مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته
تابستان ۹۸، دوره۹، شماره ۲

مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهرهای جنوبی استان خوزستان با استفاده از منطق فازی و تحلیل سلسله مراتبی

مجید چابک

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

عباس عساکره

گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

هوشنگ بهرامی

گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

نعمت الله جعفرزاده حقیقی فرد

مرکز تحقیقات فناوریهای محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش : ۱۳۹۸/ ۰۳/ ۳۱

bahrami16@scu.ac.ir

چکیده

دفن غیربهداشتی پسماند جامد شهری و اثرات منفی زیست‌محیطی آن، موجب شده که روش‌های علمی و صحیح، جایگزین روش‌های سنتی شوند. یکی از مهم‌ترین مراحل دفن بهداشتی پسماندها انتخاب مکان مناسب است، به طوری که اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی حداقل شود. هدف از این مطالعه تعیین مکان مناسب جهت دفن پسماند جامد شهرهای شهرستان‌های خرمشهر، آبادان، شادگان و ماهشهر است. عوامل تأثیرگذار در سه شاخص زیست‌محیطی (آب‌های سطحی، سواحل دریا، مناطق حساس و حفاظت شده، گسل، کاربری اراضی و شرایط اقلیمی)، اجتماعی (سکونتگاه‌ها، مراکز تجاری، صنعتی، تفریحی و تاریخی، راه‌آهن و فرودگاه‌ها) و اقتصادی (دسترسی به جاده و مکان دفن، شیب زمین) بررسی شدند. برای تحلیل و ادغام شاخص‌ها از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی همراه با ارزش‌گذاری فازی معیارها و شاخص‌ها استفاده گردید. نتایج نشان داد که بخش وسیعی از منطقه برای دفن نامناسب است. منطقه به خصوص از نظر زیست‌محیطی جهت دفن زباله شهری بسیار حساس است و انتخاب مکان دفن باید با دقت و بررسی زیادی انجام شود. در نهایت نقشه مکان‌های مناسب جهت دفن زباله بر اساس ارزش عضویت فازی تهیه گردید که می‌تواند در راستای مدیریت مؤثر و کاربردی پسماند شهری مفید باشد.

کلمات کلیدی: *پسماند جامد شهری، خوزستان، عوامل اجتماعی، عوامل اقتصادی، منطق فازی*

مقدمه

مدیریت ضایعات یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی در جوامع انسانی است که در صورت عدم اعمال درست آن، تولید ضایعات به سرعت موجب آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی، خاک و هوا می‌شود. زباله‌های شهری از مهم‌ترین ضایعات فعالیت‌های انسانی هستند که مدیریت آن‌ها به یکی از چالش‌های مهم در کشورهای در حال توسعه تبدیل شده است (Jara-Samaniego et al., 2017). رشد جمعیت، رشد اقتصادی، افزایش شهرنشینی و اساساً شیوه جدید زندگی انسان‌ها باعث تغییر الگوی مصرف و افزایش میزان پسماند تولیدی و در نتیجه آن ایجاد مشکلات زیست‌محیطی فراوان شده است، به گونه‌ای که یکی از مشکلات زیست‌محیطی که امروزه در سطح جهان مطرح می‌شود، تولید زیاد پسماند است (Guerrero et al., 2013).

در کشورهای در حال توسعه جمعیت در حال رشد و افزایش فعالیت‌های بشری، پدیده شهرنشینی را به سرعت افزایش داده است. توسعه سریع شهرنشینی موجب شده است که بسیاری از شهرها با کمبود زیرساخت‌ها مواجه شوند. ضایعات و زباله‌های خانگی، تجاری، صنعتی و سایر ضایعات موجب مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی می‌شوند که مدیریت ضعیف موجب تشدید آن‌ها خواهد شد (Sumathi et al., 2008). همچنین کمبود منابع مالی و مدیریت ضعیف زباله و پسماند شهری در کشورهای جهان سوم، اثرات سوء زیست‌محیطی پسماند شهری را افزایش داده است (Jara-Samaniego et al., 2017).

در سال‌های اخیر توجه زیادی به کاهش تولید زباله در مبدأ و یا بازیافت و استفاده مجدد از پسماند در جوامع پیشرفته شده است که این امر مشکلات پسماندهای شهری را به میزان زیادی کاهش داده است. با این وجود در جوامع در حال توسعه همچنان مشکلات مربوط به پسماند و زباله‌ها به عنوان یکی از معضلات اساسی مطرح است. البته وجود مشکلات زیست‌محیطی از این دست، به معنای مبرا بودن سایر کشورهای توسعه یافته از پیامدهای آن نیست چرا که مشکلات زیست‌محیطی، مشکلاتی جهانی‌اند (ثلاثی، ۱۳۹۰). با وجود بازیافت و استفاده مجدد از زباله، روش دفن و دفع زباله هنوز یکی از روش‌های مهم مدیریت

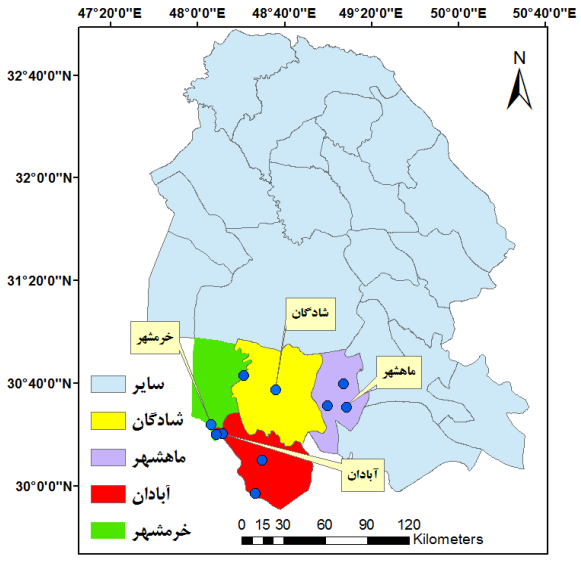
ضایعات جامد شهری است (Al-Jarrah and Abu-Qdais, 2006) و توجه شهرداری‌ها را بیش از سایر مسائل به خود مشغول کرده است. مشکلات ناشی از دفن غیربهداشتی مواد زائد و اثرات منفی زیست‌محیطی آن، به ویژه پسماندهای شهری و صنعتی موجب شده که در عصر حاضر روش‌های علمی و صحیح، جایگزین روش‌های سنتی شوند. دفن بهداشتی پسماندها در حفظ بهداشت هر منطقه بسیار مؤثر است. یکی از مهم‌ترین مراحل دفن بهداشتی پسماندها انتخاب مکان مناسب است به طوری که اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی حداقل شود (حیدرزاده، ۱۳۸۲). هر چند در کشور ایران، دفن، به عنوان سهل‌الوصول‌ترین و ارزان‌ترین گزینه‌ی مدیریت مواد زائد، همواره مورد توجه بوده است، ولی دفن مواد زائد جامد شهری در اغلب شهرهای ایران به صورت بهداشتی انجام نمی‌شود و در اکثر موارد، محل‌های دفن در واقع به صورت گودال‌های کنترل نشده یا محل تلنبار زباله درآمده‌اند (اسکندری و همکاران، ۱۳۹۲ و صفایی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴).

در انتخاب مکان مناسب دفن زباله معیارها، ضوابط، قوانین و محدودیت‌های مختلفی دخالت دارند که این امر موجب شده است تصمیم‌گیران از روش‌ها و ابزارهایی استفاده کنند که علاوه بر دقت و سرعت بالا، توانایی مدیریت و ذخیره حجم زیاد اطلاعات و ادغام معیارهای مختلف را داشته باشند. برای انتخاب محل دفن مناسب زباله داده‌های مکانی زیادی تجزیه و تحلیل شوند (Chang et al., 2008). در مطالعات و تحقیقات صورت گرفته برای پیدا کردن مکان مناسب دفن زباله، تکنیک‌های مختلفی استفاده شده است. در زمینهٔ مکان‌یابی دفن زباله در خارج و داخل کشور، مطالعات فراوان است. در اکثر آن‌ها از ترکیب سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) استفاده شده است (Kahraman et al., 2018; Rahmat et al., 2017; Ramjeawon and Beerachee, 2008; Eskandari et al., 2015; Uyan, 2014; Shahabi et al., 2014; Kumar and Mohammad, 2013; Gorsevski et al., 2012; Alavi et al., 2013; Sener et al.,2010; Melo et al., 2006; فیروزی و همکاران، ۱۳۹۰، صیحانی و همکاران، ۱۳۹۰، هادیانی و همکاران، ۱۳۹۱، یمانی و علی زاده، ۱۳۹۴، نیک زاد و همکاران، ۱۳۹۳ و پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶). ترکیب GIS و MCDM ابزار قدرتمندی جهت تعیین مناسب‌ترین محل برای مکان دفن زباله است (Sener et al.,2010). انتخاب محل دفن مناسب برای پسماند، مهم‌ترین مرحله در مدیریت مواد زائد است. انتخاب مکان نامناسب سبب آلودگی آب، خاک و هوای منطقه می‌شود. هدف نهایی در مکان‌یابی دفن زباله، یافتن مکانی با کمترین اثرات سوء بر محیط زیست و منابع طبیعی اطراف و از نظر اقتصادی کم‌هزینه‌ترین و از دید مهندسی با بهترین ویژگی است (معتمدی و همکاران، ۱۳۹۳). هدف از این مطالعه تعیین مکان مناسب جهت دفع و دفن پسماندهای و زباله‌های جامد شهرهای شهرستان‌های خرمشهر، آبادان، شادگان و ماهشهر است که به دلیل شرایط خاص آن‌ها، دفع و دفن پسماندهای شهری آن‌ها مشکلاتی زیادی را برای محیط زیست، بهداشت انسانی و مناظر و جنبه‌های دیداری ایجاد کرده است.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل چهار شهرستان آبادان، خرمشهر، شادگان و ماهشهر است که در جنوب و جنوب غربی استان خوزستان قرار دارند (شکل۱). شهرستان خرمشهر در منتهی‌الیه جنوب غربی کشور و استان خوزستان قرار دارد و نزدیک به ۹۰ کیلومتر با کشور عراق مرز مشترک دارد. شهر خرمشهر (مرکز شهرستان) در محل تلاقی رودخانه‌های اروندرود و کارون و در ناحیه‌ای باتلاقی و پست در دلتای رودخانه اروندرود قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از دریا حدود پنج متر است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۱۷۰۹۷۶ نفر بوده است که ۷۹/۱۵ درصد آن را جمعیت شهری تشکیل می‌دهد. شهرستان آبادان یکی مهم‌ترین شهرستان‌های جنوب غرب کشور و استان خوزستان است. این شهرستان جزیره است که بین دو تا پنج متر از سطح دریا ارتفاع دارد. بر اساس سرشماری نفوس در سال ۱۳۷۵ جمعیت کل شهرستان آبادان ۲۵۲۰۴۷ نفر بوده است که از این مقدار ۸۴/۲۹ درصد در نقاط شهری و ۱۵/۷۱ درصد در نقاط روستایی سکونت داشته‌اند. در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهرستان به ۲۹۸۰۹۰ نفر رسیده است که ۸۴/۰۵ درصد در نقاط شهری ساکن بودند. از دیگر شهرهای این شهرستان شهر چویبده، مینوشهر و اروندکنار می‌باشند که در این مطالعه نیز در نظر گرفته شدند. شهرستان شادگان از شمال غربی به شهرستان اهواز و از شرق به شهرستان ماهشهر و از غرب به شهرستان خرمشهر و از جنوب شرقی به خلیج فارس و از جنوب به شهرستان آبادان محدود می‌باشد. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهرستان ۱۳۸۴۸۰ نفر بوده است که ۳۲/۰۰ درصد آن‌ها در نقاط شهری ساکن هستند. شهر دارخوین نیز در شهرستان شادگان قرار دارد که جهت رسم لایه‌ها و معیارهای اجتماعی در نظر گرفته شد. چهارمین شهرستان منطقه مورد مطالعه شامل شهرستان ماهشهر با جمعیت ۲۹۶،۲۷۱ نفری است (۹۲/۷۰ درصد در نقاط شهری ساکن هستند). از دیگر شهرهای این شهرستان که در این مطالعه بررسی شدند، شهر بندر امام خمینی و شهر شهید چمران هستند. میانگین دمای سالیانه در چهار شهرستان‌های تفاوت چندانی ندارد به طوری که برای خرمشهر و آبادان ۲۶/۱، ماهشهر ۲۶/۰ و شادگان ۲۶/۶ درجه سلسیوس است. میانگین بارندگی سالیانه در ۱۰ سال منتهی به سال ۱۳۹۶ در شهرستان آبادان و خرمشهر ۱۱۱/۹، در شادگان ۱۳۷/۹ و در ماهشهر ۱۶۸/۴ میلی‌متر بوده است (بی‌نام، ۱۳۹۷).



