

## ارزیابی مکان‌های بهینه برای دفن زباله‌های شهری (مطالعه موردی: شهر فیروزآباد)

محسن پورخسروانی\* - استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران  
زهرا پربر - کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی، مدرس دانشگاه پیام نور.  
بهنام مغانی رحیمی - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱/۱۶ تأیید مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۲۰

### چکیده

گسترش شهرها و افزایش جمعیت شهری در سال‌های اخیر، موجب افزایش مصرف و در نتیجه افزایش تولید پسماند در مناطق شهری شده است. از طرفی مکان‌یابی نامناسب دفن این پسماندها مشکلات زیست‌محیطی زیادی را به وجود آورده است. لذا این تحقیق که تحقیقی توصیفی-تحلیلی است، با در نظر گرفتن معیارهای ژئومورفولوژی، هیدرواقليم، کاربری اراضی و فاصله از خطوط ارتباطی و با استفاده از منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، محل‌های مناسب برای دفن پسماند در شهر فیروزآباد را بررسی کرده است. بر همین اساس لایه‌های مختلف اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق شدند. همچنین محل فعلی دفن زباله شهر فیروزآباد بررسی و تحلیل شد. سپس با لحاظ کردن همه معیارهای مورد نظر، حریم‌ها و حدود دسترسی آن‌ها با استفاده از نقشه‌ها و سایر اطلاعات، مکان‌های بهینه برای دفن پسماندها در منطقه مطالعاتی پیشنهاد شد. در نهایت پس از ارزیابی‌های به عمل آمده و هم‌پوشانی لایه‌های وزن‌دهی شده، بخش‌های جنوب شرق و شمال شرق منطقه، به عنوان مناسب‌ترین مکان‌ها برای احداث سایت دفع زباله پیشنهاد می‌شوند. زیرا در این مکان برای دفن پسماندهای جامد، بسیاری از پارامترهای محیطی در وضعیتی کاملاً مناسب است و امکان سرمایه‌گذاری کنونی و آتی در این قسمت وجود دارد. بر اساس شواهد موجود مکان‌هایی به عنوان مکان نامناسب تعیین شده‌اند که به طور عمده روی دشت‌های حاصلخیز و با نفوذپذیری بالا قرار دارند و مناطق خوب به طور عمده در تپه‌ماهورها که ضخامت خاک بیشتر بوده و از مراکز جمعیتی و نیز زمین‌های مناسب کشاورزی و مناطق حساس دور هستند، تعیین شده است.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، ژئومورفولوژی، دفن زباله‌های شهری، شهر فیروزآباد.

## مقدمه

انتخاب محل دفن زباله‌های شهری، با توجه به پیامدهای ناگوار ناشی از دفن غیراصولی، به‌عنوان یکی از دغدغه‌های کارشناسان امر تلقی می‌شود. این موضوع از چنان اهمیتی برخوردار است که به یک موضوع پیچیده و بغرنج زندگی انسانی تبدیل شده است. زباله به‌عنوان یکی از آلاینده‌های مهم محیط‌زیست مورد توجه سیاست‌گذاران، برنامه‌ریزان و مجریان ذی‌ربط در همه کشورهای است؛ زیرا جمعیت شهرها روزبه‌روز روند افزایشی داشته و به همان نسبت مقدار تولید زباله در دنیا نیز یک روند تصاعدی دارد. بنابراین مدیریت مواجهه با این مسئله مهم روزبه‌روز پیچیده‌تر و در عین حال ضروری‌تر می‌شود. از آنجا که امروزه دفن زباله بدون رعایت مسائل زیست‌محیطی تهدیدی جدی برای ادامه حیات موجودات زنده و از جمله انسان است، انتخاب مکان مناسب برای دفن بهداشتی پسماندها، از اولین نگرانی‌های مسئولان و برنامه‌ریزان شهری محسوب می‌شود (گرسوسکی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲: ۱۱؛ گبانی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳: ۳). در همین راستا برای دفع زباله‌های شهری، روش‌های مختلفی مثل تلنبار کردن، سوزاندن در فضای آزاد، کمپوست کردن، استفاده در تغذیه دام، استفاده از دستگاه‌های زباله‌سوز و... وجود دارد؛ اما دفن بهداشتی هنوز رایج‌ترین و کنترل‌شده‌ترین روش دفع زباله محسوب می‌شود (سعیدنیا، ۱۳۷۸: ۵۵). با توجه به توسعه بی‌رویه شهرها، فقدان الگوی صحیح مصرف، رشد روزافزون تولید پسماندها و همچنین مشکلات و نارسایی‌های سیستم مدیریت پسماندها، در حال حاضر منطقی‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش برای دفع پسماندهای شهری، دفن بهداشتی است (مهتابی‌اوغانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۴۲). به همین دلیل و با توجه به اهمیت موضوع، تاکنون پژوهش‌های زیادی در این رابطه صورت گرفته است. از جمله، هادیانی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی تحلیلی و با استفاده از منطق فازی و تکنیک GIS، مکان‌های بهینه برای دفن پسماندهای جامد شهری در شهر زنجان را ارزیابی کرده و نتیجه می‌گیرند که ۳۵ کیلومتری شمال غربی زنجان، در مسیر جاده خلخال، بهترین مکان برای دفع بهداشتی پسماندهای جامد شهری است. همچنین بزرگمهر و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان مکان‌یابی بهینه محل دفن مواد زائد جامد شهری در شهرستان تنکابن با استفاده از مدل AHP و تکنیک‌های GIS و SPSS مکان‌های بهینه برای دفن پسماندهای جامد را ارزیابی کرده‌اند. این پژوهش از نوع توسعه‌ای و کاربردی است که با استفاده از روش توصیفی و تحلیلی انجام شده است. ایشان نتیجه می‌گیرند که ۳۴/۱۲ هکتار یعنی ۰/۱۲ درصد از مساحت کل شهرستان از اهمیت خیلی زیاد برای دفن پسماندهای جامد برخوردار است. واستاوا و ناسوات<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) در پژوهشی کاربردی و با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجش از دور و با استفاده از معیارهایی همچون زمین‌شناسی، گسل‌ها، شیب زمین، نوع سنگ مادر و خاک، آب‌های سطحی و عمق آب زیرزمینی، مراکز شهری، شبکه ارتباطی موجود، فاصله از فرودگاه، بهترین مکان برای دفن مواد زائد در اطراف شهر رانچی<sup>۴</sup> را تعیین کردند. همچنین

1. Gorsevski  
 2. Gbanie  
 3. Vastava and nathawat  
 4. Ranchi

هندریکس و بوکلی<sup>۱</sup> (۱۹۹۲) در پژوهشی کاربردی و با استفاده از تکنیک GIS ضمن ارزیابی شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی همچون خاک مناسب، عمق سنگ مادر، کاربری زمین، آب‌های سطحی و زیرزمینی و پهنه‌بندی ارتفاعی در منطقه‌ای ۲۱۰ هکتاری مکان مناسب برای دفن زباله‌ها در این ناحیه را انتخاب کردند. به طور کلی هرچند در ایران، مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد غالباً در طرح‌های جامع شهری انجام گرفته است، نگرش سیستماتیک و محیطی موضوع، کاملاً کم‌رنگ بوده و فقط با تکیه بر یک یا چند شاخص محل دفن مشخص می‌شود. در همین راستا با توجه به زیادبودن رشد جمعیت و توسعه فیزیکی شهر فیروزآباد در استان فارس که به تولید روزانه حدود ۱۰۰ تن پسماند جامد در این شهر منجر می‌شود و با توجه به مکان نامناسب محل فعلی دفن پسماند در این شهر که موجبات آلودگی منابع آب و زمین‌های حاصلخیز را به وجود آورده است، این پژوهش سعی می‌کند با انتخاب معیارهای ژئومورفولوژیکی، هیدرواقایم، کاربری اراضی و فاصله از خطوط ارتباطی، مکان‌های بهینه برای دفن مواد زائد در این شهر را مشخص کند.

