو مرحله با استفاده از GIS و روش وزن‌دهی ساده انجام شده و درنهایت مکان‌های مستعد معرفی شده‌اند (حافظی، ۱۳۸۶). با این وجود سیستم‌های ژئومورفیک، سیستم پیچیده و غیرخطی‌اند .یعنی از متغیرهای متعدد و برهم کن‌های متفاوت و همچنین رواب غیرخطی تشکیل شده‌اند؛ از اینرو پیش‌بینی رفتار آنها مشکل است .بنابراین به راحتی نمی‌توان قوانین ریاضی و فیزیک را برای رفتارهای نوسانی، بلندمدت و پیچیده‌ی سیستم‌های ژئومورفیک به کار برد .این موضوع به نوعی روششناسی کاهش گری انجامیده که بر مبنای آن پدیده‌ی پیچیده می‌توانند از طریق رواب و قواعد ساده تحلیل و تبیین شوند (میرکتولی و همکاران، ۱۳۹۳).

روش‌شناسی تحقیق

این مطالعه توصیفی- تحلیلی می‌باشد برخی از اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای و برخی دیگر از سازمان منابع طبیعی استان مازندران تهیه شده است. نمونههای جمع‌آوری شده شامل هفت لایه اطلاعاتی بوده که در ادامه به آن‌ها پرداخته خواهد شد بدین صورت که بر اساس نظر کارشناسان و صاحب‌نظران و همچنین تحقیقات گذشته به معیارهای اطلاعاتی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و کمک نرم‌افزار وزن‌دهی شدند و سپس تجزیه و تحلیل‌های عملیاتی بر روی هر معیار و متناسب با آن‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام پذیرفت. با توجه به مباحث گفته شده به معرفی محدوده مورد بررسی می‌پردازیم: شهرستان ساری در اُستان مازندران و در مختصات ۳۶ درجه و ۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است و مساحت آن ۳/۲۴۸/۴۰۰ متر مربع است. از شمال و شمال شرقی به دریای مازندران و شهرستان بهشهر، از جنوب و جنوب شرقی به رشته کوههای البرز و استان سمنان، از مشرق به شهرستان میاندورود و از مغرب به شهرستان‌های قائم‌شهر، سوادکوه و جویبار محدود است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰، جمعیت شهرستان ساری حدود۴۷۸/۳۷۰

1. Ekmekcioglu et al.
2. Sener et al.
3. Spatial Decision Support System
4. Hydraulic Gradiant

نفر بوده که تقریباً چهل‌وهفت درصد آن شهرنشین و بقیه روستا نشین بوده‌اند. برابر آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۳، شهرستان ساری شامل چهار شهر: ساری- پایین هولار - فریم- کیاسر و شش بخش: مرکزی- دودانگه- چهاردانگه- کلیجان رستاق- رودپی- رودپی شمالی و پانزده دهستان می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت شهر ستان و شهر ساری در کشور نشان داده شده است.



شکل ۱: موقعیت شهر ساری در شهرستان و کشور

وضعیت فعلی دفن پسماند ساری: افزایش نگرانی‌ها در مورد شهرستان ساری با مرکزیت شهر ساری به دلیل وجود معیارهایی ویژه همچون موقعیت مکانی، تراکم جمعیت بالاتر از حد معمول، شرایط اقلیمی، بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی، حاصلخیزی خاک منطقه، نبود زمین‌های بایر و بدون استفاده همچنین از سوی دیگر به دلیل نامناسب بودن شرایط دفع زائدات جامد در این شهرستان، برنامه‌ریزی در راستای مکان‌یابی و مدیریت پسماند امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. محل دفن زباله‌های شهر ساری در پناهگاه حیات وحش سمسکنده یکی از مهم‌ترین مناطق چهارگانه سازمان حفاظت از محیط زیست قرار داشت که از نقطه نظر موقعیت مکانی و شرایط زیست‌محیطی مناسب برای دفع مواد زائد جامد شهری نبوده است. در