شکل۱- موقعیت منطقه و شهرستان‌های مورد مطالعه.

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت، تغییر فرهنگ مصرف و افزایش استانداردهای سطح زندگی موجب افزایش تولید زباله در شهرهای مورد مطالعه و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی شده است. شرایط خاص منطقه نیز موجب شده است که نسبت به دفن و دفع زباله بسیار حساس باشد.

به دلیل بالا بودن سطح آب‌های زیرزمینی در شهرستان‌های مورد مطالعه، به طور کلی روش دفن به صورت روش فوکوئوکا می‌باشد. فوکوئوکا یک روش دفن ژاپنی است که از نام یکی از شهرهای ژاپن گرفته شده است. این روش در مکان هایی که سطح آب زیرزمینی بالا و بحث محدودیت زمین هم مطرح باشد، استفاده می‌گردد. شیوهٔ دفن در این روش به این صورت است که پس از احداث ایمن سلول‌ها، پسماندهای شهری به سلول‌ها وارد و فشرده می‌شوند. دفن پسماند به ارتفاع دو متر و ضخامت ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر صورت می‌گیرد. این روند تا رسیدن به ارتفاع نهایی انجام می‌گردد. سپس روی محل دفن به ضخامت ۶۰ سانتی‌متر خاک ریخته می‌شود؛ که بعدها از آن به عنوان پارک و محل‌های گردشگری استفاده شود (حسن دوست و صفارزاده، ۱۳۸۹).

از دیگر مشکلات موجود در محل‌های دفنی که سطح آب‌های زیرزمینی به سطح زمین نزدیک است، نفوذ شیرابه به درون آب‌های زیرزمینی است که در این روش با در نظر گرفتن سیستم هدایت شیرابه در کف سلول دفن و جمع‌آوری آن‌ها در مخزن نگهداری شیرابه در انتهای سلول، این مشکل مرتفع می‌گردد. شیرابه جمع‌آوری شده پس از چندین مرحله بازچرخش در سلول و هوادهی، درصد عمده‌ای از آلودگی و بار میکروبی خود را از دست می‌دهد و به مرور زمان باقیمانده شیرابه در هوای آزاد تبخیر شده و اثر نامطلوب خود را بر محیط زیست نخواهد داشت. اجرای بی‌نقص این روش دفن پسماند نیاز به مجموعه‌ای از مطالعات دقیق دارد که باید شامل مطالعهٔ نوع پسماند و همچنین پیاده‌سازی و هدایت صحیح پروژه باشد. در غیر این صورت دفن غیراصولی منجر به مشکلات جدی زیست‌محیطی و انسانی خواهد شد. با توجه به بالا بودن سطح آب زیرزمینی در منطقهٔ مورد مطالعه و مشخصات فیزیکی و ساختمانی خاک در این منطقه که می‌تواند منجر به رواناب‌های بسیار شود، انتخاب روش فوکوئوکا می‌توانسته انتخابی صحیح باشد اما این انتخاب تنها در صورتی می‌تواند به صلاح محیط و جوامع پیرامونی باشد که به طور صحیح نیز پیاده‌سازی، استفاده و نگهداری شود. متأسفانه، در بازدید مستقیمی که از سایت‌های فعلی دفن پسماند در منطقه مورد مطالعه انجام شد، ملاحظه گردید، دفن پسماند در اکثر این سایت‌ها به هیچ عنوان اصولی و صحیح انجام نگرفته و نمی‌گیرد (شکل۲) و نیاز به تجدیدنظر جدی هم نسبت به مکان سایت فعلی با توجه به مشکلات عمده‌ای که برای ساکنان پیرامونی ایجاد کرده است و هم نسبت به نحوهٔ پیاده‌سازی سیستم دفن و پردازش مواد پسماند محسوس است.

شکل۲- تصاویر گرفته شده از سایت‌های دفن پسماند.

شاخص‌ها و معیارهای انتخاب مکان دفن

نقشه‌های رقومی و داده‌ها از سازمان‌ها و نهادهای مختلف (سازمان نقشه‌برداری کشور، اداره محیط زیست خوزستان، سازمان آب برق خوزستان، منابع طبیعی خوزستان، سازمان زمین‌شناسی کشور و مرکز آمار کشور) تهیه گردید. در این مطالعه عوامل بر اساس ضوابط اعلام شده از سوی سازمان‌های قانون‌گذار (قوانین و مقررات موجود) و مطالعات و منابع گذشته، شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه و نظر کارشناسان در سه دسته عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفتند. در واقع مکان مناسب باید طوری باشد که خطر برای سلامتی و بهداشت انسان و اثرات احتمالی به محیط زیست را به حداقل برساند و هزینه‌ها را حداقل کند (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶). آب‌های سطحی، سواحل دریا، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، مناطق حفاظت شده، گسل و مناطق لرزه‌خیز، سازهای هیدرولیکی و اراضی سیل‌خیز در قالب عوامل زیست‌محیطی، فاصله از مناطق مسکونی، تجاری و توسعه آتی، صنایع و معادن، فاصله تا مناطق گردشگری، تفریحی و تاریخی، آموزشی، درمانی و راه‌آهن در قالب عوامل اجتماعی و دسترسی به محل دفن زباله و نزدیکی به جاده و شیب زمین در قالب عوامل اقتصادی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. روشن است که این شاخص‌ها به طور قطعی و کامل مناسب‌ترین مکان دفع و دفن پسماند جامد شهری را تعیین نمی‌کنند ولی می‌توانند دید کلی از منطقه جهت مکان‌یابی مناسب دفن زباله و بررسی میدانی نهایی را نشان دهند.

از آنجایی که عوامل مختلفی در انتخاب مکان مناسب دفن زباله دخالت دارند استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند بسیار مفید باشد. یکی از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره روش تحلیل سلسله مراتبی است که کاربرد فراوانی دارد. این روش بر اساس مقایسات زوجی استوار است (قدسی‌پور، ۱۳۹۲). استفاده ترکیبی از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، ابزاری جهت انتخاب آسان و دقیق مکان‌یابی مناسب را فراهم می‌کند. این ترکیب، معمولاً مناسب بودن یک مکان جهت اجرای یک فعالیت را با خطرها و ضررهای مختلف بالقوه اجرای آن در مکان مورد نظر، ارزیابی می‌کند. با این وجود استفاده از اعداد صریح، با وجود استفاده از دانش متخصصان، هنوز به طور کامل نمی‌تواند تفکر و اندیشه بشر را نشان دهد. این در صورتی است که استفاده از منطق و اعداد فازی به دلیل ماهیت ارزش فاصله‌شان نسبت به اعداد ساده، می‌تواند تفکر بشری را بهتر منعکس کنند. کاربرد نظریه مجموعه‌های فازی در مسائل تصمیم‌گیری یکی از مهم‌ترین و کارآمدترین کاربردهای این تئوری در مقایسه با تئوری مجموعه‌های کلاسیک می‌باشد، چرا که مسائل تصمیم‌گیری بیش از هر مسئله دیگر وابسته به ذهن و دانش بشر می‌باشد. در این مطالعه از منطق و توابع عضویت فازی برای امتیازدهی به مناطق مختلف، جهت دفن زباله استفاده شد. در این روش، به هر مکان و نقطه از نظر شاخص‌های مختلف بر اساس تابع عضویت، ارزشی از صفر تا یک اختصاص داده می‌شود که ارزش صفر غیرقابل استفاده بودن را نشان می‌دهد و با افزایش ارزش، تناسب نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد تا به یک برسد که مناسب‌ترین حالت یا بدون هیچ‌گونه محدودیت برای دفن پسماندهای جامد شهری است. این در حالی است که در مجموعه‌های کلاسیک هر مکان تنها به دو بخش قابل استفاده (مناسب) و غیرقابل استفاده (نامناسب) تقسیم می‌شود.

در این مطالعه از ۲۶ کارشناس سازمان محیط زیست خوزستان، سازمان مدیریت پسماند شهرهای مورد مطالعه، اساتید دانشگاه‌ها در گروه‌های بهداشت محیط، جغرافیا و علوم زمین (از طریق پرسشنامه) جهت مقایسات زوجی و به دست آوردن وزن شاخص‌ها و عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری استفاده گردید. از میانگین هندسی برای جمع‌بندی نظرات کارشناسان استفاده شد. محاسبات روش تحلیل سلسله مراتبی با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس (Expert Choice) نسخه ۲۰۰۰ انجام گرفت. از نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰,۳,۱ برای تهیه نقشه‌ها، لایه‌ها و انجام محاسبات و تحلیل‌های جغرافیایی و مکانی استفاده گردید.

شاخص‌های زیست‌محیطی

شاخص‌های زیست‌محیطی در نظر گرفته شده در این مطالعه شامل فاصله از منابع آب سطحی، ساحل دریا، کاربری و پوشش زمین، مناطق حفاظت شده و اکوسیستم‌های حساس، زمین‌شناختی، گسل و مناطق لرزه‌خیز است.