### مبانی نظری تحقیق

یکی از مسائل و معضلات مهم زیست‌محیطی که شهرهای بزرگ کشور با آن مواجه هستند، مدیریت مواد زائد جامد شهری، صنعتی، درمانی و خطرناک است. در این میان مدیریت مواد زائد صنعتی و خطرناک یا به اصطلاح پسماندهای ویژه اهمیت بسیاری دارد؛ زیرا نبود برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آن می‌تواند موجب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی، خاک و هوا در سطح گسترده‌ای شود. عدم کنترل و بی‌توجهی به مدیریت صحیح پسماندها درباره نحوه جمع‌آوری و نگهداری، حمل‌ونقل و دفع بهداشتی آن‌ها، باعث بروز فجایع و شیوع انواع بیماری‌ها و اپیدمی‌های منطقه‌ای و شهری خواهد شد که علاوه بر ایجاد تهدید جدی برای سلامت جامعه و محیط‌زیست، سبب اتلاف هزینه‌های زیادی نیز می‌شود (کاستا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰: ۸۱۷). برای دستیابی به توسعه پایدار و حفظ محیط‌زیست، استفاده از فناوری‌های مدرن که از نظر زیست‌محیطی پاک‌تر و در دسترس‌تر باشند، ضروری به نظر می‌رسد. مدیریت یکپارچه پسماندها یکی از نگرش‌های جامع برای مدیریت منابع و محیط‌زیست است که از اعمال مفهوم توسعه پایدار به وجود آمده است (جنگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷: ۱۴۳). در همین رابطه از موارد مهم در رویکرد کلی مدیریت جامع پسماندها، اهمیت مکان‌یابی محل دفع است. به طور کلی یک محل دفن باید در مکانی استقرار یابد که از جهات گوناگون اعم از زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی کمترین ضرر را به وجود آورد. به جرئت می‌توان گفت یک مکان‌یابی صحیح می‌تواند بیش از نیمی از نگرانی‌های موجود را مرتفع سازد. جدول ۱ معیارهای به‌کاررفته در مکان‌یابی را در یک محل دفن نشان می‌دهد.

1. Hendrix and buckly

2. Costa

3. Geng

## جدول ۱. معیارهای به‌کاررفته در مکان‌یابی محل دفن زباله

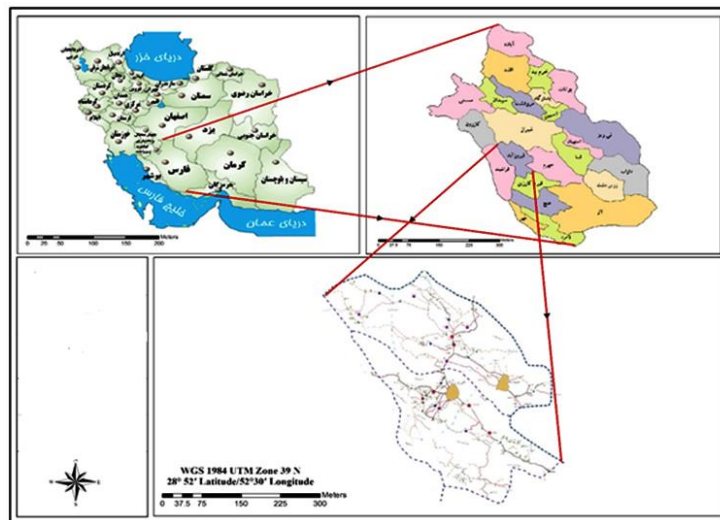
ژئومورفولوژی	<p>۱. شیب زمین: شیبی کمتر از ۴۰ درصد داشته باشد. با توجه به نزولات آسمانی و تولید شیرابه در محل دفن-شیب سطحی ۴ درصد با شیب جانبی ۳۰ درصد در سطح خاک پوششی الزامی است.</p> <p>۲. سنگ بستر: سنگ‌های آذرین یکپارچه، سنگ‌های رسوبی نفوذناپذیر و سنگ‌های دگرگونی غیرگسلی و متراکم بستر مناسبی برای دفن است.</p> <p>۳. جنس خاک: نفوذناپذیر و از جنس رس - لائی باشد.</p> <p>۴. گسل: از گسل‌ها و شکستگی‌های زمین حداقل ۸۰ تا ۱۰۰ متر فاصله داشته باشد.</p> <p>۵. توپوگرافی: در اراضی مسطح باشد.</p> <p>۶. اراضی ناپایدار: در پای دامنه و مناطق فرسایشی نباشد.</p>
هیدرواقليم	<p>۱. آب‌های سطحی: از آب‌های سطحی ۶۰۰ متر فاصله داشته باشد.</p> <p>۲. بارش: در مناطق پرباران استقرار نیابد.</p> <p>۳. جهت باد: در جهت بادهای غالب قرار نداشته باشد.</p> <p>۴. آب‌های زیرزمینی: حتی‌المقدور پایین باشد. عمق‌های بیش از ۷ متر مناسب است.</p>
زیست محیطی	<p>۱. آلودگی هوا، آب، خاک: حداقل امکان انتشار تأثیرات ناشی از گازها، بخارات و بوی نامطبوع را داشته باشد.</p> <p>۲. حساسیت‌های اکولوژیکی: پوشش گیاهی، حیات وحش، گونه‌های نادر و مناطق تحت حفاظت را تهدید نکند.</p>
کاربری اراضی	<p>۱. نواحی جمعیتی و تأسیسات صنعتی: حداقل فاصله از شهرها ۵ و حداکثر ۲۰ کیلومتر باشد.</p> <p>۲. برای توسعه شهر: در جهت توسعه پیش‌بینی شده مجتمع‌های زیستی نباشد.</p> <p>۳. زمین‌های کشاورزی: حداقل ۵۰۰ متر فاصله داشته باشد.</p>
خطوط ارتباطی	<p>۱. خطوط نیرو: خطوط نیرو را تهدید نکند و حداقل ۱ کیلومتر فاصله داشته باشد.</p> <p>۲. جاده‌ها: در تمام فصول سال قابل تردد باشد. حتی‌المقدور کوتاه باشد و از مناطق پرجمعیت نگذرد. پرتردد نبوده و عرض راه‌ها کمتر از ۶ تا ۷ متر نباشد.</p>
اقتصادی	<p>۱. طول عمر زمین: دارای عمری معادل حداقل ۱۵ تا ۲۰ سال باشد و امکان پذیرش پسماندها را تا آینده درازمدت داشته باشد.</p> <p>۲. ایجاد سایت: هزینه خاک‌برداری و تسطیح، ایجاد پوشش عایق، راه‌سازی، برق، آب و... حتی‌المقدور کم باشد.</p> <p>۳. استفاده مجدد: بعد از پایان طول عمر محل دفن بتوان از آن به‌عنوان فضای سبز یا زمین بازی استفاده کرد.</p> <p>۴. ارزش زمین: بهای زمین و هزینه‌های جانبی قابل قبول باشد.</p>

منبع: خورشیددوست و عادل، ۱۳۸۸

## محدوده مورد مطالعه

شهر فیروزآباد در محدوده جنوب غربی استان فارس، در عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی واقع شده است. این شهر در فاصله ۱۱۶ کیلومتری شیراز و در جنوب شرقی شهر باستانی گور یا جور قرار