این مکان روزانه بالغ بر ۲۰۰ تُن زباله به صورت روباز تلنبار می‌گردید. به دلیل شیب نسبتاً تند محل تلنبار، شیرابه ها به سمت جنگل و زیستگاه حساس حیات‌وحش سرازیر می‌شدند. به علت عدم حصارکشی و فقر پوشش کافی خاک، امکان دسترسی حیوانات وحشی، اهلی، موذی، سگ‌های ولگرد و پرندگان وحشی و... به زباله، آسان بوده و یقیناً در اشاعهٔ آلودگی در محیط و ایجاد بیماری‌های انگلی و واگیردار سهیم بوده است. از طرف دیگر به علت دفع غیر بهداشتی زباله در این مکان، هنگامی که در فاصله تقریباً دو کیلومتری آن یعنی از جاده اصلی و ارتباطی بین شهری عبور و مرور یا تردد صورت می‌گرفت، بوی نامطبوعی به مشام می‌رسید. در ضمن این جایگاه در فاصله نسبتاً کمی از واحد درمانی و پارک جنگلی شهید زارع و همچنین یک واحد آموزشی تیزهوشان قرار داشت. از همین جهت این معضل موجب ناراحتی شهروندان، مسافران و دیگر اقشار جمعیتی گردیده بود. همجواری این مکان با اکوسیستم جنگل به نسبت بکر و دست‌نخورده با گونههای درختی منحصر به فرد که چشم‌انداز و زیبایی خاصی به منطقه می‌بخشید، با ریختن زباله در این مکان و ایجاد آلودگی زیست محیطی در پیرامون آن، نه تنها به این زیبایی و چشم‌اندازهای با اهمیت منطقه آسیب جدی وارد می‌ساخت، بلکه جلوه‌گر محیطی بد و نازیبا بوده است. برای حفاظت، حمایت و نگهداری از این اکوسیستم که از مناطق بارز، منحصر بفرد برجسته و با اهمیت اکولوژیکی آن منطقه محسوب می‌گشت، مکان‌یابی و انتخاب جایگاه مناسب‌برای دفع زباله‌های شهری ضرورت ویژه داشته و لازم بود، که خراسانی و همکاران در سال ۸۳ پژوهشی در این زمینه انجام داده‌اند که در آن مقطع زمانی پژوهش جالبی به نظر می‌رسید (خراسانی و همکاران، ۱۳۸۳). البته لازم به ذکر است که شهرستان میاندرود در زمان اجرای مطالعه مذکور با مرکزیت شهر سورک بخشی از شهرستان ساری محسوب می‌شد. وضعیت محل کنونی دفن زباله در ساری چندان جالب نیست. این بخش دارای یک شهرک صنعتی در کیاسر و کارخانه مازند سیکلت در آن فعال می‌باشد. کارخانه سیمان کیاسر و همچنین معدن فلورین دومین معدن فلورین ایران بعد از معدن طبس، سنگ فلورین درمان مخصوصی برای بیماری‌ها وعوارض مغزی و حل مشکلات ذهنی دارد و باعث رشد، کشش و قدرت تشخیص در ما می‌شود و از سنگ‌های کمیاب و نادری است که در پوسته زمین یافت می‌شود و شرکت ذغال سنگ البرز مرکزی از دیگر توانمندی‌های اقتصادی چهاردانگه است. در سال ۱۳۸۶ بنا به دلایلی و به خاطر نداشتن محل دفن زباله در اطراف شهر تصمیم بر این شد تا زباله‌های روزانه ۲۲۰ تنی ساری (آمار سال ۱۳۸۶) به مدت سه ماه به منطقه چهاردانگه انتقال داده شود و پس از آن فکری به حال آن کرده و یا با ساخت کارخانه کمپوست زباله، این مشکل را حل کنند. اما اکنون نزدیک به هشت سال است روزانه به میزان ۲۵۰ تن (آمار۱۳۹۳) زباله‌های شهر ساری توسط کامیون در روستای ولویه و اراء تخلیه می‌شود که باعث تخریب شدید زیست محیطی منطقه در کنار قله شاهدژ و مناطق حفاظت شده محیط زیست شده است. دفن مداوم و بی‌رویه روزانه ۲۵ کامیون زباله در گودال‌هایی به عمق ۶ متر پوشش گیاهی ارزشمند منطقه را از بین برده و تبدیل به بیابانی متعفن و آلوده کرده است. جاده ساری- کیاسر به سمنان به ویژه در بخش چهاردانگه یکی از پر حادثه ترین جادههای کشور است و مهم ترین دلیل این امر ریزش شیرابههای زباله اراء به سمت جاده و همین طور آلوده شدن جاده به وسیله شیرابه کامیون‌های حامل زباله می‌باشد. مسیر ۱۱۰ کیلومتری حمل زباله از ساری تا ولویه، کثیف و سیاه و سرشار از هزاران نوع میکروب و انگل و بیماری می‌باشد، اما باران این کثیفی‌ها را شسته و رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی را هم آلوده می‌کند. در شکل ۲ تصویر ماهواره‌ای از محل دفن پسماند شهر مشاهده می‌گردد.

شکل ۲: تصویر ماهواره‌ای از محل فعلی دفن پسماند شهر ساری (منبع: ماهواره لندست ۲۰۱۵)

اهداف مطالعه

به نقل از روابط عمومی سازمان مدیریت پسماند شهرداری ساری در ۱۷ آذر ماه ۱۳۹۴: ساری مرکز استان مازندران بیش از چهارصد هزار نفر جمعیت دارد که سرانه تولید زباله هر نفر در روز معادل یک کیلوگرم می‌باشد با این حساب روزانه بیش از ۴۰۰ تن زباله تولید می‌شود که این رقم نسبت به آمار سال گذشته رشد سعودی در حدود ۱۶۰ درصد داشته است که این به نوبه خود یک فاجعه بشری به شمار می‌آید. در این مواد انواعی از باکتری‌های مولد وبا، تیفوس و کزاز به صورت مسلم و صریح تشخیص داده شده است. باعث انتشار بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زای مگس است. اصول بهداشت و بهسازی محیط در هر شهر ایجاب می‌کند که زباله‌ها را در حداقل زمان از محیط زندگی خود دور کنیم. زباله‌ها نه فقط باعث تولید بیماری، تعفن و زشتی مناظر می‌شوند، بلکه با آلوده کردن خاک و آب و هوا، خسارات فراوانی به بار می‌آورند. سالم‌سازی محیط به خصوص کنترل زباله‌ها مفیدترین راه مبارزه با جوندگان نیز می‌باشد. خطر ازدیاد موش‌ها را نمی‌توان به سادگی با هیچ بودجه‌ای جبران نمود. موش‌های خانگی و جوندگان به راحتی در جوار انسان‌ها زندگی می‌کنند. این‌ها بالقوه ناقل بسیاری از بیماری‌ها در انسان هم هستند (Moeinaddini, 2010). جوندگان برای ازدیاد جمعیت خویش به سه چیز نیاز دارند غذا، آب و پناهگاه که هر سه اغلب در زباله‌های شهری وجود دارد. آلودگی آب هم که به اثر تخلیه فاضلاب نادرست و مواد زاید در محیط به جویبارها و رودخانهها و سایر آب‌ها منتقل می‌شود. اهداف پژوهش عبارتند از رعایت فاصله از آب‌های سطحی و رودخانهها، فاصله از جنگل، محدوده شیب و خاک‌ها و سنگ‌ها، فاصله از شهر و مراکز جمعیتی، فاصله از خطوط انتقال نیرو و همچنین جادهها که در نهایت منتج به اهداف دیگری خواهد شد که از جمله: به حداقل رساندن خطر برای سلامت عموم، به حداقل رساندن تأثیرات بر محیط زیست طبیعی، اجتماعی و فرهنگی و حداقل هزینه اقتصادی. امید است که با طی روندی هدفمند نتایج این پژوهش که هدف اصلی آن سالم‌سازی حفظ محیط زیست و برنامه‌ریزی شهری بر اساس مدیریت پسماند می‌باشد تحقق یابد.