منابع آب‌های سطحی

از آنجایی که دفن زباله موجب ایجاد شیرابه و گازهای مضری می‌شوند، مکان دفن زباله و پسماندهای جامد شهری باید از منابع آب سطحی دور باشد. منابع آبی به عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای انتخاب مکان مناسب دفن یا دفع زباله است (Sener et al., 2010). وجود رودخانه‌های بزرگ که منبع اصلی تأمین آب کشاورزی در منطقه‌اند و تالاب‌ها، دریا و خورها که منشأ فعالیت‌های اقتصادی بسیاری از مردم و حیات وحش بسیاری از جانوران است، حساسیت منطقه از نظر زیست‌محیطی را به شدت افزایش داده است. همچنین وجود زمین‌های وسیع در معرض سیل بر اهمیت این معیار افزوده است. طبق ضوابط زیست‌محیطی کشور، مکان دفع پسماندهای شهری نباید در مسیر و حریم رودخانه‌های فصلی و دائمی، مسیل‌ها و آبراهه‌های منتهی به رودخانه‌ها واقع شوند. همچنین تالاب‌ها، باتلاق‌ها، دریاچه‌ها، دریاها و برکه‌ها و موارد مشابه جهت دفع و دفن پسماند ممنوع هستند. در مطالعات انجام شده قبلی حداقل فاصله‌های مختلفی مانند ۱۰۰ متر (Sumathi et al., 2008)، ۵۰۰ متر (Demesouka et al., 2013)، ۶۰۰ متر (Adeli and Khorshiddoust, 2011) و یک کیلومتر (Effat and Hegazy, 2012) از عوامل یاد شده در نظر گرفته شده است.

بر اساس ضوابط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (مصوب سال ۱۳۸۰) باید حداقل ۱۰۰ متر محدوده بافر برای آب‌های سطحی در نظر گرفته شود، ولی طبق ضوابط زیست محیطی سازمان محیط زیست کشور (مصوب سال ۱۳۸۳) محل دفن باید حداقل یک کیلومتر با مناطق یاد شده و سازه‌های هیدرولیکی فاصله داشته باشد (بی‌نام، ۱۳۸۳). بنابراین کل مناطقی که در این فاصله قرار می‌گیرند دارای ارزش صفر بوده و جهت انتخاب محل دفن زباله غیرقابل استفاده خواهند بود. فواصل و محدوده‌های در نظر گرفته شده در برخی از مطالعات در جدول ۱ بیان شده است. برای منابع آب‌های سطحی، سواحل دریا، تالاب و نیزارهای اطراف آن و اراضی در معرض سیل با توجه به مطالعات صورت گرفته و ویژگی و شرایط منطقه و نظر کارشناسان توابع عضویت فازی تهیه گردید (شکل ۳). طبق ضوابط زیست‌محیطی محل دفن و یا دفع زباله باید خارج از محدوده سیلاب با دوره ۱۰۰ ساله باشد و حداقل یک کیلومتر با آن فاصله داشته باشد (بی‌نام، ۱۳۸۳).

جدول۱- محدوده عوامل و شاخص‌های زیست‌محیطی انتخاب مکان دفن زباله در مطالعات انجام شده.

عوامل	محدوده یا فاصله
رودخانه	حداقل ۸۰۰ متر (Siddiqui et al., 1996)، حداقل ۱۸۰ متر (Zeiss and Lefsrud, 1995)، حداقل ۲-۳ km (Lin and Kao, 1999)، حداقل ۶۰۰ متر (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، حداقل ۱۰۰ متر (Sumathi et al., 2008)، حداقل ۵۰۰ متر (Demesouka et al., 2013)، ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر با ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، km ۰/۵>نامناسب، ۰/۵-۶ km کمترین تناسب، ۶-۱۲ km کمی مناسب، ۱۲-۱۹ km مناسب، ۱۹< کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۵۰۰ m امتیاز ۱، ۰/۵-۱ km امتیاز ۲، ۱-۱/۵ km امتیاز ۳، ۱/۵ -۲ km امتیاز ۴ و بیش از ۲ km امتیاز ۵ (Guiqin et al., 2009)، حداقل ۳۰۰ متر (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۱۰۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)، حداقل ۲۱۳ متر (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶)
گسل	حداقل ۱۰۰ متر (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، km ۱> نامناسب، ۱-۵ km کمترین تناسب، ۵-۱۰ kmمناسب، km ۱۰< کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، حداقل ۶۰ متر (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۸۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)
تالاب	حداقل ۶۰۰ متر (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، حداقل ۲۰۰ متر (Sumathi et al., 2008)، حداقل ۵۰۰ متر (Demesouka et al., 2013)، m۵۰۰ امتیاز ۱، ۰/۵-۱ km امتیاز ۲، ۱-۱/۵ امتیاز ۳، ۱/۵-۲ km امتیاز ۴ و بیش از ۲ امتیاز ۵ (Guiqin et al., 2009)، km۱> نامناسب، ۱-۲۸ km کمی مناسب، ۲۸-۵۷ km مناسب، ۵۷ km< کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، حداقل ۳۰۰ متر (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۱۰۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)
منطقه سیل‌خیز	سیل‌خیز با دوره ۱۰۰ بازگشت ساله غیرقابل استفاده (Adeli and Khorshiddoust, 2011; Moeinaddini et al., 2010)، ۵۰۰ m امتیاز ۱، ۰/۵-۱ km امتیاز۲، ۱-۱/۵km امتیاز ۳، ۱/۵-۲ km امتیاز ۴ و بیش از ۲ km امتیاز ۵ (Guiqin et al., 2009)، حداقل ۲۰ متر (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶)
کاربری اراضی	مرداب و جنگل غیرقابل استفاده (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۱۰۰ متر از اراضی کشاورزی (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۰)
ساحل دریا	km۱>نامناسب، ۱-۵ km کمی مناسب، ۵-۱۰ km مناسب، بیش از ۱۰ کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، حداقل ۳ km (Demesouka et al., 2013)،
حفاظت شده	محدوده حفاظت شده غیرقابل استفاده (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، km۱>نامناسب، ۱-۵ km کمی مناسب، ۵-۱۰ km مناسب، بیش از ۱۰ km کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، حداقل ۳۰۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)، حداقل ۱۸۶۶ متر (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶)
عمق آب‌های زیرزمینی	حداقل ۱۰ متر (افضلی و همکاران، ۲۰۱۴)، حداقل ۵ متر (Arkoc, 2014)، حداقل ۲۰۰ متر (Uyan, 2014)، حداقل ۶ متر (Effat and Hegazy, 2012)، بیش از ۱۰ متر (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، بیش از ۱۵ متر (Moeinaddini et al., 2010)، حداقل ۲۵۰ متر (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)
نفوذپذیری خاک	نفوذپذیری در پنج کلاس از 10^{-7} تا 10^{-2} m/s (Arkoc, 2014)، کمتر ۱ cm/s کمترین تناسب و بیش از 10^{-5} cm/s بیشترین تناسب (Effat and Hegazy, 2012)، کمتر از 10^{-9} m/s (Kallergis, 2000)،

گسل و مناطق لرزه‌خیز

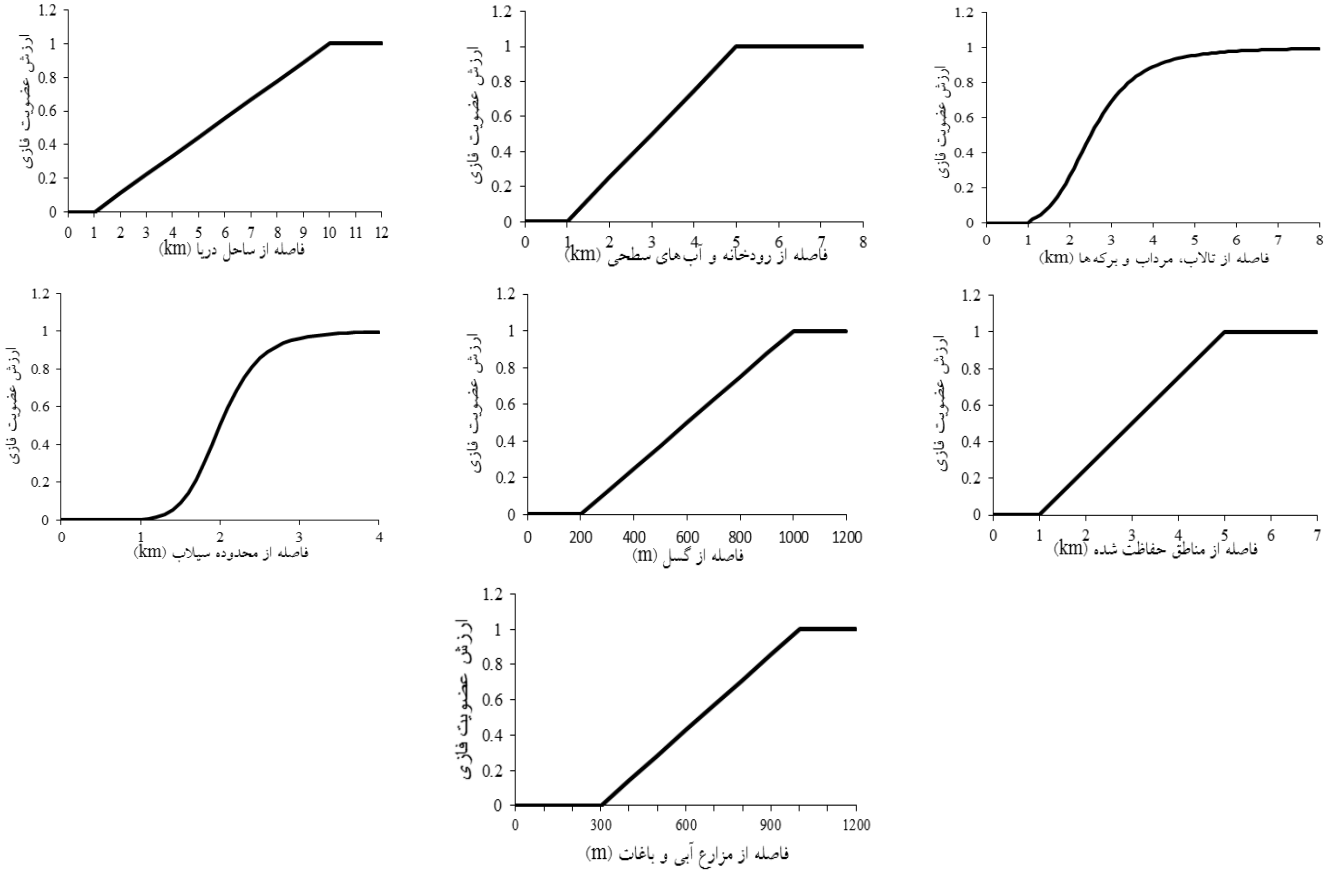
گسل از پارامترهای خطی زمین‌شناسی مهم محسوب می‌شود که حفظ حریم مشخص به هدف دفن پسماند ضروری است. بالاتر بودن احتمال وقوع لغزش‌ها و نیز نفوذپذیری بالای حاشیه گسل‌ها از موارد مهم در ایجاد حریم ممنوعه برای این پارامتر می‌باشد (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015). بر اساس ضوابط زیست محیطی دفن پسماند عادی کشور، دفن یا دفع پسماند و زباله در مسیر و حریم گسل‌ها ممنوع است و باید حداقل ۲۰۰ متر با مناطق قابل پیش‌بینی برای خطرات زمین‌لرزه فاصله داشته باشد. در مطالعات انجام شده فاصله‌های مختلفی از گسل‌ها در نظر گرفته شده است که در (جدول۱) نشان داده شده است.