دارد. این شهر از شمال به شهرستان‌های شیراز و کازرون، از غرب به فراهیند، از جنوب به شهرستان قیر و کارزین و از شرق به شهرستان چهرم محدود شده است. بر اساس آخرین تقسیمات کشوری دارای دو نقطه شهری (فیروزآباد- میمند) و دو بخش مرکزی و میمند و پنج دهستان (احمدآباد، جایدشت، خواجه‌ای، دادنجان پریزتون) است. ارتفاع متوسط دشت فیروزآباد، ۱۳۲۰ متر و شیب متوسط آن ۵ درصد است. اطراف دشت از سازندهای آهکی چهرم تشکیل شده است و از لحاظ ذخیره آب‌های زیرزمینی وضعیت مناسبی دارد. اقلیم فیروزآباد نیز نیمه‌خشک بوده و میانگین بارش در طول دوره آماری ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۰ برابر با ۴۲۳ میلی‌متر بوده است. همان‌گونه که ذکر شد، به واسطه رشد جمعیت و به تبع آن توسعه فیزیکی شهر فیروزآباد، در سال‌های اخیر روزانه حدود ۸۰ تن زباله در این شهر تولید می‌شود که محل دفن فعلی این زباله‌ها در جنوب این شهر است (طرح جامع شهری، فیروزآباد، ۱۳۹۲: ۱۳).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

## روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله توصیفی-تحلیلی است و با استفاده از داده‌های میدانی و کتابخانه‌ای (اسناد، نقشه، تصاویر ماهواره‌ای و...) منطقه مورد مطالعه بررسی شد. سپس با استفاده از منطق فازی برای تعیین ارزش و وزن معیارهای مختلف مؤثر در مکان‌یابی محل دفن پسماند در محیط GIS Arc، به طراحی یک مدل برای انتخاب محل دفن پرداخته شد. وزن‌دهی معیارها با استفاده از پرسش‌نامه و استفاده از ۳۰ نفر از کارشناسان و متخصصان که ۱۰ نفر آن‌ها کارشناسان شهرداری، ۲۰ نفر آن‌ها از استادان و دانشجویان تحصیلات تکمیلی رشته‌های جغرافیا و محیط‌زیست دانشگاه بودند، انجام شد. منطق فازی قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که مبهم‌اند، صورت‌بندی ریاضی کند و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. درجه عضویت‌پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع و گاما، توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند (بنی‌اسدی و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۳). در فرایند مکان‌یابی اراضی مناسب برای محل دفن مواد زائد، مدل مفهومی و متغیرهای مؤثر در مدل، مثل شبکه

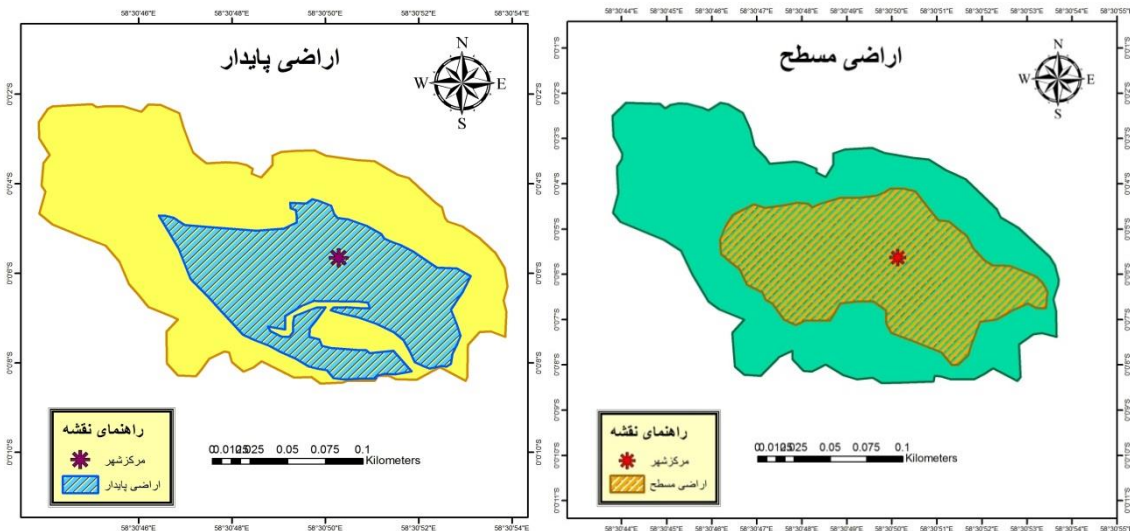
ارتباطی و حریم آن، زیرساخت‌ها و تجهیزات، تراکم و سرانه‌ها، تولید، مصرف، بازیافت و... شناسایی و بعد از تعریف لایه‌های اطلاعاتی، مانند توپوگرافی، شیب، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، گسل موانع توسعه، شبکه ارتباطی سکونتگاه‌های روستایی، آب‌های سطحی و... تعریف و تبیین شده است. آماده‌سازی این لایه‌ها در قالب ساخت توپولوژی، تصحیح و ویرایش، تصحیح هندسی تصاویر و نقشه‌ها و... انجام گرفت و بعد از تعریف، روش مناسب ترکیب و شناسایی توابع ترکیب لایه‌ها صورت پذیرفت. بعد از تحلیل جدولی بانک‌های اطلاعاتی ادغام شده، مکان مورد نظر شناسایی و ارزیابی شده است.

### یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

به طور کلی معیارهای مختلفی در انتخاب مکان‌های بهینه برای دفن پسماند، مؤثرند. اطلاع از این معیارها تأثیر زیادی بر مدیریت محیط در مناطق مختلف می‌گذارد.