مدل‌های مورد استفاده

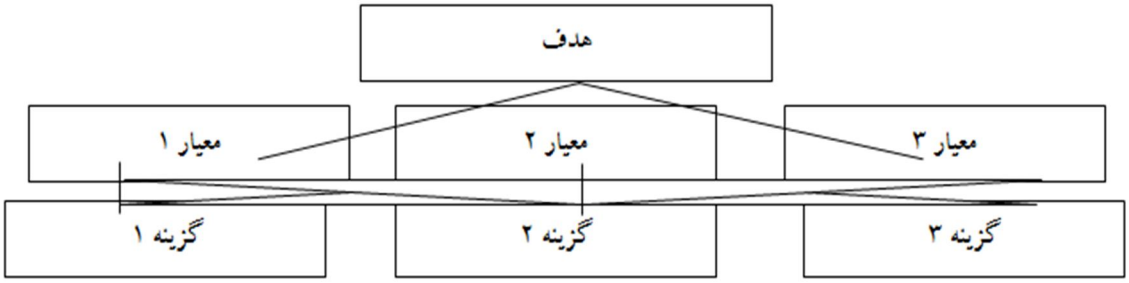
فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره: هدف اصلی از وزن‌دهی بیان اهمیت هر معیار نسبت به معیار دیگر

است (فرجزاده، ۱۳۹۱). دلیل انتخاب تصمیم‌گیری چند معیاره در این مطالعه نیز همین امر بوده که ما با بیش از یک انتخاب در انتخاب محل دفن پسماند شهر ساری مواجه بودیم.

تحلیل سلسله مراتبی: فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای اولین بار توسط توماس ال. ساعتی مطرح شد. این فرآیند مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش گذاری‌های شخصی به یک شیوه منطقی است به طوری که می‌توان گفت تکنیک از یک طرف وابسته به تصورات شخصی و تجربه جهت شکل دادن و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مسئله بوده و از طرفی به منطق، درک و تجربه جهت تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مربوط می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چند گانه است؛ زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسئله دارد. این فرآیند گزینههای مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد، علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید؛ همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره است. بعلاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا نهاده شده است (اصغرپور، ۱۳۸۵).

اولین قدم در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یک نمایش گرافیکی از مسئله است که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده شده‌اند (عطایی، ۱۳۸۹).

چنانچه ذکر گردید در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌گردد. سپس با استفاده از این ماتریس وزن نسبی عناصر محاسبه می‌گردد. در ماتریس سازگار محاسبه وزن ساده بوده و از طریق نرمال کردن عناصر ستون‌ها به دست می‌آید و مقدار ناسازگاری ماتریس برابر صفر است، در حالی که در ماتریس‌های ناسازگار محاسبه وزن مشکل‌تر بوده و مقدار ناسازگار نیز مخالف صفر است که باید محاسبه گردد.



شکل ۳: الگوی ساختار تحلیل سلسله مراتبی (مآخذ: عطایی، ۱۳۸۹)

محاسبه نرخ ناسازگاری

یکی از ویژگی‌های روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین مقدار عددی سازگار با جواب‌ها می‌باشد. این روش دارای مکانیزمی است که جامعیت یا سازگاری مقایسات، در آن مشخص می‌شود و در نهایت نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت به دست آمده اعتماد نمود. به عبارت دیگر، ممکن است مقایسات انجام شده همدیگر را نقض نمایند و سازگار نباشند. در تحلیل شاخص سازگاری، چنانچه این مقدار کمتر از ۰/۱ باشد مقایسات سازگاری قابل قبولی دارند، در غیر این صورت باید در مقایسات تجدید نظر به عمل آورد. برای محاسبهٔ نرخ ناسازگاری از دو پارامتر شاخص سازگاری C.I و شاخص تصادفی R.I تصادفی استفاده می‌شود (Saaty, 1980).