مناطق حفاظت شده

مناطق حفاظت شده از اکوسیستم‌های حساس بوده که نباید در معرض آلودگی و تخریب قرار بگیرند (Feo and Gisi, 2014). طبق قوانین زیست‌محیطی کشور محل دفن یا دفع پسماند جامد شهری نباید در محدوده حفاظت شده باشد و حداقل یک کیلومتر با آن فاصله داشته باشد. پناهگاه حیات وحش شادگان که شامل تالاب شادگان و بخش‌های دیگری مانند خورها است، محدوده محافظت شده در منطقه مورد مطالعه است. تابع عضویت فازی از نظر محدودیت وجود مناطق حفاظت شده بر اساس قوانین، مطالعات انجام شده (جدول۱)، شرایط منطقه و نظر کارشناسان تهیه گردید (شکل۳).

کاربری اراضی

کاربری اراضی منطقه شامل اراضی زراعی آبی و دیم، باغات، بیرون‌زدگی‌های سنگی، سطوح آبی (خورها)، باتلاق و تالاب، جنگل مصنوعی، مراتع کم تراکم، نیمه متراکم و متراکم، رودخانه‌ها، نیزارهای حاشیه تالاب‌ها و باتلاق‌ها، بیشه‌زار و درختچه‌زار، اراضی شور و نمک زار، مناطق مسکونی و تأسیسات دست بشر می‌باشد. رودخانه‌ها، سطوح آبی، تالاب‌ها و نیزارها در قسمت منابع آبی مورد بررسی قرار گرفتند. مناطق مسکونی، کارگاه‌ها، تأسیسات خدماتی و صنعتی (مانند بیمارستان، مراکز درمانی، بیمارستانی، مراکز صنعتی و تجاری) به عنوان معیارهای اجتماعی و سایر کاربری‌ها در معیار کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفتند. به دلیل کمبود مراتع و فقر منطقه از این نظر، مراتع متراکم به عنوان مناطق نامناسب برای دفن زباله در نظر گرفته شدند و ارزش فازی صفر به آن‌ها اختصاص داده شد. اراضی بدون استفاده و بایر، اراضی با پوشش گیاهی کم و اراضی دیم به دلیل عدم تولید محصول جهت دفن و دفع زباله شهری مناسب در نظر گرفته شدند. زراعت آبی و باغات از مهم‌ترین کاربری‌های اراضی در منطقه می‌باشند که بر اساس فواصل در نظر گرفته شده در مطالعات قبلی و نظر کارشناسان، تابع عضویت فازی از نظر محدودیت نزدیکی به آن‌ها تهیه گردید (شکل۳).



شکل۳- توابع عضویت فازی عوامل و شاخص‌های زیست‌محیطی.

عمق آب‌های زیرزمینی و نفوذپذیری خاک

در ملاحظات مربوط به طراحی مکان دفن زباله، مطالعه و بررسی عمق آب‌های زیرزمینی و نفوذپذیری خاک از ضرورت‌های اولیه به شمار می‌آید. عمده‌ترین مشکل گودال‌های دفن زباله، مسئله آلودگی آب‌های زیرزمینی در اثر نفوذ شیرابه است. در این محل‌ها، آب‌های سطحی به تدریج برخی مواد زائد را در خود حل کرده و با شیرابه زباله‌ها مخلوط می‌شوند که در نتیجه آن مایعی بسیار آلوده تشکیل می‌گردد (Arkoc, 2014; Ohri et al., 2015; Kahraman et al., 2018). بر اساس ضوابط زیست‌محیطی کشور، محل دفن نباید در منطقه‌ای انتخاب شود که در آن، سطح آب زیرزمینی در ۱۰ سال گذشته در عمق کمتر از پنج متر بوده باشد و گودبرداری باید به گونه‌ای باشد که پایین‌ترین بخش محل دفن با آب‌های زیرزمینی در درازمدت منطقه حداقل دو متر فاصله داشته باشد. متأسفانه نقشه سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی و نفوذپذیری خاک در دسترس نبود ولی بررسی چاه‌های پیزومتری حفر شده در منطقه مورد مطالعه نشان داد که عمق آب‌های زیرزمینی منطقه بسیار کم است و حداقل‌های ضوابط زیست‌محیطی را برآورد نمی‌کند. به همین دلیل است که روش دفن در منطقه روش فوکوئوکا می‌باشد. همان طور که قبلاً بیان شد، این روش مناسب مناطقی است که سطح ایستایی آب زیرزمینی بالا است و در صورت اجرای صحیح تا حدودی مشکلی از نظر آلودگی آب‌های زیرزمینی ایجاد نمی‌شود.

مطالعهٔ زمین‌شناسی منطقه با هدف انتخاب بهترین بستر که کمترین نفوذپذیری را داشته باشند صورت می‌گیرد (خسروی و اشجعی، ۱۳۹۶). شرایط ایدئال سنگ‌بستر جهت انتخاب محل دفن پسماند هنگامی است که درز و شکاف آن حداقل و نفوذپذیری آن کم باشد تا از نفوذ شیرابه به آب‌های زیرزمینی و محیط اطراف جلوگیری شود. کل منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی شامل ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید و کم ارتفاع هست و اختلافی در منطقه وجود ندارد. بنابراین این عامل در منطقه نمی‌تواند تمایز کننده باشد.

دانه‌بندی خاک منطقه در انتخاب محل دفن بسیار مهم است زیرا نسبت درصد اندازه ذرات، تعیین‌کننده‌ی ویژگی تراوایی خاک می‌باشد. به این معنا که هرچه درصد شن در ساختار خاک منطقه بیشتر باشد، میزان نفوذپذیری آن بیشتر می‌گردد و در مقابل افزایش درصد رس در خاک نه تنها از میزان نفوذپذیری آن می‌کاهد بلکه به علت وجود کلوئیدها به نحو مؤثری در تبادل کاتیونی شرکت کرده و زمینه‌ساز پدیدهٔ فیلتراسیون جریان‌های سیالی می‌گردد (خالقی بارنجی، ۱۳۹۶). خاک کل منطقه از نوع عمیق تا بسیار عمیق با بافت سنگین تا خیلی سنگین با شوری و قلیایت زیاد است. به دلیل شباهت زیاد خاک‌های منطقه به هم، این معیار تمایزی در منطقه جهت انتخاب مکان مناسب جهت دفن پسماند جامد شهری ایجاد نمی‌کند.

شرایط اقلیمی

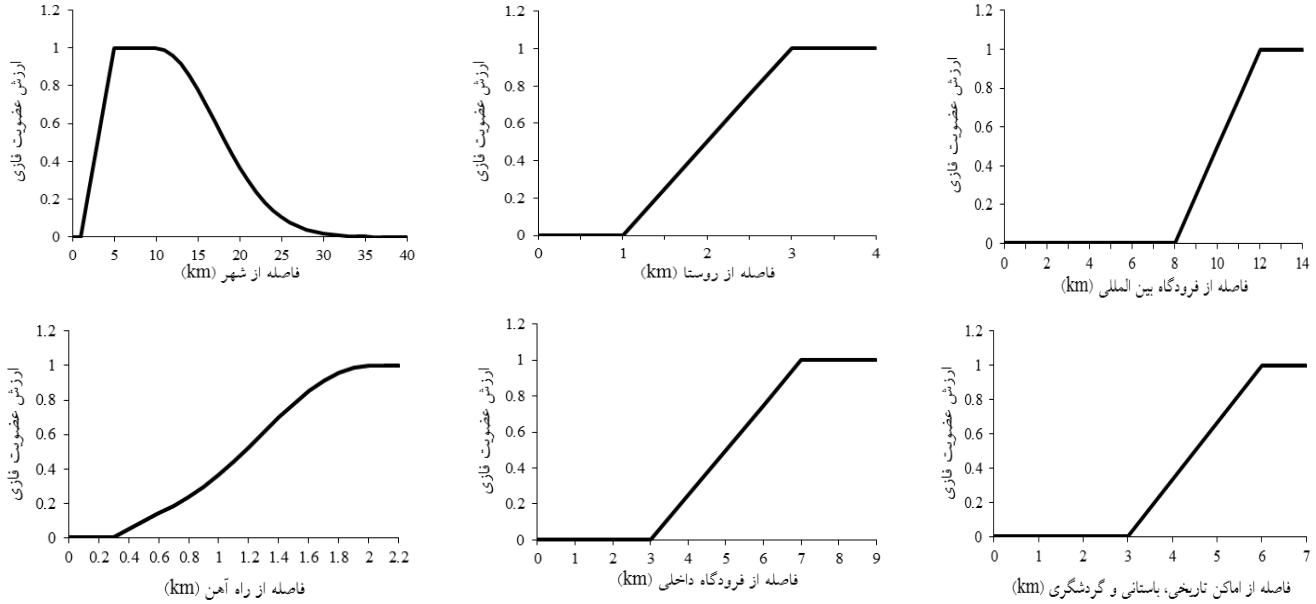
دما و رطوبت هوا و میزان بارندگی از عوامل مهم در تعیین مکان مناسب جهت دفن یا دفع پسماند جامد شهری است. افزایش دما و بارندگی خطرات زیست‌محیطی پسماندهای جامد شهری و زباله را افزایش می‌دهد (Aksoy and San, 2016). اختلاف بین دما و بارندگی در کل منطقه ناچیز است و تقریباً کل منطقه از نظر آب و هوایی شرایط یکسانی دارد و نمی‌توانند جهت انتخاب مکان دفن یا دفع زباله تمایز ایجاد کنند. بنابراین به عنوان عوامل تعیین‌کننده در نظر گرفته نشدند.

جدول۲- محدوده عوامل و شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی انتخاب مکان دفن زباله در مطالعات انجام شده.