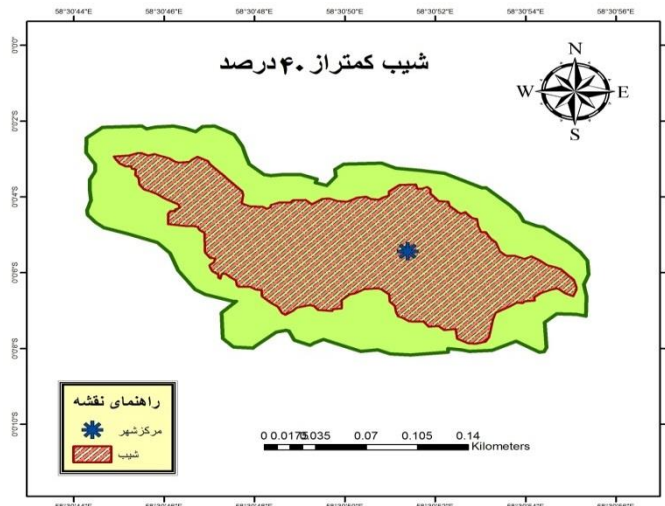
#### معیار ژئومورفولوژی

شیب، جهت شیب و وضعیت توپوگرافی منطقه از پارامترهای مهم ژئومورفیک مؤثر بر مکان‌یابی مناطق بهینه برای دفن زباله در مناطق مختلف هستند. به طور کلی شیب منطقه‌ای که باید زباله در آن دفن شود، کمتر از ۴۰ درصد است (خورشیددوست و عادل، ۱۳۸۸: ۶۷)؛ اما جهت آن نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور مثال اگر جهت شیب به سمت جاده‌ها، تأسیسات، اراضی کشاورزی و مناطق صنعتی یا هر چیزی که سلامت آنجا به مخاطره افتد، باشد، قطعاً در انتخاب، یک عامل منفی تلقی می‌شود. مشاهده نقشه شیب منطقه مورد نظر نشانگر این است که شیب عمومی منطقه بین صفر تا ۱۵ درصد است که با توجه به موضوع یعنی درصد شیب بین (۱۵-۰) درصد، آن هم در جهات مختلف، از این حیث منطقه دارای شیب و جهت مناسب است. از طرفی تعیین وضعیت توپوگرافی محل دفن به دلیل مؤثر بودن به نوع عملیات، روش دفن، طراحی زهکشی‌های منطقه دفن، نوع تجهیزات مورد نیاز، تعیین تراز آب‌های زیرزمینی، تعیین نوع استفاده آبی از زمین، پیش‌بینی توسعه اقدامات آبی و توسعه تجهیزات دفن، با ارزش و مهم تلقی می‌شود. معمولاً مناطق مرتفع و مسطح (با شیب کم) در صورت داشتن سایر شرایط نظیر نفوذناپذیر بودن خاک، مناسب‌ترین مکان‌ها هستند. چنین زمین‌هایی در آینده می‌توانند به‌عنوان مناطق صنعتی یا تفریحی استفاده شوند. زمین‌های گود و پست اگرچه قابلیت پذیرش مقادیر بیشتری از مواد زائد را دارند، به دلیل آنکه پایین‌تر از سطح زمین قرار گرفته‌اند، بیشتر در معرض سیلاب‌ها هستند و در اثر جاری شدن آب، این‌گونه زمین‌ها فرسایش می‌یابند. به همین دلیل در صورتی که برای دفن مواد زائد، زمین‌های دره‌ای شکل انتخاب شوند، برای جلوگیری از جاری شدن آب در آن و فرسایش خاک، طراحی زهکشی‌های سطحی ضروری است.



شکل ۳. نقشه اراضی مسطح شهر

شکل ۲. نقشه اراضی پایدار شهر



شکل ۴. نقشه شیب کمتر از ۴۰ درصد شهر

## معیار هیدرواقليم

در بحث هیدرولوژی موقعیت رودخانه‌های دائمی و فصلی، موقعیت مسیل‌ها و آبراهه‌ها و دشت‌های در معرض طغیان بررسی می‌شود. محل انتخابی دفع مواد زائد باید فاصله مناسبی از رودخانه‌های دائمی و فصلی داشته باشد تا در صورت انتشار احتمالی آلودگی، موجب آلوده شدن آب نشود. علاوه بر این، محل دفع باید در جایی باشد که در معرض آب‌گرفتگی قرار نگیرد. به طور مثال استانداردهای بین‌المللی پیشنهاد می‌کنند که با در نظر گرفتن محدوده سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، فاصله لازم از مناطق در معرض سیل را حفظ کنیم. همچنین موقعیت آب‌های زیرزمینی، قنات‌ها و چاه‌ها نیز باید بررسی شود. این مسئله از این جهت حائز اهمیت است که محل دفع می‌تواند باعث آلودگی منابع آب زیرزمینی شود. این منابع ممکن است برای مصارف آب شرب یا کشاورزی استفاده شوند که در این صورت آلودگی آن‌ها خسارات

جبران‌ناپذیری را وارد خواهد ساخت. از طرفی تأثیر میزان بارندگی در منطقه‌ای که دفن زباله در آن صورت می‌پذیرد، بسیار مهم و حیاتی است. دلیل آن هم تشکیل رواناب پس از بارش و نیز سطح آب زیرزمینی است. اگر محل دفن زباله در منطقه پربارش باشد، یعنی اینکه احتمال بالابودن سطح آب زیرزمینی بسیار زیاد است و طبیعتاً بالابودن سطح آب زیرزمینی در منطقه‌ای که دفن در آن صورت می‌گیرد، باعث نشت آلودگی به آب می‌شود و سلامت جامعه انسانی، نباتی و جانوری را به مخاطره می‌اندازد. البته شدت بارش نیز در نفوذ شیرابه به عمق زمین مؤثر است. هرچه بارندگی آرام و مداوم باشد، میزان نفوذپذیری افزایش می‌یابد. البته این موضوع با دخالت عواملی نظیر پوشش گیاهی و شیب زمین دچار تغییر می‌شود. منطقه مورد مطالعه فاقد پوشش گیاهی درختی است. به طور کلی می‌توان گفت پوشش گیاهی ضعیفی دارد؛ لذا نفوذ آب به‌واسطه پوشش گیاهی، درخصوص این منطقه صدق نمی‌کند.



شکل ۵. نقشه توزیع بارش در منطقه مطالعاتی



شکل ۶. نقشه مسیر آب‌های سطحی در منطقه مطالعاتی



شکل ۷. نقشه جهت باد غالب در منطقه مطالعاتی



شکل ۸. نقشه رودخانه تنگاب در منطقه مطالعاتی



## معیار خطوط ارتباطی

به طور کلی برای سهولت و کاهش زمان حمل‌ونقل و هزینه، مکان دفن باید تا حد امکان دارای راه اصلی و جاده بوده و به راه‌های موجود نزدیک باشد. همچنین باید دقت کرد که جاده‌ها دوطرفه بوده و از نظر عرض و انحنا برای عبور تجهیزات و کامیون‌های مرکز دفن مناسب باشند. عرض جاده‌های دائمی را معمولاً ۶ تا ۷ متر در نظر می‌گیرند. در صورتی که محل دفن دارای تجهیزات عظیم و سنگین نباشد، جاده با عرض ۴/۵ متر نیز مناسب است. ورودی به جاده محل دفن نیز باید حداقل در ۱۲ متری اتوبان قرار داشته باشد. شیب بهینه جاده‌های دسترسی در سربالایی کمتر از ۷ درصد و در سرازیری کمتر از ۱۰ درصد است (حیدرزاده، ۱۳۸۲: ۱۸). معمولاً در مناطقی که بارندگی زیاد است، جاده‌های فرعی را با لایه‌ای از بتون یا مواد آسفالتی می‌پوشانند تا در اثر خیس شدن زمین، وسائط نقلیه دچار مشکل نشوند. نکته دیگر اینکه جاده‌ها باید در تمامی طول سال قابل تردد باشند و از مناطق پرجمعیت و پرتردد نگذرد.

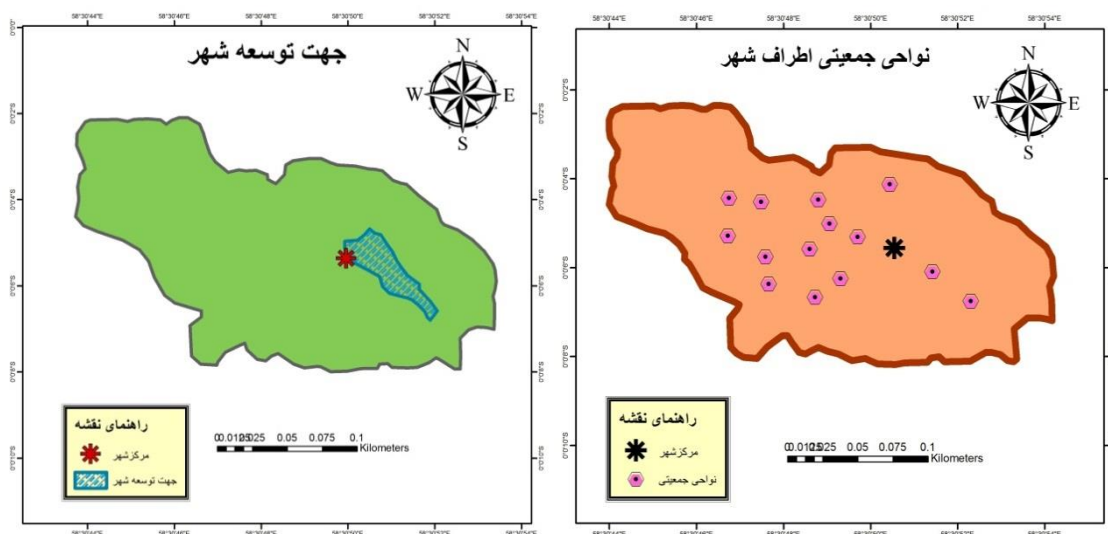


شکل ۹. نقشه خطوط ارتباطی منطقه مطالعاتی

## معیار کاربری اراضی

یکی دیگر از موضوعاتی که باید در انتخاب محل دفع به آن‌ها توجه کرد، بحث کاربری اراضی است. این مسئله بسیار روشن است که محل دفع انتخابی باید فاصله کافی و مناسب را از تمامی اراضی که کاربری خاصی دارند، حفظ کند. از عوارضی مهمی که در بحث کاربری اراضی باید گنجانده شوند، می‌توان به زمین‌های زراعی، جنگل‌ها و بیشه‌ها، باغ‌های میوه، تاکستان‌ها و... اشاره کرد که باید فاصله لازم را از هر کدام از این عوارض با توجه به اهمیت آن‌ها حفظ کرد.