معادله (۱):

$$C.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

C. I : شاخص سازگاری

λ : مقدار ویژه در ماتریس مقایسه A

n : تعداد عوامل در ماتریس مقایسه

معاله (۲): $C.R = \frac{C.I}{R.I}\begin{cases} \leq 0.1 & \text{سازگار} \\ > & \text{ناسازگار} \end{cases}$

R.I : شاخص تصادفی

C. R : نرخ سازگاری

برای به دست آوردن وزن در یک ماتریس ناسازگار چهار روش عمده مطرح شده که عبارتنداز:

۱- روش حداقل مربعات[1]

۲- روش حداقل مربعات لگاریتمی[2]

۳- روش بُردار ویژه[3]

۴- روش‌های تقریبی[4]

از آنجا که سه روش اول دارای محاسبات سنگین و پیچیده‌ای می‌باشند، برخی روش‌های تقریبی پیشنهاد شده که دقت کمتری دارند (که قابل قبول می‌باشند) و محاسبات کمتر و ساده‌تری دارند. این روش‌ها به طور عمده تقریبی از روش بُردار ویژه هستند که با دقت‌های مختلف محاسبات را تسهیل می‌نمایند (Saaty, 1980). وزن نهایی هر گزینه در یک فرآیند سلسله مراتبی از مجموع حاصل ضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice در این مطالعه به‌دست آمده است.

یافته‌های تحقیق

در این مطالعه به معیارها یا لایه‌های اطلاعاتی بر اساس اولویت و مطابق با نظرات کارشناسان امتیازات لازم تخصیص داده شد. وزن‌ها معمولا استاندارد می‌شوند این عمل به صورتی انجام می‌شود که مجموع آن‌ها برابر با یک می‌شوند (عظیمی حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). معیارهایی که در این مطالعه استفاده گردید اعم از: لایه اطلاعاتی ۱- زمین‌شناسی ۲- شیب ۳- پوشش گیاهی ۴- کاربری اراضی ۵- راههای دسترسی ۶- فاصله از شهرهای شهرستان ساری و محدودیت‌هایی نیز در نظر گرفته شده است.

طبقه‌بندی لایه اطلاعاتی شیب: توابع شیب در GIS بر اساس ارتفاع نقاط در مدل رقومی زمین و فاصله آن‌ها از هم برای هر یک از سلول‌ها محاسبه می‌شود. در این مطالعه مدل رقومی ارتفاع، با استفاده از توابع و فیلترهای موجود در نرم‌افزار ARCGIS10 با خطوط تراز نقشه‌های توپوگرافی مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه شد و سپس رفع خطا گردید، پس از آن با استفاده از تابع slope نقشه شیب منطقه استخراج شد. در مباحث مکان‌یابی پارامتر شیب از دیدگاه زیست محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است (Davari et al., 2015). طبقه‌بندی پارامتر شیب در جدول یک مشاهده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌گردد میزان شیب تا چهار درصد بسیار مناسب خواهد بود. نفوذ شیرابههای زباله به آب‌های زیرزمینی و آلودگی محیط پیرامون آن رابطهٔ مستقیمی با میزان شیب زمین و مکان متنخب خواهد داشت (Kim & Owens, 2010). در این تحقیق شیب بین صفر تا چهار درصد میزانی مناسبی خواهد بود و تا حدود ۱۲ درصد تقریبا قابل قبول می‌باشد اما بیش از آن توجیحی ندارد.

لایه شبکه حمل و نقل: شبکه حمل و نقل شامل شبکه حمل و نقل جاده‌ای اعم از بزرگراه، جاده بین شهری، شوسه و راه‌آهن می‌باشد. نقشه شبکه حمل و نقل در مکان‌یابی محل دفن پسماند از چند جنبه مختلف دارای اهمیت است: نزدیکی این مکان به راهها موجب می‌شود تا هزینههای حمل و نقل تجهیزات و رفت و آمد پرسنل و پشتیبانی از آن کاهش یابد. با استفاده از نقشه، تمام خطوط حمل و نقل در نرم‌افزار Arc GIS 10 رقومی گردید اما به لحاظ اینکه ممکن است نقشه راههای موجود به هنگام نباشند با استفاده از تصاویر لندست مربوط به سال ۲۰۱۶ به صورت تفسیر چشمی به هنگام گردید. جادهها دارای حریم هستند؛ بنابراین ایجاد هر گونه مکانی جهت رسیدن به اهداف این مطالعه در آن حریم‌ها ممنوع می‌باشد که در لایه محدودیت‌ها در نظر گرفته شد. فاصله تا حریم ۱۰۰۰ متر بسار مناسب و بیشتر از ۴۰۰۰ متر بلا استفاده خواهد بود که در طبقه نامناسب قرار می‌گیرد.