عوامل	محدوده یا فاصله
تاریخی	km ۱> نامناسب، تا ۵km کمی مناسب، ۵ تا ۱۰ km مناسب، km ۱۰< کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۰/۵ تا ۳ km ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، حداقل ۷۰۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)
صنعتی	۱ تا ۶ km افزایشی از ارزش صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)
فرودگاه	۳ km محدوده غیرقابل استفاده (Kontos et al., 2003)، km ۵> نامناسب، ۵- ۱۰ km مناسب، km ۱۰>کاملاً مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۳ km امتیاز ۱، ۳-۶ امتیاز ۲، ۶-۹ امتیاز ۳، ۹-۱۲ امتیاز ۳، ۹-۱۲ امتیاز ۴ و بیشتر امتیاز ۵ (Guiqin et al., 2009)، ۳ تا ۷ km ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، حداقل ۳ km (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۰)
جاده	m ۵۰۰>نامناسب، ۵۰۰-۲۰۰۰ m کاملاً مناسب،۲-۵/۵ km مناسب، ۵/۵-۱۳ km متوسط، بیش از ۱۳ km کمترین تناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۵۰ متر در دو طرف جاده غیرقابل استفاده (Baban and Flannagan, 1999)، یک کیلومتر در دو طرف جاده غیرقابل استفاده (Dikshit et al., 2000)، ۲۰۰ متر در دو طرف جاده غیرقابل استفاده (Sumathi et al., 2008)، ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ متر ارزش افزایشی از صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 2015)، ۵۰۰ متر در دو طرف جاده غیرقابل استفاده (Guiqin et al., 2009)، حداقل ۳۰۰ متر (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۱۰۰ و حداکثر ۲۰۰۰ متر (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)
شیب زمین	حداکثر ۱۲٪ (Lin and Kao, 1999; Chang et al., 2008)، حداکثر ۴۰٪ (Moeinaddini et al., 2010)، ۶درجه> کاملاً مناسب، ۶-۱۰ درجه تناسب زیاد، ۱۰-۱۵ درجه مناسب، بیش از ۱۵ کمترین تناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۰-۱۰٪ امتیاز ۵، ۱۰-۲۰٪ امتیاز ۴، ۲۰-۳۰٪ امتیاز ۳، ۳۰-۴۰٪ امتیاز ۲ و بیشتر امتیاز ۱ (Guiqin et al., 2009)، حداکثر ۴۵٪ (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداکثر ۴۰٪ (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)، حداکثر ۶۰٪ (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۰)، حداکثر ۲۴ درجه (پهلوان و همکاران، ۱۳۹۶)
شهر	حداقل ۴-۵ km و حداکثر ۲۰ km (Adeli and Khorshiddoust, 2011)، حداقل ۱۵۰ متر (Lin and Kao, 1999)، ۵ کیلومتر (Zeiss and Lefsrud, 1995)، ۳ کیلومتر (Chang et al., 2008)، حداقل ۵۰۰ متر (Sumathi et al., 2008)،km ۵> نامناسب، ۵-۱۰ km کاملاً مناسب، ۱۰-۲۰ km مناسب، بیش از ۲۰ km کمی مناسب (Effat and Hegazy, 2012)، ۵۰۰ m امتیاز ۱، ۰/۵-۱ km امتیاز ۲، ۱-۱/۵ km امتیاز ۳، ۱/۵-۲ امتیاز ۴ و بیش از ۲ km امتیاز ۵ (Guiqin et al., 2009)، ۸۰۰-۳۰۰۰ متر افزایشی از ارزش صفر تا یک (Karimzadeh Motlagh and Sayadi, 20.15)، حداکثر ۴۰ کیلومتر (Moeinaddini et al., 2010)، حداقل ۲ km (علوی و همکاران، ۱۳۸۹)، حداقل ۳ و حداکثر ۲۰ km (صیحانی پرشکوه و همکاران، ۱۳۹۰)، حداقل ۳-۵ km (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۰)

عوامل اجتماعی

در تعیین مکان مناسب جهت دفن پسماند شهری، عوامل اجتماعی مانند مناطق مسکونی، آموزشی، خدماتی، تجاری و تفریحی نقش بسیار مهمی دارند (Barakat et al., 2017; Sureshkumar et al., 2017). عوامل اجتماعی مورد بررسی شامل فاصله از مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و فرودگاه‌ها، مناطق گردشگری، تفریحی و باستانی و سایر تأسیسات دست بشر است. طبق قوانین محیطی زیستی دفن و دفع زباله کشور، محل دفع و دفن زباله باید حداقل یک کیلومتر با مناطق مسکونی، بیمارستانی، آموزشی، زیارتی، تجاری و صنعتی فاصله داشته باشد. همچنین محل دفع باید حداقل سه کیلومتر با مراکز باستانی و تاریخی فاصله داشته باشد. محل دفن باید از حریم فرودگاه‌های بین‌المللی و محلی به ترتیب هشت و سه کیلومتر فاصله داشته باشد (بی‌نام، ۱۳۸۳). در منطقه مورد مطالعه یک فرودگاه داخلی (فرودگاه بندر ماهشهر) و یک فرودگاه بین‌المللی (فرودگاه آبادان) وجود دارد. توابع عضویت فازی فاصله از مناطق مسکونی (شهر و روستا)، تفریحگاه‌ها، راه‌آهن و فرودگاه‌ها بر اساس قوانین و همچنین محدوده‌ها و فواصل در نظر گرفته شده در مطالعات قبلی (جدول۲)، شرایط منطقه و نظر کارشناسان تهیه گردید (شکل۴). مراکز تجاری، صنعتی با لایه فاصله از شهر یکسان در نظر گرفته شدند.

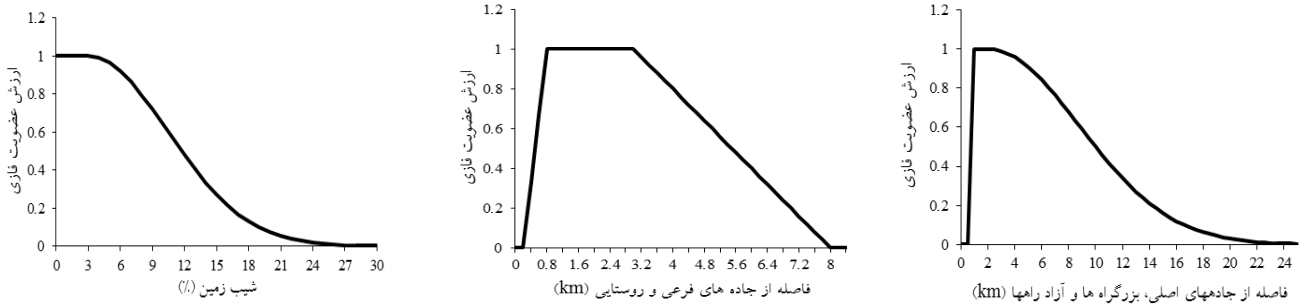


شکل۴- توابع عضویت فازی شاخص‌های اجتماعی.

معیارهای اقتصادی

دسترسی به جاده‌ها و راه‌های ارتباطی جهت انتقال پسماند از مسائل بسیار مهم در تعیین مکان دفع یا دفن زباله و کاهش هزینه‌های انتقال و حمل و نقل آن می‌باشد. بنابراین نزدیکی به جاده‌ها و راه‌های ارتباطی یک مزیت در انتخاب مکان دفن زباله است. با این وجود مکان دفن یا دفع پسماند جامد شهری باید حداقل فاصله‌ای با جاده‌ها و راه‌های ارتباطی داشته باشد تا مشکلات تردد، دیداری، حوادث، بهداشتی و سایر موارد حداقل شوند (Ohri et al., 2015; Pınar Yal and Akgun, 2013). طبق قوانین زیست‌محیطی مکان دفع و دفن زباله باید از جاده‌های اصلی، بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها حداقل ۳۰۰ متر فاصله داشته باشند. بر اساس مطالعات صورت گرفته، شرایط منطقه و نظر کارشناسان، توابع عضویت فازی از نظر نزدیکی به جاده‌ها تهیه گردید (شکل ۵).

مسطح بودن و شیب کم زمین برای انجام پروژه‌های دفن مناسب است. با افزایش شیب زمین، سختی و هزینه انجام پروژه‌های دفن افزایش می‌یابد. بنابراین مسطح بودن زمین یک مزیت برای انتخاب مکان دفن زباله است (Pınar Yal and Akgun, 2013; Aksoy and San, 2016). تابع عضویت فازی جهت ارزش‌گذاری اراضی برای دفن زباله در (شکل۵) نشان داده شده است.



شکل۵- توابع عضویت فازی شاخص‌های اقتصادی.

لایه محدودیت

مناطقی که طبق بخشنامه‌ها و ضوابط سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، سازمان حفاظت محیط زیست کشور و یا بر اساس نظر کارشناسان برای دفن پسماند جامد شهری غیرقابل استفاده هستند به عنوان محدودیت در نظر گرفته شدند که در (جدول۳) بیان شده‌اند. هر کدام از محدودیت‌ها به صورت لایه رستری در محیط GIS با ارزش صفر و یک معرفی گردید که ارزش صفر نشان‌دهنده غیرقابل استفاده بودن و ارزش یک قابل استفاده بودن را نشان می‌دهد.

جدول۳- لایه محدودیت‌ها (بی‌نام، ۱۳۸۳ و میانگین هندسی نظر کارشناسان حاصل از مطالعه کنونی).

نوع محدودیت	محدوده بافر
راه‌آهن	۳۰۰ متر
آب‌های سطحی، ساحل دریا، خورها، مناطق سیل‌خیز	۱ کیلومتر
منطقه حفاظت شده	۱ کیلومتر
مزارع آبی و باغات، جنگل مصنوعی	۳۰۰ متر
مراتع	محدوده مراتع
مناطق مسکونی، مراکز تجاری، آموزشی، درمانی و صنعتی	۱ کیلومتر
اماکن تاریخی، باستانی و گردشگری	۳ کیلومتر
فرودگاه داخلی	۳ کیلومتر
فرودگاه بین‌المللی	۸ کیلومتر
جاده روستایی و فرعی	۲۰۰ متر
جاده اصلی، بزرگراه‌ها، آزادراه‌ها	۵۰۰ متر

با استفاده از عملکرد ضرب همه لایه‌های محدودیت‌های مختلف در هم ضرب گردید و لایه محدودیت نهایی تهیه گردید. در این حالت مکان و نقطه‌ای که در همه لایه‌های محدودیت‌ها دارای ارزش یک هست در لایه نهایی نیز دارای ارزش صفر خواهد بود و مکان و نقطه‌ای که حداقل در یک از لایه‌ها دارای ارزش صفر است در لایه نهایی ارزش صفر خواهد گرفت و برای دفن پسماند جامد و زباله شهری غیرقابل استفاده خواهد بود. در نهایت این لایه در لایه نهایی حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی ضرب شد و مناطقی که غیرقابل استفاده هستند در لایه تناسب اراضی نهایی حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی ارزش صفر خواهند داشت ولی ارزش فازی سایر اراضی به دلیل ضرب شدن در مقدار یک تغییر نمی‌کند.