۱. نواحی جمعیتی و تأسیسات صنعتی: حداکثر ۲۰ کیلومتر فاصله داشته باشد.
۲. جهت توسعه شهر: در جهت توسعه پیش‌بینی شده مجتمع‌های زیستی نباشد.
۳. بعد از پایان طول عمر محل دفن بتوان از آن به‌عنوان فضای سبز یا زمین بازی استفاده کرد.
۴. زمین‌های کشاورزی: حداقل ۵۰۰ متر فاصله داشته باشد.



شکل ۱۰. نقشه جهت توسعه شهر

شکل ۱۱. نقشه نواحی جمعیتی شهر



شکل ۱۲. نقشه مناطق کشاورزی در منطقه مطالعاتی

### تهیه نقشه‌ها بر اساس فاصله از معیارهای مورد مطالعه

برای ورود به عملیات مکان‌یابی و قبل از ادغام نقشه‌ها، لازم است تمامی لایه‌های مورد استفاده از اعداد و مقادیر معیار ارائه شده استاندارد شود. این موضوع بدان معنی است که تمام لایه‌های مورد استفاده به مقیاسی تبدیل شوند که با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری قابلیت ادغام داشته باشند. برای این کار منطق فازی را می‌توان به کار گرفت. در روش منطق فازی هر نقطه از زمین‌های مدنظر با گرفتن یک مقدار عضویت مشخص با استفاده از مقادیر آستانه مختلف و توابع عضویت فازی، میزانی از مقبولیت را برای استفاده به منظور دفن پسماندهای جامد مشخص می‌کنند. بدین معنا که مقدار عضویت بالاتر، مرغوبیت بیشتر و مقدار عضویت پایین‌تر، مرغوبیت پایین‌تر را نشان می‌دهد. در منطق فازی هیچ

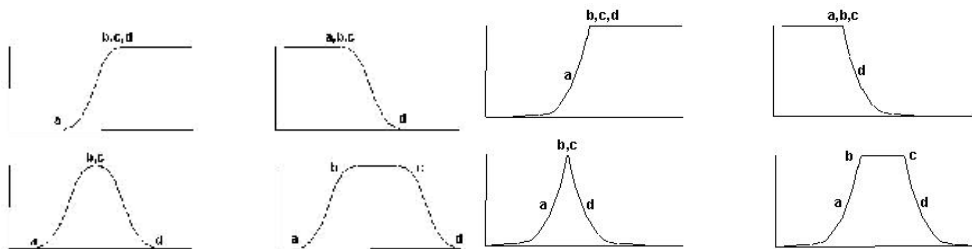
قطعی وجود ندارد که بتوان بر اساس آن یک ناحیه را کاملاً نامناسب یا کاملاً مناسب دانست. بدین معنا که هر ناحیه‌ای بسته به میزانی که معیار تحت بررسی را رعایت می‌کند، دارای مقدار عضویتی است که نمایانگر میزان مرغوبیت آن زمین است. یعنی هر منطقه یا پیکسل دارای مقدار عضویت بالاتر، مرغوب‌تر خواهد بود. مقیاس معمولی برای استفاده در منطق فازی، مقیاسی بین صفر و یک است. لیکن از آنجا که طیف رنگ‌ها در رایانه بیش از ۲۵۶ طیف نخواهد بود، می‌توان به‌جای مقیاس بین ۰-۱ از مقیاس ۰-۲۵۵ استفاده کرد که در این مقیاس اعداد نزدیک‌تر به ۲۵۵ مرغوبیت بیشتر را نشان می‌دهد. این کار بر اساس معیارهای مکان‌یابی و انجام آزمون‌های لازم برای تمامی توابع موجود در نرم‌افزار Arc GIS ممکن است. در این قسمت هریک از لایه‌ها به طور جداگانه با توجه به موقعیت منطقه مورد مطالعه و معیارهای مکان‌یابی استاندارد شده و برای استفاده در مرحله بعد آماده شده است.

### استانداردسازی نقشه‌ها در منطق فازی

در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر (X) رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد ( $\mu(x)$ ) که بیان‌کننده میزان مطلوب آن ناحیه می‌باشد. بدین معنی که هر ناحیه با مقدار عضویت بالاتر، از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. در منطق فازی قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه‌بندی می‌شود ( $0 < \mu(x) < 1$ ) (لین<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۶). همانگونه که گفته شد، از آن رو که در سیستم‌های کامپیوتری می‌توان از ۰-۲۵۵ نشان داد، می‌توان به‌جای مقیاس صفر و یک، مقیاس صفر تا ۲۵۵ را استفاده کرد. در این مقیاس‌ها اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیشتری خواهند داشت؛ یعنی عدد ۲۵۵ بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت است و طیفی از مقادیر بین این دو عدد قرار می‌گیرند که هرچه به ۲۵۵ نزدیک‌تر می‌شود، مطلوبیت افزایش می‌یابد. علاوه بر مسئله انتخاب مقیاس برای تهیه نقشه‌های فازی می‌بایست نوع تابع فازی را نیز بررسی کرده و تابع مناسب‌تر را برای معیار مدنظر انتخاب کرد. از توابع مشهور می‌توان به توابع Linear، Sigmoidal و J-Shape اشاره کرد. توابع ذکرشده در محیط GIS وجود دارد و علاوه بر این توابع، کاربر می‌تواند با توجه به نیاز خود، تابع را نیز تعریف کند.

$$\alpha = x - a \quad b - a * P / 2$$

$$\text{if } x \text{ f } b \Rightarrow \mu = 1$$

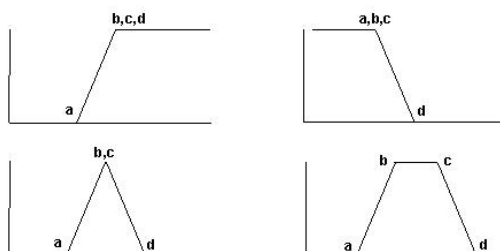


شکل ۱۴. تابع J-Shape

شکل ۱۳. تابع Sigmoidal

$$\mu = 1 / (1 + ((\chi - \alpha) / (\beta - \alpha))^2)$$

$$\text{if } x \text{ f } b \Rightarrow \mu = 1$$



شکل ۱۵. تابع Linear

یکی دیگر از عوامل مؤثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی تعیین حد آستانه است که نقاط کنترل نیز به آن‌ها گفته می‌شود. اما نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه کرد، نوع کاهشی یا افزایشی بودن توابع است. منظور از کاهشی، حداقل شونده یا نزولی بودن تابع و منظور از افزایشی بودن، حداکثر شونده یا صعودی بودن تابع است. به طور مثال در رابطه با لایه عمق آب زیرزمینی که هرچه عمق بیشتر شود، مناسب‌تر است، از تابع افزایشی استفاده می‌شود و درباره فاصله از مرکز شهر که هرچه مسافت بیشتر شود، هزینه بالاتر می‌رود، از تابع کاهشی استفاده می‌شود.