1. Least Squares Methods
2. Logarithmic Least Squares Methods
3. Eigemvector Methods
4. Approximation Methods

کاربری اراضی: منظور از کاربری اراضی، استفاده از اراضی به منظور رفع نیازهای گوناگون انسانی می‌باشد که شامل اراضی کشاورزی، صنعتی، مسکونی و... است. لایهٔ کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه از نقشههای ۱/۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی بدست آمد، سپس با استفاده از لایه تهیه شده کاربری اراضی اداره منابع طبیعی استان مازندران و همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روز شد. یکی از کاربردهای سنجش از دور شناسایی و تفکیک پدیدههای زمینی و قرار دادن آن‌ها در گروهها و یا طبقات مشخص می‌باشد. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را می‌توان به عنوان مهم‌ترین بخش تفسیر اطلاعات ماهواره‌ای به شمار آورد. با توجه به اینکه مکان‌یابی محل دفن پسماندها در کاربری‌های متفاوت هزینه‌های متفاوتی ایجاد می‌کند و در تمام کاربری‌ها امکان احداث وجود ندارد بنابراین هدف از طبقه‌بندی در این تحقیق تهیهٔ نقشهٔ کاربری زمین است. نقشه کاربری زمین بیانگر چگونگی استفاده از یک قطعه زمین می‌باشد (همانند زمین‌های کشاورزی، مسکونی و نواحی جنگلی) داشتن اطلاعات صحیح از کاربری اراضی برای هر نوع فعالیت و برنامه‌ریزی در سطح کشور ضروری است و سنجش از دور می‌تواند در این زمینه نقش اساسی ایفا کند. هنگام طبقه‌بندی هر یک از پیکسل‌های تصویر با نشانه‌های طبیعی و یا نمونه‌های جمع‌آوری شده در مراحل قبل مقایسه شده و هر گروه از پیکسل‌ها به یکی از طبقات نمونه‌گیری شده نسبت داده می‌شوند. نمونه‌های آموزشی به کمک نقشه‌های کاربری مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ و مشاهدات میدانی بدست آمدند. در این تحقیق از تصویر لندست ۲۰۱۶ به منظور تهیهٔ نقشهٔ کاربری منطقه مورد مطالعه استفاده گردید که بر اساس تقسیم‌بندی اندرسن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده لندست می‌توان نقشه کاربری اراضی با سطح طبقه‌بندی درجه ۲ استخراج کرد (Gorsevski et al., 2012). پس از حاصل شدن نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ مورد مطالعه بر اساس مقیاس‌های مختلفی ارزش دهی شد که در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: نحوه طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف

کلاس	نوع کاربری	توصیف
۱	مزارع، باغ، مناطق مسکونی پراکنده	نامناسب
۲	شهر، روستا، شهرک مسکونی و صنعتی	نسبتاً مناسب
۳	کوه‌پایه	مناسب
۴	مراتع، بیشه زار، زمین‌های بایر	بسیار مناسب

(مآخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵)

ایجاد لایه اطلاعاتی فاصله از شهر: در مکان‌یابی دفن پسماند، معیار فاصله از مناطق شهری در تصمیم‌گیری زیست محیطی بررسی گردید که به علت ایجاد شرایط نامساعد از لحاظ روانی، زیست‌محیطی و بوی نامطبوع باید در فاصلهٔ دور از نقاط شهری قرار گیرد (NAS et al., 2012). این معیار برای این تحقیق از چهار کیلومتر تا هشت کیلومتر قابل قبول است و تا ۱۶ کیلومتر به نسبت مناسب خواهد بود و فاصله‌ای بیش از آن قابل قبول نیست و در این مطالعه استفاده نشده است.

ایجاد لایه اطلاعاتی پوشش گیاهی: معیار پوشش گیاهی به منظور حفظ ارزش اراضی و ممانعت از تخریب مناطق جنگلی و مراتع به کار برده می‌شود و اساس طبقه‌بندی این معیار انتخاب مکان‌های مورد نظر با کمترین تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی می‌باشد. طبقه‌بندی پوشش گیاهی با توجه به حفظ منابع ملی انجام گرفت.

ایجاد لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی: یکی از ویژگی‌های سنگ، نفوذپذیری توده سنگ می‌باشد. نفوذپذیری سنگ‌ها با توجه به قرارگیری آن‌ها در هر کدام از سه دسته سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی

متفاوت است. اگر پیوستگی بین اجزاء تشکیل‌دهنده، وجود نداشته باشد برای احداث مکانی جهت دفن پسماند و ایجاد چاله‌های بتنی مناسب نیست که می‌باید در مناطق با ایجاد شرایطی مطلوب از دیدگاه مهندسی زمین‌شناسی امکان‌پذیر گردد (Eskandari et all, 2013) . سنگ‌های آهکی نیز به علت خاصیت انحلال‌پذیری و حفرات ایجاد شده در طی آن سنگ نامناسبی است زیرا این خاصیت قدرت نفوذپذیری آن‌ها را بالا می برد. علاوه‌بر این سنگ های آهکی به‌دلیل همین قابلیت در شرایط خاص به منابع آبی تبدیل می شود که گاهی به‌صورت چشمه بر روی سطح زمین مشاهده می‌شوند (Bonger et all, 2011). سنگ های شیلی و مارنی نیز بخشی از محدوده مورد مطالعه را تشکیل داده‌اند. این نوع سنگ‌ها ذراتی در اندازهٔ رس و سیلت را شامل می‌شوند. اندازهٔ ریز ذرات و نفوذپذیری پایین ویژگی‌هایی است که امتیاز آن‌ها را در مکان‌یابی بالا می برد، البته درز و شکاف نفوذپذیری آن‌ها را تا حدی افزایش می‌دهد.