نتایج و بحث

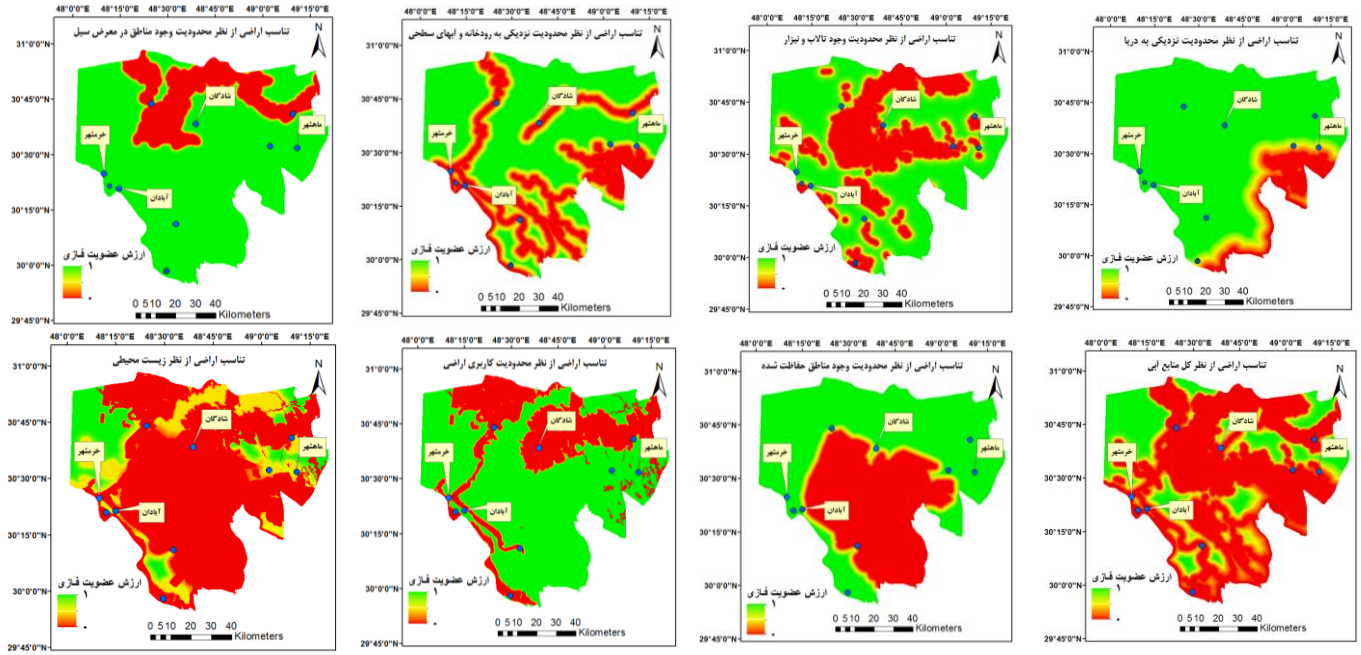
تناسب اراضی منطقه مورد مطالعه جهت دفن پسماند جامد شهری از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی در شکل ۶ نشان داده شده است. منطقه مورد مطالعه بخشی از جنوب جلگه خوزستان است که در اثر ته‌نشین شدن رسوبات رودخانه‌ها تشکیل شده است. منطقه از نظر منابع آب‌های سطحی بسیار حساس بوده و وجود رودخانه جراحی، کارون، بهمنشیر و اروندرود، دشت‌های در معرض سیل، ساحل دریا و خورهای متعدد، تالاب بین‌المللی شادگان و نیزارهای اطراف تالاب موجب شده است مساحت زیادی از منطقه برای دفن و دفع پسماندهای جامد شهری نامناسب یا با محدودیت شدیدی مواجه باشد. کل لایه‌های تناسب اراضی جهت دفن پسماند جامد شهری از نظر مناطق در معرض سیل، آب‌های سطحی و رودخانه‌ها، تالاب و نیزار و نزدیکی به دریا با هم ادغام شدند و به عنوان لایه تناسب از نظر محدودیت وجود منابع آبی معرفی شدند که همان طور که از شکل ۶ مشاهده می‌گردد بیشترین محدودیت جهت دفن زباله و پسماند جامد شهری را ایجاد کرده است.

منطقه حفاظت شده شامل تالاب بین‌المللی شادگان و خورهای مجاور و نواحی اطراف آن‌ها است که زیست‌گاه جانوران و پرندگان مختلف است. این بخش از منطقه از حساس‌ترین مکان‌های منطقه است که قسمت وسیعی از آن را دربر می‌گیرد. مساحت مراتع متراکم و جنگل‌های مصنوعی خیلی کم است و محدودیت چندانی ایجاد نمی‌کنند ولی مزارع آبی و باغات که در دو سمت رودخانه‌های بزرگ منطقه قرار دارند، مساحت زیادی از منطقه را شامل می‌شوند.

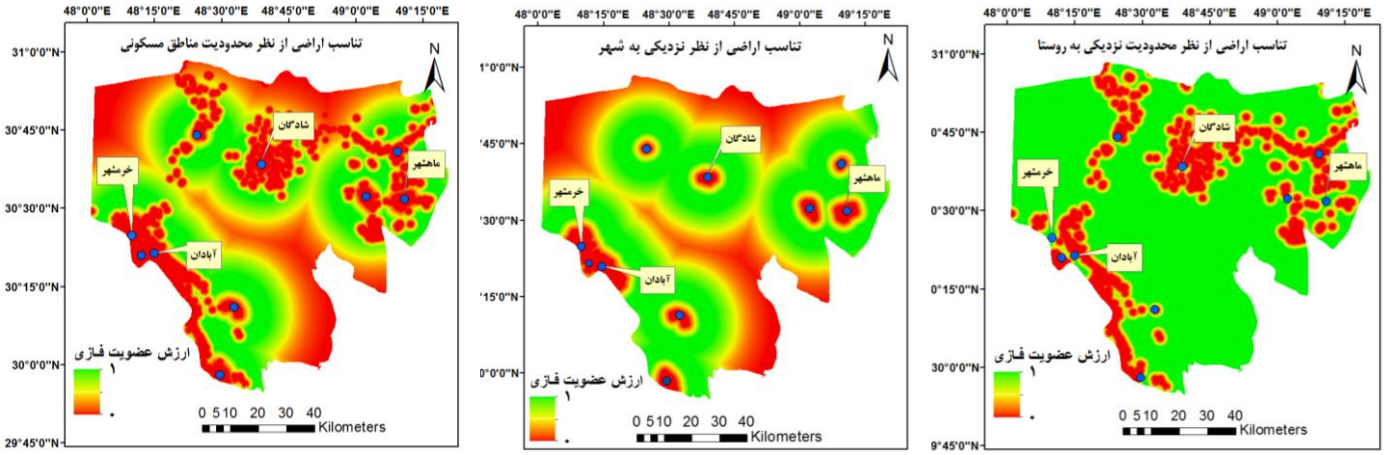
از نقشه‌ها و لایه‌های عوامل زیست‌محیطی مورد بررسی (شکل۶) مشاهده می‌گردد همه عوامل و شاخص‌ها در بخش‌هایی از منطقه دارای همپوشانی هستند. این مناطق به شدت به دفن زباله حساس می‌باشند و باید به شدت از آن‌ها اجتناب کرد. بسیاری از مناطق اطراف رودخانه‌ها و تالاب‌ها اراضی کشاورزی و یا در معرض خطر وقوع سیل هستند. در سال‌های اخیر دفع زباله‌های شهری مشکلاتی و نگرانی‌هایی را برای محیط زیست و حیات وحش تالاب بین‌المللی شادگان به وجود آورده است.

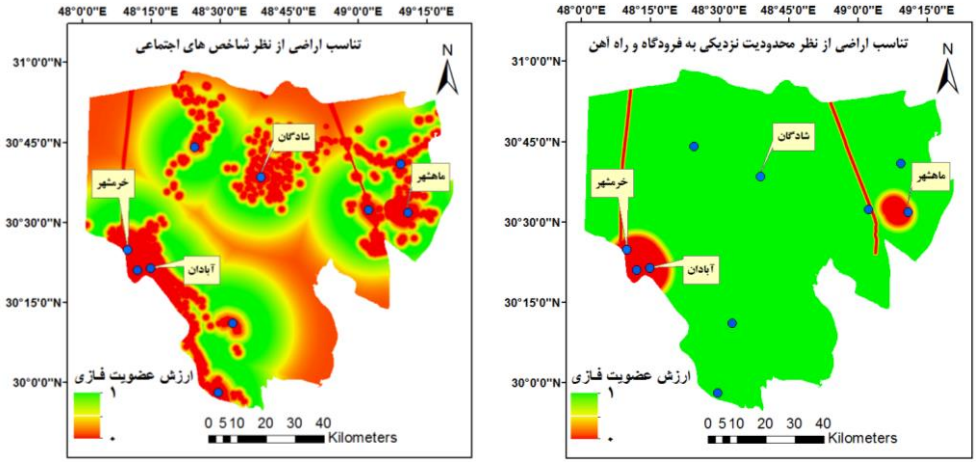
بر اساس میانگین هندسی نظر کارشناسان و شرایط منطقه، مقایسات زوجی انجام گرفت و در نهایت وزن سه لایه کاربری اراضی، مناطق حفاظت شده و فاصله از آب‌های سطحی و منابع آبی به ترتیب ۰/۲۳۷، ۰/۳۱۸ و ۰/۴۴۵ به دست آمد که بر اساس آن‌ها لایه‌ها در محیط GIS همپوشانی شدند.

لایه‌های تناسب اراضی از نظر شاخص‌های اجتماعی برای انتخاب مکان دفن زباله جامد شهری بر اساس توابع فازی در محیط GIS ایجاد گردید که در شکل ۷ نشان داده شده است. روستاهای زیادی در منطقه مورد مطالعه وجود دارند که بیشتر در اطراف رودخانه‌ها قرار دارند. در مورد شهرها که در این مطالعه به عنوان مراکز تولید زباله در نظر گرفته شدند دور بودن مکان دفن زباله از نظر مسائل بهداشتی و جنبه‌های دیداری (مناظر قابل دیدن) بهتر است ولی از سوی دیگر با افزایش فاصله از شهر هزینه و زمان حمل و نقل به شدت افزایش می‌یابد و نیازمند کاروان حمل و نقل بزرگ‌تری خواهد بود. لایه‌های محدودیت از نظر نزدیکی به فرودگاه و راه‌آهن که نشان‌دهنده مزیت دور بودن مکان دفن از مکان‌های یاد شده است در هم ضرب شده‌اند و در یک لایه ادغام شدند. همچنین لایه‌های فاصله از شهر، روستا و سایر تأسیسات تجاری، صنعتی و تولیدی در هم ضرب و به عنوان لایه مناطق مسکونی ادغام شده‌اند. در نهایت وزن دو لایه مسکونی و لایه محدودیت فرودگاه و راه‌آهن بر اساس مقایسات زوجی کارشناسان و شرایط منطقه به ترتیب ۰/۷۶ و ۰/۲۴ به دست آمدند و ادغام لایه‌ها بر اساس آن‌ها صورت گرفت.



شکل۶- ارزش عضویت فازی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص‌های زیست‌محیطی.





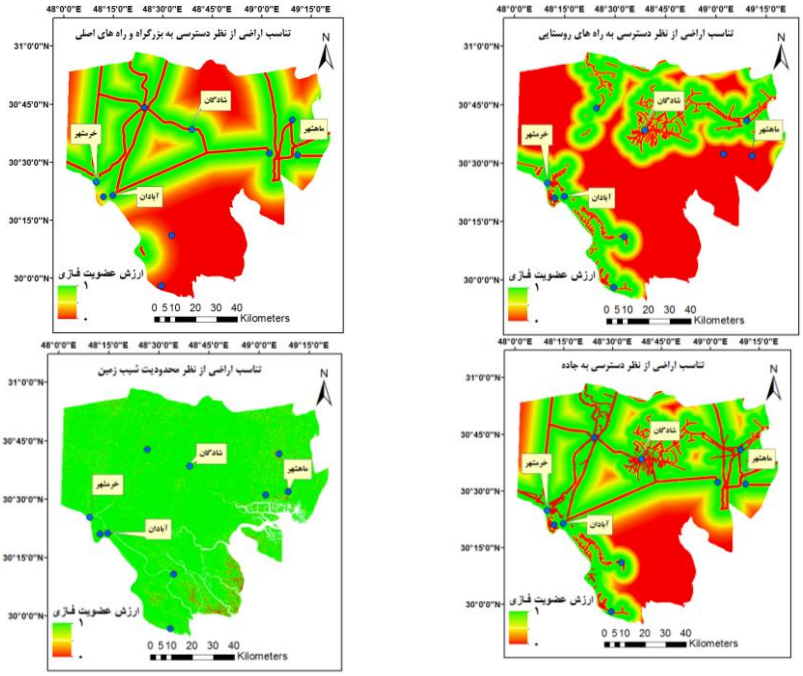
شکل۷- ارزش عضویت فازی منطقه از نظر شاخص‌های اجتماعی.