### وزن‌دهی به معیارها

در روش‌های وزن‌دهی چندمعیاره، می‌بایست برای معیارهای مورد بررسی وزن‌هایی تخصیص داده شود. این وزن‌دهی بسیار مهم و تعیین‌کننده است. در تعیین وزن‌ها نهایت دقت لازم است تا نتیجه حاصل مطابق با انتظار باشد. دو نوع وزن برای اختصاص به معیارها وجود دارد: ۱. وزن‌های معیار؛ ۲. وزن‌های درجه‌ای. در استخراج وزن‌های معیار با توجه به سهولت کاربرد و قابلیت اطمینان مطلوب، از روش مقایسه دوتایی استفاده می‌شود.

### اختصاص وزن‌های معیار

برای انجام روش مقایسه دوتایی ابتدا تک‌تک معیارهای مورد بررسی مقایسه شده و میزان اهمیت نسبی هر جفت نسبت به امتیازبندی موجود بین ۱ تا ۹ در یک ماتریس وارد شد. پس از آن وزن‌ها محاسبه گردید. مقایسه‌های انجام‌شده (C R) همچنین نسبت توافق را نشان می‌دهند (جدول ۲) (استمان<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷).

جدول ۲. حد آستانه و نوع تابع فازی برای استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

شکل تابع فازی	نوع تابع فازی	حد آستانه		لایه نقشه
		c یا a	b یا d	
Sigmoidal	کاهشی	۳	۴۰	شیب به درصد
Sigmoidal	افزایشی	۲۵۰	۱۰۰۰	فاصله از نواحی جمعیتی شهر (متر)
Sigmoidal	افزایشی	۱۵۰	۶۵۰	فاصله از آب‌های سطحی (متر)
Sigmoidal	افزایشی	۱۵۰	۵۰۰	فاصله از مناطق کشاورزی (متر)
Sigmoidal	کاهشی	۰	۲۵۰	فاصله از اراضی مسطح (متر)
Sigmoidal	کاهشی	۰	۲۵۰	فاصله از اراضی پایدار (متر)
Sigmoidal	افزایشی	۲۰۰	۶۰۰	فاصله از رودخانه (متر)
Sigmoidal	افزایشی	۱۵۰	۵۰۰	فاصله از مناطق پر باران (متر)
Sigmoidal	افزایشی	۲۰۰	۱۰۰۰	فاصله از جهت باد غالب (متر)
J-Shape	افزایشی	۳۰۰	۵۰۰۰	فاصله از جهت توسعه شهر (متر)
J-Shape	کاهشی	۱۰۰	۹۰۰۰	فاصله از راه‌ها (متر)

جدول ۳. وزن‌های درجه‌ای معیارهای ارزیابی مورد استفاده در مکان‌یابی محل دفن

پدیده‌های مورد ارزیابی	درصد اهمیت	تقدم گروهی
هزینه به ریال	۱۳/۵ درصد	مسائل اقتصادی
آب‌های زیرزمینی، آب‌های سطحی، خدمات بهره‌برداری	۳۶/۴ درصد	بهداشت عمومی
زراعی، بیوفیزیکی	۲۴/۱ درصد	مسائل زیست‌محیطی
بو، گرد و غبار، آلودگی صوتی، هماهنگی کاربری و...	۱۳/۳ درصد	مسائل اجتماعی
مراکز تاریخی و باستانی	۱۲/۷ درصد	مسائل فرهنگی

### اختصاص وزن‌های درجه‌ای

وزن‌های درجه‌ای برای استفاده در روش آنالیز وزنی درجه‌ای (OWA) بکار می‌روند و بیان‌کننده اهمیت معیاری هستند که دارای بیشترین مقدار تأثیر می‌باشد (Malczewski, 1999). استخراج وزن‌های درجه‌ای معیارهای ارزیابی می‌توانند از نظرات کارشناسی منتج شوند.

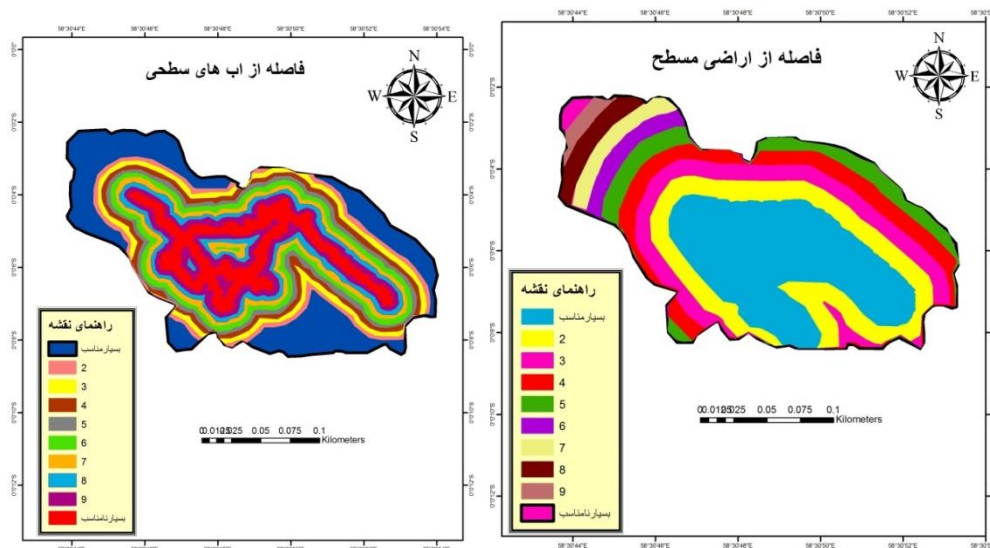
در نتیجه برای انجام عملیات مکان‌یابی و رسیدن به مناطق مناسب به منظور دفن پسماند، نقشه‌های استاندارد حاصل از مراحل قبل برای تلفیق لایه‌های استاندارد شده که از سه روش منطق بولین Boolean، روش OWA و روش WLC به دست آمدند، استفاده شدند. برای ترکیب لایه‌ها، با استفاده از منطق بولین (صفر و یک، بودن یا نبودن یک شرط) مکان مناسب در لایه مدنظر به دست آمد. منطق بولین به دو روش صورت گرفت:

### – استفاده از تحلیل زمین پردازش

در این روش لایه‌های به‌دست‌آمده با یکدیگر ترکیب شدند. برای ترکیب، شرط‌های مدنظر برای یک مکان مناسب اعمال شدند و به همین ترتیب نقاطی که شرط لازم را نداشتند، حذف شدند. در این روش لایه‌های اطلاعاتی به‌صورت برداری تبدیل شدند.