تعیین حریم: محدودیت‌ها، موانعی هستند که یا به وسیلهٔ انسان یا به وسیلهٔ طبیعت تحمیل می‌شوند و مانع از آن می‌شوند که گزینه‌هایی امکان انتخاب پیدا کنند. تعیین محدودیت‌ها عموماً بر اساس منابع و تمهیدات موجود می‌باشد و شامل قضاوت‌های حرفه‌ای می‌شود. برای تهیه‌ی لایه محدودیت‌های منطقه مورد مطالعه، ابتدا تمام لایه‌هایی که امکان ایجاد محدودیت را داشتند به صورت بولین درآمدند، سپس با اعمال عملگر OR بین تمام لایه‌ها، لایه محدودیت‌ها حاصل شد. محدودیت‌های در نظر گرفته شده این تحقیق از نوع غیرقابل جبران می‌باشند که در نهایت بایستی از نقشه‌ی خروجی کم شوند. آلن و همکاران در سال ۲۰۰۱ بیان کردند که لندفیل‌ها را نباید داخل دشت‌های سیلابی، سواحل دریاچه‌ها و کنار رودخانه احداث کرد و باید از زمین‌های مردابی / سیل‌گیرها (زمین آب‌گیر) دوری کرد. از رودخانه‌های اصلی و مصب رودخانه که در نقشه‌های مربوطه تعیین شده‌اند اجتناب شود و لندفیل‌ها باید در فاصله پانصد متری از این مناطق احداث گردد (Allen et all, 2001). با توجه به مطالعات انجام شده در تحقیقات گذشته فواصل از مناطق مورد نظر ایجاد شده که در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به اطلاعات جدول ارائه شده در این قسمت حدود ۲۵۵۳ کیلومتر مربع از مساحت محدوده مورد مطالعه غیر قابل استفاده و ۱۱۳۰ کیلومتر مربع جهت مکان‌یابی قابل استفاده می‌باشد.

جدول ۲: حریم تعیین‌شده معیارهای موثر جهت مکان‌یابی

شماره	لایه	محدوده قابل قبول
۱	فاصله از مناطق حفاظت شده زیست محیطی	۱۲ <
۲	عمق سطح تا آب‌های زیر زمینی	۱۴ > متر
۳	فاصله از شهرهای شهرستان ساری	۴ < کیلومتر
۴	فاصله از مراکز جمعیتی	۲ > کیلومتر
۵	فاصله از باغ‌ها و جنگل	۳۰۰ > متر
۶	فاصله از آب‌های سطحی	۵۰۰ > متر
۷	فاصله از راههای دسترسی	۳۰۰> متر
۸	فاصله از گسل (مناطق زلزله‌خیز)	۳۰۰۰ < متر
۸	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۲۰۰۰ < متر

(مآخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵)

طبقه‌بندی: از پرسش‌های اساسی که در GIS مطرح می‌شود این است که چه پدیده‌ای بر روی چه نوع مکانی قرار گرفته است. با توجه به وجود محدودیت‌ها و اعمال امتیازات لازم در جدول ۳ لایه‌های اطلاعاتی به روی هم قرار گرفتند. مهم‌ترین معیار در این مطالعه معیار فاصله از شهرها با وزن ۰/۲۸ شناخته شد و پس از آن معیار کاربری اراضی با وزن ۰/۲۱ و راه‌های دستری با وزن ۰/۱۷ مهم‌ترین معیارها در روند این

تصمیم‌گیری شناخته شدند. شکل ۴ تصویر مناطق نهایی را نشان می‌دهد که بر این اساس مناطق به چهار بخش طبقه‌بندی شدند: ۱) مناطقی که در طبقه اول قرار گرفته‌اند و با وسعتی حدود ۴۸۵ کیلومتر مربع بخش اعظم مناطقی را که قابلیت اجرا در این مطالعه با در نظر گرفتن محدودیت‌ها داشته‌اند، به خود تخصیص می‌دهد که تحت عنوان مناطق کاملا مناسب شناخته می‌شوند.

۲) مناطقی که تحت عنوان مناطق مناسب درطبقه دوم قرار گرفتند محدوده‌ای بوده که تحت شرایطی خاص می‌تواند مورد توجه در این مطالعه باشد که ۳۲۵ کیلومتر مربع وسعت دارد.

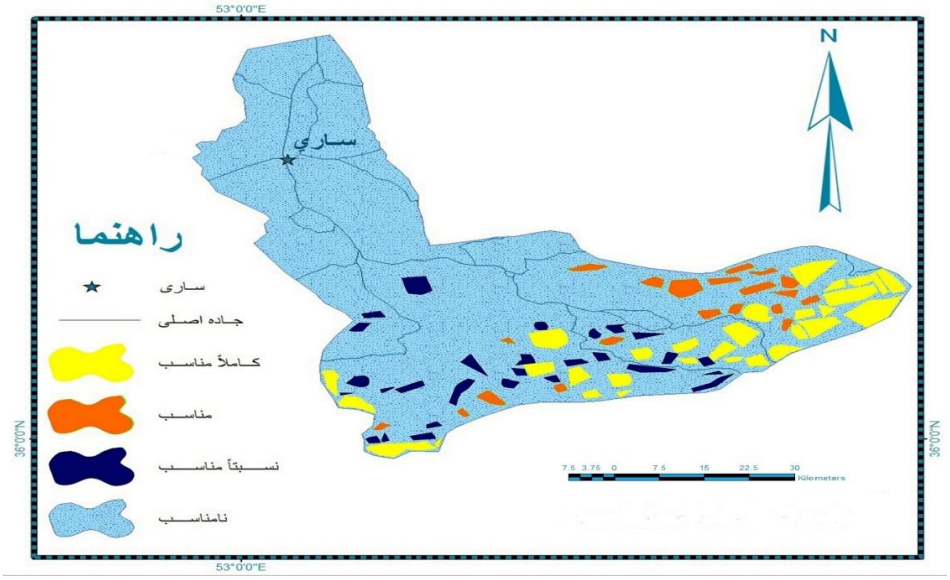
۳) طبقه سوم محدوده نسبتا مناسب این مطالعه را تشکیل می‌دهد و با وسعتی حدود ۳۲۲ کیلومتر مربع تحت همین عنوان شناسایی گردید.