لایه‌های شیب زمین، دسترسی به جاده‌های روستایی، فرعی، اصلی و بزرگراه‌ها با استفاده از توابع فازی تهیه گردید (شکل ۸). برای ادغام لایه جاده‌های اصلی، بزرگراه‌ها و جاده‌های روستایی از اجتماع فازی استفاده شد. در اجتماع فازی از عملکرد بیشتر (Max) استفاده می‌شود، بدین صورت که در اجتماع چند لایه، بیشترین ارزش فازی لایه‌ها برای هر سلول نقشه در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است محدوده غیرقابل استفاده که به دلیل نزدیکی زیاد به جاده‌ها است با ضرب کل نقشه در نقشه محدودیت همچنان ارزش صفر به خود اختصاص داد. از نظر راه‌های ارتباطی و جاده به جز در قسمت خورها که بیشتر آن نیز منطقه حفاظت شده است، شرایط مناسب است. طبق قوانین و ضوابط عرض جاده دسترسی در شهرها حداقل ۶ و در روستاها ۴/۵ متر باید باشد (بی‌نام، ۱۳۸۳).

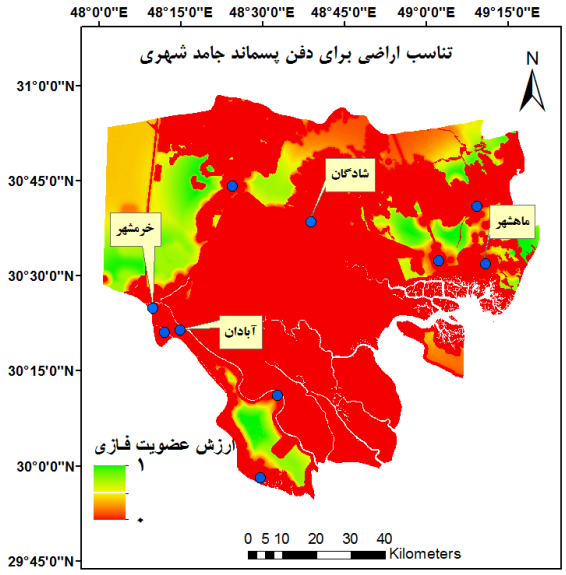
به دلیل مسطح و دشت بودن منطقه، از نظر پستی و بلندی و شیب زمین محدودیت چندانی وجود ندارد و به جز در برخی قسمت‌ها، منطقه از نظر این معیار بسیار مناسب است. وزن نهایی دو لایه دسترسی به جاده و شیب بر اساس مقایسات زوجی به ترتیب ۰/۸ و ۰/۲۰ به دست آمد و لایه نهایی شاخص‌های اقتصادی بر اساس آن‌ها همپوشانی شدند.

وزن نهایی لایه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بر اساس مقایسات زوجی به ترتیب ۰/۲۶۹، ۰/۲۹۰ و ۰/۴۴۱ محاسبه گردید. بر اساس وزن نهایی به دست آمده، لایه‌ها در محیط GIS همپوشانی شدند و نقشه نهایی تناسب اراضی جهت دفن پسماند جامد شهری تهیه گردید که در شکل ۹ نشان داده شده است. بیشتر منطقه مورد بررسی به خصوص بخش‌های مرکز منطقه غیرقابل استفاده یا با محدودیت شدید جهت دفن پسماند جامد شهری مواجه است. در این بین شهرستان شادگان با بیشترین محدودیت مواجه است که بیشتر به دلیل وجود اراضی کشاورزی، تالاب شادگان و منطقه حفاظت شده حیات وحش در این شهرستان است. بنابراین لازم است جهت دفن و دفع پسماند جامد و زباله‌های شهری در این شهرستان با حساسیت، کنترل و بررسی دقیق انجام گیرد. تنها ۲۹۵/۲ هکتار در شهرستان شادگان دارای ارزش عضویت فازی بیشتر از ۰/۹ است. همچنین اراضی با ارزش عضویت فازی بیشتر از ۰/۸ در این شهرستان برابر با ۳۲۷۸ هکتار است که تنها پنج مکان دارای مساحت مناسب و قابل قبول برای دفن پسماند شهری است (سایر اراضی کمتر از یک هکتار است). مجموع این پنج مکان برابر با ۳۲۷۰ هکتار است. سه شهرستان دیگر وضعیت بهتری دارند و مساحت بیشتری جهت دفن پسماند جامد شهری در دسترس دارند که تقریباً در اطراف منطقه مورد بررسی قرار دارند.

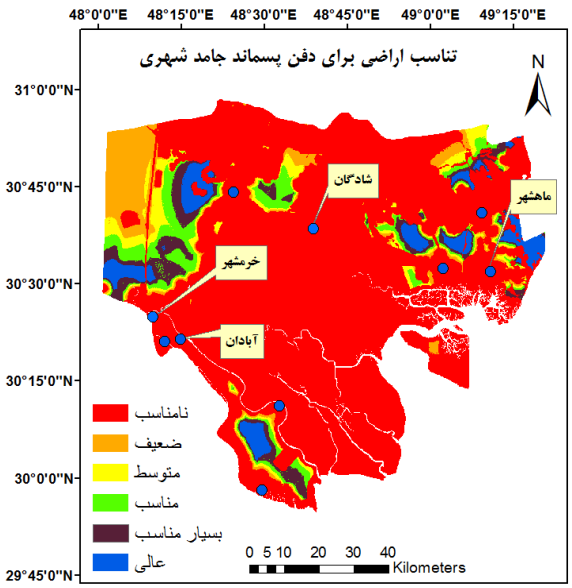
بر اساس ارزش فازی نهایی به دست آمده، منطقه به شش کلاس تناسب جهت دفن پسماند جامد شهری رتبه‌بندی شد. کلاس‌های تناسب شامل نامناسب (ارزش عضویت فازی تا ۰/۵)، ضعیف (ارزش عضویت فازی ۰/۵-۰/۶)، متوسط (ارزش عضویت فازی ۰/۶-۰/۷)، مناسب (ارزش عضویت فازی ۰/۷-۰/۸)، بسیار مناسب (ارزش عضویت فازی ۰/۸-۰/۹) و عالی (ارزش عضویت بیش از ۰/۹) می‌باشد. ۷۱۵۳۵۳ هکتار از منطقه دارای ارزش فازی تا ۰/۵ با کلاس نامناسب می‌باشند که همان طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود این قسمت بیشترین مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. مساحت منطقه در کلاس عالی و بسیار مناسب به ترتیب برابر با ۳۷۰۳۰ و ۳۹۹۵۷ هکتار به دست آمد. مناطق مناسب جهت دفن پسماند شهری در شکل ۱۰ مشخص است که نشان می‌دهد تنها در بخش‌های خاصی از منطقه می‌توان پسماند جامد شهری را دفن کرد. همان طور که از شکل ۹ مشاهده می‌گردد بخش وسیعی از منطقه با محدودیت شدیدی برای دفن پسماند جامد شهری مواجه است که نشان می‌دهد عدم انتخاب مناسب مکان دفن می‌تواند اثرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی شدیدی داشته باشد.



شکل۸- ارزش عضویت فازی از نظر شاخص‌های اقتصادی.



شکل۹- تناسب اراضی جهت دفن پسماند جامد شهری.



شکل۱۰- اولویت‌بندی اراضی جهت دفن پسماند جامد شهری.

نتیجه‌گیری

یافتن مکان مناسب جهت دفن بهداشتی پسماند جامد شهری نیازمند مطالعات و بررسی معیارهای متعددی است که عدم انجام صحیح آن موجب آلودگی محیط زیست و به خطر افتادن سلامت انسان می‌شود و اثرات جبران‌ناپذیری به همراه دارد. در مکان‌یابی محل دفن پسماند جامد شهری حجم زیادی از داده‌های مکانی باید ذخیره و تجزیه و تحلیل شوند. بنابراین نیازمند ابزاری است که توانایی تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و ادغام معیارهای مختلف را داشته باشد. استفاده از ترکیب سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تحلیل سلسله مراتبی همراه با استفاده از ارزش‌گذاری فازی لایه‌های عوامل و شاخص‌ها، می‌تواند انعطاف‌پذیری بیشتری داشته باشد و تفکر انسانی را بیشتر نشان دهد. در این مطالعه مکان‌های مناسب دفن پسماند جامد و زباله‌های شهری در چهار شهرستان جنوب استان خوزستان (خرمشهر، آبادان، شادگان و ماهشهر) تعیین گردید و به صورت نقشه (شکل ۱۰) نشان داده شد. نتایج نشان از حساسیت بسیار زیاد منطقه نسبت به انتخاب مکان دفن و دفع پسماند جامد شهری به خصوص در شهرستان شادگان است که اهمیت مطالعه و اجرای دقیق برنامه‌های دفن و دفع زباله و مکان‌یابی آن را نشان می‌دهد. شهرستان خرمشهر و ماهشهر از نظر زیست‌محیطی محدودیت کمتری برای دفن و دفع پسماند جامد شهری نسبت به دو شهرستان دیگر دارند. استفاده از نتایج این تحقیق که مکان‌های مناسب جهت دفن پسماندهای جامد شهری را به صورت نقشه نشان می‌دهد، می‌تواند در راستای مدیریت زباله‌های شهری و سلامت و بهداشت زیست‌محیطی و انسانی در منطقه مورد بررسی مؤثر و مفید باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از دانشگاه شهید چمران به جهت تأمین اعتبار مالی این تحقیق کمال سپاس‌گذاری را دارند.

منابع

اسکندری. م.، همایی. م.، محمودی. ش.، پذیرا. الف.، ۱۳۹۲. روشی نوین برای مکان‌یابی محل دفن زباله‌های جامد شهری بر پایه نقشه‌های طبقه‌بندی اراضی و GIS، علوم محیطی، دوره ۱۱، شماره ۲، ص ۱۲۱-۱۳۲.

بی‌نام.، ۱۳۸۳، ضوابط محیط زیستی محل‌های دفع پسماندهای عادی، سازمان محیط زیست. https://eform.doe.ir/portal/home/?generaltext.

بی‌نام.، ۱۳۹۷، سازمان هواشناسی کشور، داده‌های اقلیمی و تاریخچه‌ای، استان خوزستان، http://irimo.ir/far/wd/2703 .

پهلوان. ر.، امید. م.، اکرم، الف.، نظری سامانی. ع.، ۱۳۹۶، مکان‌یابی ایستگاه بازیافت پسماندهای جامد شهری در شهرستان کرج با استفاده از GIS به کمک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و منطق فازی، مهندسی بیوسیستم، دوره ۴۸، شماره ۱، ص ۱۴۵-۱۵۳.

ثلاثی. م.، ۱۳۹۰، پیامدهای مدرنیته. نشر مرکز، تهران.