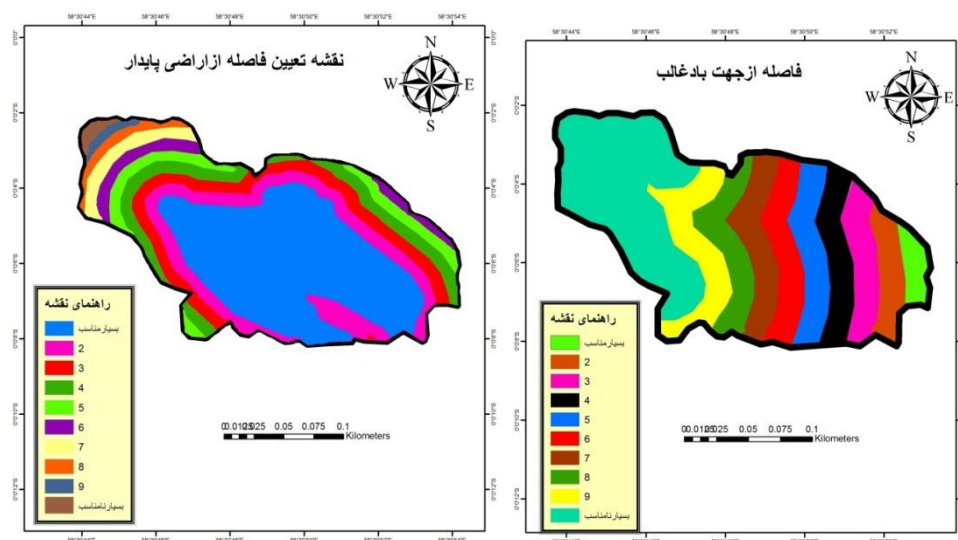
### – استفاده از تحلیل فضایی

برای این کار لایه‌ها به فرمت Raster تبدیل شدند. مناطقی که در لایه مدنظر شرط لازم را نداشتند، یک امتیاز منفی گرفتند و مناطقی که شرط را داشتند، ارزش صفر گرفتند. درنهایت مناطقی که کم‌ترین امتیاز را داشتند، به‌عنوان نقاط بهینه انتخاب شدند.



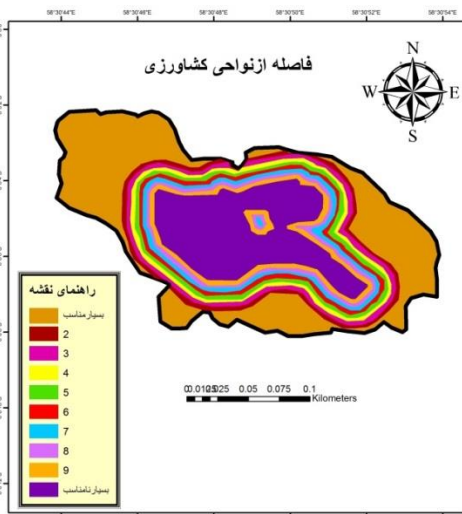
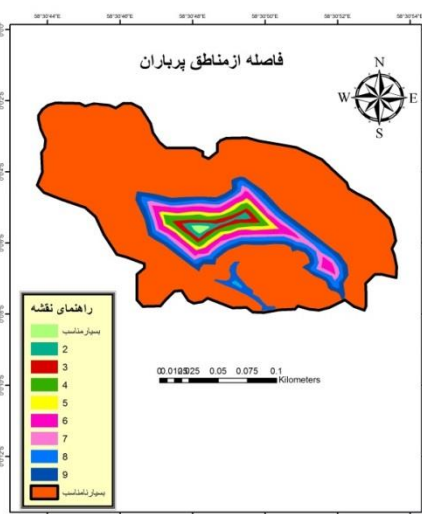
شکل ۱۷. نقشه تعیین فاصله از اراضی مسطح

شکل ۱۶. نقشه تعیین فاصله از آب‌های سطحی



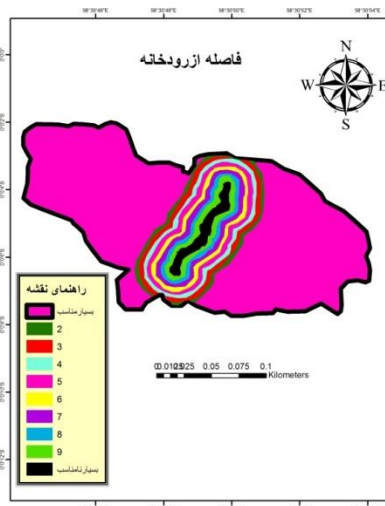
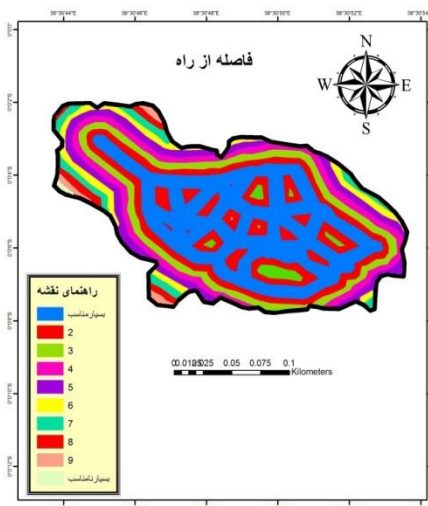
شکل ۱۹. نقشه تعیین فاصله از جهت باد غالب

شکل ۱۸. نقشه تعیین فاصله از اراضی پایدار



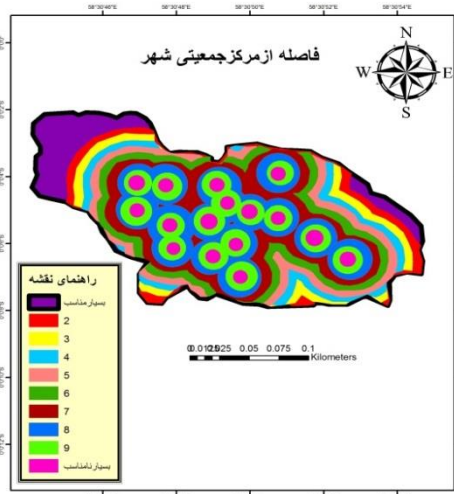
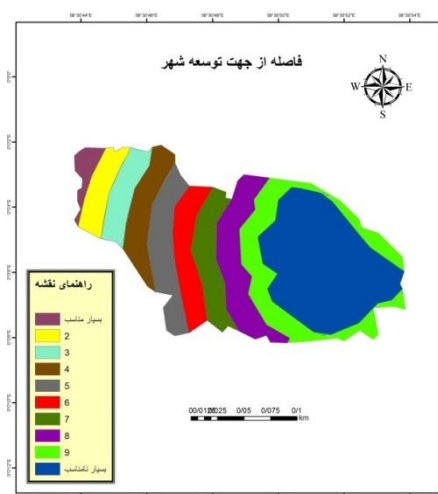
شکل ۲۱. نقشه تعیین فاصله از نواحی کشاورزی