۴) همانطور که در بخش قبل ذکر گردید در این تحقیق مناطقی وجود دارند که تحت هیچ شرایطی قابلیت مطالعه بر روی آن وجود ندارد. که طبقه چهارم به عنوان طبقه نامناسب با وسعت ۲۵۵۳ کیلومتر مربع شناخته می‌شود.

جدول ۳: وزن نهایی هر معیار بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

زمین‌شناسی	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	شیب	راه‌های دسترسی	فاصله از شهرها
۰/۰۸	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۸

(مآخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۵) ۰/۰۶ =نرخ ناسازگاری



شکل ۴: تصویر نهایی مناطق طبقه‌بندی شده جهت مکان‌یابی دفن پسماند شهر ساری

نتیجه گیری

در این تحقیق، شهرستان ساری بر اساس فرآیند تحلیلی سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت دفن زباله و پسماند شهر ساری مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت، همچنین مناطقی در راستای رسیدن به اهداف تحقیق معرفی گردیده است. نتایج تصمیم‌گیری با مسئله (تعداد معیارها، گزینه‌ها، و محدودیت‌ها) و میزان خطاهای موجود در داده‌ها و عدم قطعیت در ارتباط است. در مقایسه با دیگر مدلها، این مدل به ما اجازه می‌دهد تا ترکیبات انعطاف‌پذیری از نقشههای مورد نظر داشته باشیم و از طرف دیگر به دلیل ماهیت خطی، اجرای آن نیز زمان کوتاهی صرف می کند. نشانههای نقشه نیز می‌توانند به صورت ترکیبات مثبت یا اعداد حقیقی انتخاب شوند و محدودیت در دامنه اعداد وجود ندارد. با توجه به مسالهۀ تصمیم‌گیری مکانی، ارزیابی صحیح روش‌ها و انتخاب مناسب‌ترین مکان جهت اجرای پروژه با توجه به شرایط حال حاضر یکی از مسائل مهمی است که

پیش روی تصمیم گیران قرار دارد. در این مطالعه معیارهای مناسب با مطالعه تحقیقاتی پژوهشگران داخلی و خارجی و همچنین نظر کارشناسان تعیین گردید. پس از وزن‌دهی از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP جهت تلفیق لایه‌ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. مناطق شناسایی شده به عنوان مکان‌های بهینه نمی‌توانند کاملاً جامع باشند بنابراین فقط برای مطالعات تفصیلی و جامع‌تر معرفی می‌گردند. مناطق بهینه در طبقات سه و چهار که با توصیف مناسب و کاملاً مناسب می‌باشد مد نظر قرار گرفته است، این مناطق حدود ۸۲۰ کیلومتر مربع می‌باشند.

پیشنهادها

- در مکان‌های شناسایی شده، برای بررسی دقیق جهت استفاده، پیشنهاد می‌گردد که بازدید زمینی متخصصین و مسئولان محیط زیست شهر ساری از هر نظر، همچنین حفر گمانه‌های دستی و بررسی پروفیل خاک انجام گیرد.
- با توجه به محدود بودن منابع در کشور، مطالعات مربوط به بررسی مکان‌های مستعد با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و پیشنهاد برای ساخت کارخانه زباله‌سوز در یکی از این مکان‌ها برای تولید انرژی، به‌طور یقین در تمام شهرهای ایران مفید خواهد بود و نیز می‌توانیم این روش را در مناطق دیگر کشور جهت شناسایی مناطق مستعد برای مکان‌یابی محل دفن پسماندها تعمیم دهیم.
- می‌توان از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری مکانی استفاده نموده و نتایج را با نتیجه بدست آمده در این تحقیق مقایسه کرد.
- می‌توان بر اساس مطالعه انجام گرفته لایه‌های اطلاعاتی را به لایه‌های هزینه تبدیل کرده و مکان‌های مستعد را بر مبنای میزان هزینه مطالعه نمود.
- با توجه به موضوع مکان‌یابی محل دفن پسماند در بررسی‌های بیشتر را می‌توان از لایه‌های اطلاعاتی با مقیاس بزرگ‌تر و اخیراً با استفاده از داده‌های سنجش از دور (تصاویر ماهواره‌ای) با قدرت تفکیک بسیار بالا نتایج دقیق‌تری را بدست آورد.
- از روش سلسله مراتبی می‌توان در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های مکانی استفاده کرد، و نیز می‌توان از تلفیق با سایر روش‌های تصمیم‌سازی گروهی جهت مکان‌یابی در اُموری دیگر بهره برد.

منابع

۱- اصغرپور، م. ۱۳۸۵. تصمیم‌گیری چند معیاره. چاپ اول. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- حافظی، ن. ۱۳۸۶. مکان یابی دفن پسماندهای ویژه استان خراسان رضوی، پنجمین همایش زمین شناسی مهندسی و آلاینده های محیط زیست. شاهرود. دانشگاه صنعتی شاهرود.

۳- خراسانی، ن.ن.، مهردادی. ع.ا.، درویش‌صفت و ع.، شکرائی. ۱۳۸۳. مطالعات زیست‌محیطی در جهت انتخاب محل مناسب برای دفن زباله‌های شهر ساری، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۷ . شمارهٔ ۲.