حسن دوست. ح.، صفارزاده، ا. ه.، ۱۳۸۹، بررسی اثر استفاده از لاینرهای خاکی در کاهش آلودگی شیرابه پسماند در روش دفن فوکوئوکا. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران، ۱۰ و ۱۱ آبان ماه.

حیدرزاده. ن.، ۱۳۸۲، معیارها و ضوابط مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد، وزارت کشور، مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهری، تهران.

خالقی بارنجی. ف.، ۱۳۹۶، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از GIS و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) شهر میانه، آذربایجان شرقی. زمین‌شناسی محیط زیست، دوره ۱۱، شماره ۳۸، ص ۲۷-۴۲.

خسروی. ی.، اشجعی. ح.، ۱۳۹۶، مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری شهر قزوین با استفاده از روش AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS. انسان و محیط زیست، دوره ۱۵، شماره ۴، ص ۵۱-۶۳.

صفایی‌پور. م.، مختاری چلچه. ص.، حسینی. س، سلیمانی راد. الف.، ۱۳۹۴، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای روستایی با استفاده از تلفیق مدل تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد)، پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی، دوره ۴، شماره ۴، ص ۵۹-۷۵.

صیحانی پرشکوه. ر.، دهقانی. م.، قادری. ح.، ۱۳۹۰، مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های شهر حاجی‌آباد به روش AHP و با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیایی طبیعی لار، دوره ۴، شماره ۱۲ف ص ۶۳-۷۴.

علوی. س.، پارسه. الف.، احمدپور، الف.، جعفرزاده. ن.، بابائی. ع.، حسین زاده. م.، ۱۳۸۹، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از مدل سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی شهرستان ماهشهر). سیزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. ۱۱ تا ۱۳ آبان ماه، کرمان.

فیروزی. م.، امانپور. س.، محمدی. ع.، ۱۳۹۰، مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS): نمونه موردی شهر لامرد، زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، دوره ۱، شماره ۱، ص ۱۰۴-۱۱۲.

قدسی پور. م.، ۱۳۹۲، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

معتمدی. م.، ثابت کوشکی نیان. م.، قلی نژاد. الف.، حاتمی نژاد. ح.، ۱۳۹۳، بررسی جغرافیایی مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری مطالعه موردی: شهر فاروج، اطلاعات جغرافیایی، شماره ۲۳، ص ۱۰۶-۱۱۲.

نیک زاد. و.، معرب. ی.، امیری، م.، فروغی، ن.، ۱۳۹۳، مکان‌یابی محل دفن پسماند با استفاده از منطق فازی در GIS و مدل تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) (ناحیه مورد مطالعه: شهرستان مینودشت). علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۶، شماره ۱، ص ۴۸۵-۵۰۱.

هادیانی. ز.، احدنژاد روشتی. م.، کاظمی. ش.، شاه علی. الف.، ۱۳۹۱، مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS مطالعه موردی: شهر زنجان، فضای جغرافیایی، دوره ۴۰، ص ۱۱۶-۱۳۳.

یمانی. م.، علی زاده. ش.، ۱۳۹۴، مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اطلاعات جغرافیایی، دوره ۹۶، ص ۷۹-۹۰.

Adeli. Z., Khorshiddoust. A., 2011, Application of geomorphology in urban planning: Case study in landfill site selection. Procedia Social and Behavioral Sciences, 19, 662–667.

Afzali. A., Sabri. S., Rashid. M., Samani. J.M.V., Ludin. A.N.M., 2014, Inter-municipal landfill Site Selection Using Analytic Network Process. Water Resour. Manage, Vol: 28, No: 8, p: 2179–2194.

Aksoy. E., San. B. T., 2016, Using MCDA and GIS for Landfill Site Selection: Central Districts of Antalya Province. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 41.

Alavi. N., Goudarzi1. G., Babaei1. A.A., Jaafarzadeh. N., Hosseinzadeh. M., 2013, Municipal solid waste landfill site selection with geographic information systems and analytical hierarchy process: a case study in Mahshahr County, Iran. Waste Manage. Res, Vol: 31, No: 1, p: 98–105.

Al-Jarrah. O., Abu-Qdais. H., 2006, Municipal solid waste landfill siting using intelligent system. Waste Management, Vol: 26, p: 299–306.

Arkoc. O., 2014, Municipal solid waste landfill site selection using geographical information systems: a case study from Corlu, Turkey. Arab. J. Geosci, Vol: 7, No: 11, p: 4975–4985.

Baban. S.M.J., Flannagan. J., 1998, Developing and implementing GIS assisted constraints criteria for planning landfill sites in the UK. Planning Practice and Research, Vol: 13, p: 139–151.

Barakat. A., Hilali. A., El Baghdadi. M., Touhami. F., 2017, Landfill site selection with GIS-based multi-criteria evaluation technique: a case study in Beni Mellal-khouribga region, Morocco. Environmental Earth Sciences, Vol: 76, No:12, p: 413-419.

Chang. K.H., Cheng. C. H., Chang. Y.C., 2008, Reliability assessment of an aircraft propulsion system using IFS and OWA tree. Eng. Optim, Vol: 40, No: 10, p: 907–921.

Demesouka. O.E., Vavatsikos. A.P., Anagnostopoulos, K.P., 2013, Suitability analysis for siting MSW landfills and its multi criteria spatial decision support system: Method, implementation and case study. Waste Management, Vol: 33, p: 1190–1206.

Dikshit. A.K., Padmavathi. T., Das, R.K., 2000, Locating potential landfill sites using geographic information systems. Journal of Environmental Systems, Vol: 28, p: 43–54.

Effat. H.A., Hegazy. M.N., 2012, Mapping potential landfill sites for North Sinai cities using spatial multicriteria evaluation. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol: 15, p: 125–133.

Eskandari. M., Homaee. M., Mahmoodi. S., Pazira. E., Van Genuchten. M.T., 2015, Optimizing landfill site selection by using land classification maps. Environ. Sci. Pollut. Res, Vol: 22, No: 10, p: 7754–7765.

Feo. G.D., Gisi. S.D., 2014, Using MCDA and GIS for hazardous waste landfill siting considering land scarcity for waste disposal. Waste Management, Vol: 34, Nol: 11, p: 2225-2238.

Gorsevski. P.V., Donevska. K.R., Mitrovski. C.D., Frizado. J.P., 2012, Integrating multicriteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. Waste Manage, Vol: 32, p: 287–296.

Guerrero. L., Maas. G., Hogland. W., 2013, Solid waste management challenges for cities in developing countries. Waste Management, Vol: 33, p: 220–232.

Guiqin. W., Li. Q., Guoxue. L., Lijun, C., 2009, Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China. Journal of Environmental Management, Vol: 90, p: 2414–2421.

Jara-Samaniego. J., Perez-Murcia. M.D., Bustamante. M. A., Perez-Espinosa. A., Paredes, C., Lpez. M., Moral. R., 2017, Composting as sustainable strategy for municipal solid waste management in the Chimborazo Region, Ecuador: Suitability of the obtained composts for seedling production. Journal of Cleaner Production, Vol: 141, p: 1349-1358.

Kahraman. C., Cebi. S., Onar. S. C., Oztaysi. B., 2018, A novel trapezoidal intuitionistic fuzzy information axiom approach: An application to multicriteria landfill site selection. Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol: 67, p: 157-172.

Kallergis, G., 2000, Applied Environmental Hydrogeology, Vol. 2, second ed. Technical Chamber of Greece, Athens, in Greek.

Karimzadeh Motlagh. Z., Sayadi. M., 2015, Sitting MSW landfills using MCE methodology in GIS environment (case study: Birjand plain, Iran). Waste Management, Vol: 46, p: 1-16.

Kontos. T.D., Komilis. D.P., Halvadakis. C.P., 2003, Siting MSW landfills on Lesvos island with a GIS-based methodology. Waste Manage. Res. Vol: 21, p: 262–278.

Kumar. S., Mohammad. I. H., 2013, Selection of a landfill site for solid waste anagement: An application of AHP and spatial analyst tool. J. Indian Soc. Remote Sens, Vol: 41, No:1, p: 45–56.

Lin. H.Y., Kao. J.J., 1999, Enhanced spatial model for landfill siting analysis. Journal of Environmental Engineering, ASCE, Vol: 125, No: 9, p: 845–851.

Melo. A.L.O., Calijuri. M.L., Duarte. I.C.D., Azevedo. R.F., Lorentz. J.F., 2006, Strategic decision analysis for selection of landfill Sites.J. Surv. Eng. Vol: 132, P: 83–92.

Moeinaddini. M., Darvishsefat. A., Khorasani. N., Danehkar. F., Zienalyan. M., 2010, Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). Waste Management, Vol: 30, p: 912–920.

Ohri. A., Singh. P. K., Maurya. S. P., Mishra. S., 2015, Sanitary landfill site selection by using geographic information system. In Proceedings of National Conference on Open Source GIS: Opportunities and Challenges Department of Civil Engineering, IIT (BHU), Varanasi, October 9.

Pınar Yal. G., Akgun. H., 2013, Landfill site selection and landfill liner design for Ankara, Turkey. Environmental Earth Sciences, Vol: 3, No:2, p: 345-354.

Rahmat, G.Z., Vosoughi Niri, M., Alavi, N., Goudarzi,G., Babaei, A., Baboli, Z., Hosseinzadeh, M., 2017, Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran. KSCE Journal of Civil Engineering, Vol: 21, No: 1, p: 111-118.

Ramjeawon. T., Beerachee, B., 2008. Site selection of sanitary landfills on the small island of Mauritius using the analytical hierarchy process multi-criteria method.Waste Manage. Res, Vol: 26, p: 439–447.

Sener. S., Sener. E., Nas. B., Karaguzel. R., 2010, Combining AHP with GIS for landfill site selection: a case study in the Lake Beyşehir catchment area (Konya, Turkey). Waste management, Vol: 30. No: 11, p: 2037-2046.

Shahabi. H., Keihanfard. S., Ahmad. B. B., Amiri. M. J.T., 2014, Evaluating Boolean, AHP and WLC methods for the selection of waste landfill sites using GIS and satellite images. Environ. Earth Sci, Vol: 71, p: 4221–4233.

Siddiqui. M.Z., Everett. J.W., Vieux. B.E., 1996, Landfill siting using geographical information systems: a demonstration. Journal of Environmental Engineering, ASCE, Vol: 122, No: 6, p: 515–523.

Sumathi. V.R., Natesan. U., Sarkar. C., 2008, GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. Waste Management, Vol: 28, p: 2146–2160.

Sureshkumar. M., Sivakumar. R., Nagarajan. M., 2017, Selection of alternative landfill site in Kanchipuram, India by using GIS and multicriteria decision analysis. Applied Ecology and Environmental Research, Vol: 15, No:1, p: 627-636.

Uyan. M., 2014, MSW landfill site selection by combining AHP with GIS for Konya, Turkey. Environ. Earth Sci, Vol: 71, p: 1629–1639.

Zeiss. C., Lefsrud. L., 1995, Analytical framework for facility waste siting. Journal of Urban Planning and Development, ASCE, Vol: 121, No: 4, p: 115–145.