۴- عطایی، محمد. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چند معیاره. شاهرود. انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.

۵- عظیمی حسینی، محمد. محمدهادی نظری‌فر. رضوانه مؤمنی. ۱۳۹۰. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی، تهران. انتشارات مهرگان قلم.

۶- فرجزاده، منوچهر. ۱۳۹۱. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی توریسم. انتشارات سمت.

۷- فولادبند، ف.م. نعمت‌اللهی. ر. محمدجانی. م. شیبانی. م. شیرانی. ۱۳۹۱. بیماری‌های واگیر، امور بهورزی معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی شیراز.

۸- ماهینی، عبدالرسول سلمان. عابدیان، سحر. علیزاده، افشین. خراسانی، نعمت‌اله. ۱۳۹۴. استفاده از الگوریتم کوتاهترین مسیر در مسیریابی شبکه جادهای در شهرستانهای کردکوی، بندرگز و گلوگاه. مجله آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی-پژوهشی دانشگاه گلستان،سال پنجم /شماره مسلسل پانزدهم.

۹- میرکتولی، جعفر. بارگاهی، رضا. عقیلی، سیده‌زهرا. ۱۳۹۳. تبیین ابعاد استفاده از هندسه فرکتال در تحلیلهای جغرافیا و برنامهریزی شهری. مجله آمایش جغرافیایی فضا، فصلنامه علمی - پژوهشی دانشگاه گلستان، سال چهارم / شماره مسلسل چهاردهم.

۱۰- ناصری، ح.م. خیرخواه زرکش. م.ج. عزیزخانی. ۱۳۸۶. تلفیق سامانه تصمیم گیری چند معیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی محل دفن پسماندهای ویژه با تأکید بر منابع آب. بیست‌وششمین گردهمایی علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی کشور.

11. Achillas C., Moussiopoulos N., and Karagiannidis A. 2013. The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: Aliterature review, Waste Manag, Res 31(2).
12. Allen, A.R., Brito, G., Caetano, P., Costa, C., Cummins, V.A., Donnelly, J., Fernandes, C., Koukoulas, K., O'Dennell V.A., Robalo, C. and Vendas, D. 2001. The Development of a GIS Model for the Location of landfill Sites in Ireland and Portugal, BGA Geoenvironmental
13. Allesch, A., and Brunner, P.H. 2014. Assessment methods for solid waste management:A literature review. Waste Manag, Res. 32(6).
14. Bask, S. 2006. Landfill site selection by using geographic information system, Environmental geology, 49.
15. Bogner, J.E., Spokas, K.A., Chanton, J.P. 2011. Seasonal greenhouse gas emissions (methane, carbon dioxide, nitrous oxide) from engineered landfills: daily, intermediate, and final California cover soils. Journal of Environ Qual 40(3).
16. Davari, M., Homaee, M., and Rahnemaie, R. 2015. An analytical deterministic model for simultaneous phytoremediation of Ni and Cd from contaminated soils. Environ Sci Pollut Res. doi:10.1007/s11356-014- 4032-z
17. Ekmekcioglu, M. and Kaya, T. and Kahraman, C. 2010. Fuzzy multicriteria disposal method and site selection for municipal solid waste, Waste Management Journal. No. 30.
18. Eskandari, M., Homaee, M., Mahmoodi, S., and Pazira, E. 2013. Integrating GIS and AHP for municipal solid waste landfill site selection. Journal of Basic Appl. Sci. Res. 3(4).
19. Gemitzia, A., Vassilios, A.T., Christouc, O., Petalasb, C. 2007. Use of GIS insisting stabilization pond facilities for domestic wastewater treatment, Journal of Environmental Management, 82(2).
20. Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., and Frizado, J.P. 2012. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: a case study using ordered weighted average. Waste Manag, 32.
21. Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L., and Lijun, C. 2009. Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, Journal of Environmental Management, China.
22. Kim, K.R., and Owens, G. 2010. Potential for enhanced phytoremediation of landfills using biosolids, a review. Journal of Environ Manag, 91(4).
23. Kontos, T., Komilis, D.P., Halvadakis, C.P. 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. Waste Manag, 25.
24. Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., Darvishsefat, A. and zienalyan, M. 2010. "Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (Case study: Karaj) ,Waste Management Journal .30: 912– 920.
25. Nas, B., Cay, T., Iscan, F., and Berktay, A, 2010. Selection of MSW landfill site for Konya, Turkey using GIS and multi-criteria evaluation. Environ Monit Assess 160.
26. Ratnapriya, E.A.S.K. and De Silva, R.P. 2009. Location Optimization of Wastewater Treatment Plants using GIS: A Case Study in Upper Mahaweli Catchment Sri Lanka case, Applied Geoinformatics for Society and Environment, Stuttgart University of Applied Sciences.
27. Saaty, T L. 1980. The analytic hierarchy process, New York, McGraw-Hill
28. Sener, S., Sener, E., Nas, B. and Karaguzel R. 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: Acase study in the Lake Beysehir catchment area, Konya, Turkey, Journal of Waste Management, No. 30.

29. Velis, C.A. and Brunner, P.H. 2013. Recycling and resource efficiency: It is timefor a change from quantity to quality. Waste Manag Res. 31(6).
30. Yesilnacar, M. and Cetin, H. 2005. Site selection for hazardous Waste: A case study from the Gap area, Engineering geology, 81, Turkey.
31. www.khabaronline.ir
32. www.tabnak.ir