شکل ۲۰. نقشه تعیین فاصله از مناطق پرباران



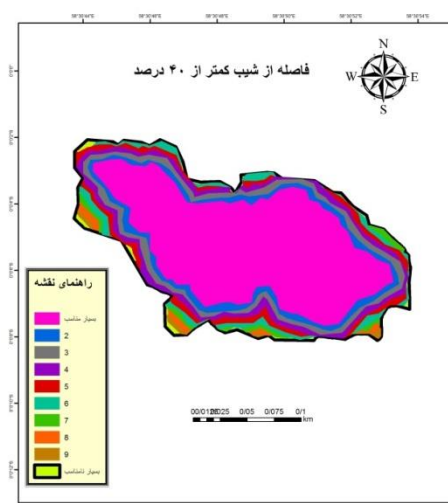
شکل ۲۳. نقشه تعیین فاصله از رودخانه

شکل ۲۲. نقشه تعیین فاصله از راه‌های سطح شهر



شکل ۲۵. نقشه تعیین فاصله از شیب کمتر از ۴۰ درصد

شکل ۲۴. نقشه تعیین فاصله از نواحی جمعیتی

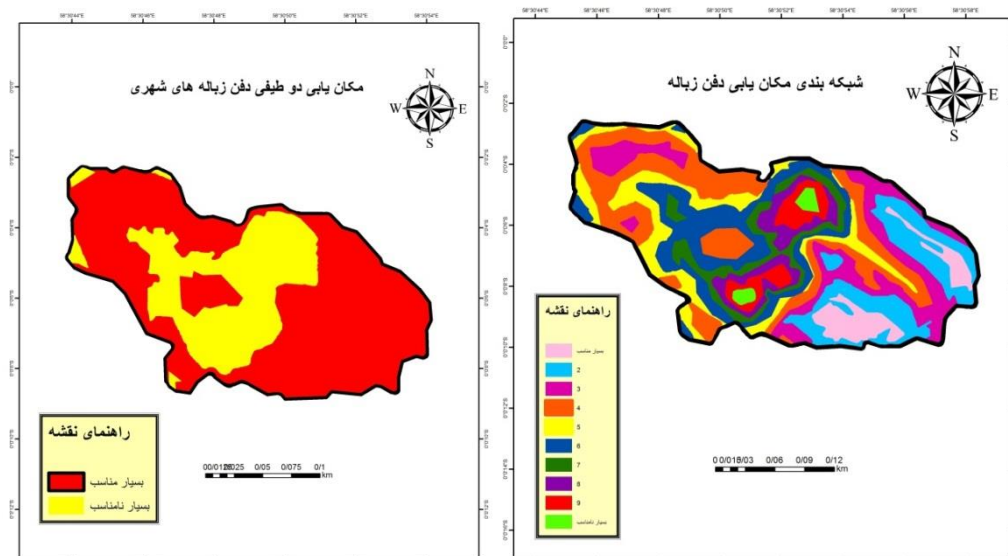


شکل ۲۶. نقشه تعیین فاصله از جهت توسعه شهر

### تلفیق لایه‌ها، مقایسه گزینه‌های انتخابی مکان‌یابی و انتخاب گزینه برتر

با توجه به گسترش روزافزون جمعیت شهری و طبعاً افزایش مصرف و همچنین افزایش پسماند، از جمله پسماندهای خانگی، صنعتی، اتمی و... فعالیت‌های چشمگیری برای حل معضل پسماند و روش‌های مناسب دفن این مواد انجام گرفته است. اما بدون استفاده از یک سیستم توانمند به‌عنوان ابزاری مطمئن که توانایی استفاده از لایه‌های اطلاعاتی متعدد و تجزیه و تحلیل آن‌ها را داشته باشد، امکان حل این معضل ممکن نخواهد بود. در مسائل تصمیم‌گیری و GIS، با توجه به توانایی‌های وسیع، توانایی ادغام و روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی، بهترین گزینه مناسب و منطقی برای یافتن محل مناسب و تکنولوژی مربوط به GIS برای دفن پسماند، استفاده از آن است (Koa and lin, 1196). پس از استاندارد کردن نقشه‌ها مرحله تلفیق لایه‌های مورد استفاده به‌منظور دسترسی به مکان مناسب برای دفن پسماندها آغاز می‌شود. نخست با استفاده از (weight Overlay) نقشه‌های به‌دست‌آمده از مرحله قبلی، مجدداً وزن‌دهی شده و تمام نقشه‌ها به نقشه واحدی تبدیل می‌شوند که نشان‌دهنده محل‌های مکان‌یابی شده است. در این مرحله تأثیر هر یک از نقشه‌های به‌دست‌آمده بر اساس میزان تأثیر آن‌ها در مکان‌یابی تعیین می‌شود. به طوری که مجموع وزن تأثیر لایه‌های مورد مطالعه باید عدد ۱۰۰ باشد و سرانجام نقشه نهایی تهیه می‌شود.



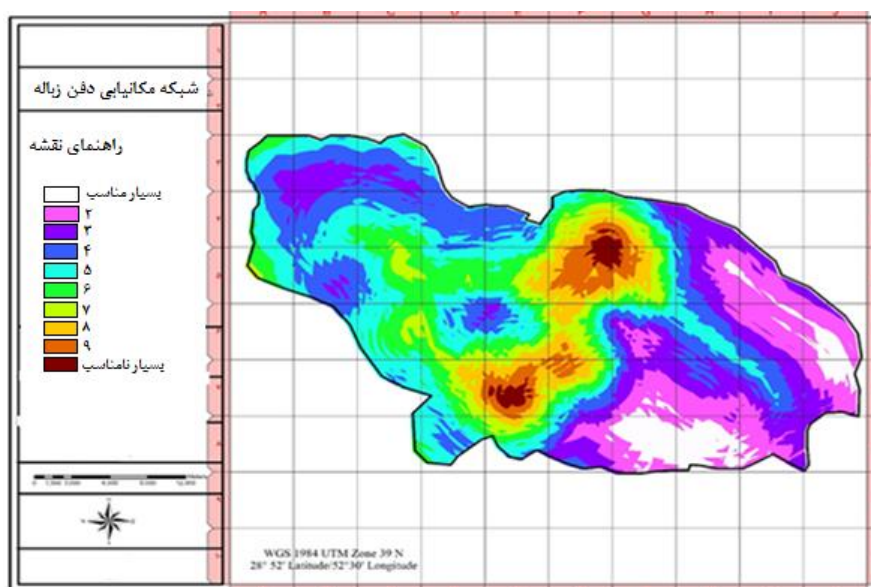


شکل ۲۷. نقشه مکان‌یابی دو طیفی دفن زباله‌های شهری

شکل ۲۸. نقشه مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری

### شبکه‌بندی مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری فیروزآباد

در قسمت Layer نقشه حاصل از weight Overlay با ارزش‌های ۱ تا ۱۰ که در وزن‌دهی استفاده شده است، مشخص می‌شود که ارزش عدد ۱ نشان‌دهنده بهترین ارزش بوده و برای دفن پسماندهای جامد دارای بهترین شرایط است؛ لذا به‌عنوان کاملاً مطلوب تعیین می‌شود. مزیت این مرحله حذف نقاطی است که دارای ارزش کاذب هستند. در نقشه‌های شماره ۲۷ و ۲۸ این ارزش‌های کاذب مشخص است. اما در نقشه شماره ۲۹ که نقشه نهایی تحقیق است، به‌صورت دقیق مکان‌یابی شده است که بهترین مکان برای دفن پسماندهای جامد، بخش‌های جنوب شرق و شمال شرق منطقه است.



شکل ۲۹. نقشه شبکه‌بندی مکان‌یابی دفن زباله‌های شهری

## نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با در نظر گرفتن معیارهای مورد استفاده، از منطق فازی برای تعیین ارزش و وزن معیارهای مختلف برای مکان‌یابی محل دفن پسماندهای جامد که نیاز آتی شهر فیروزآباد را پاسخ می‌دهد، استفاده شد. لایه‌های مختلف اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق شده و مناطق مناسب و نامناسب برای دفن پسماندها مشخص شدند. نقشه نهایی، پهنه‌های مختلف را از نظر قابلیت ایجاد مرکز دفن نشان می‌دهد که به علت نزدیکی مناطق به یکدیگر امکان ادغام وجود دارد و بدین ترتیب زمینه تأسیسات و تجهیزات وابسته برای بازیافت و کارخانه کمپوست را نیز فراهم می‌سازد. در نهایت پس از ارزیابی‌های به عمل آمده و هم‌پوشانی لایه‌های وزن‌دهی شده، گزینه برتر، بخش‌های جنوب شرق و شمال شرق و تا حدی شمال غرب منطقه است؛ زیرا در این مکان برای دفن پسماندهای جامد، بسیاری از پارامترهای محیطی در وضعیتی کاملاً مناسب است و امکان سرمایه‌گذاری کنونی و آتی در این قسمت وجود دارد. بر اساس شواهد موجود مکان‌هایی به‌عنوان نامناسب تعیین شده‌اند که به طور عمده روی دشت‌های حاصلخیز و با نفوذپذیری بالا هستند و مناطق خوب به طور عمده در تپه‌ماهورها که ضخامت خاک بیشتر بوده و از مراکز جمعیتی و نیز زمین‌های مناسب کشاورزی و مناطق حساس دور هستند، تعیین شده است. بر این اساس و با توجه به مواردی که ذکر شد، مطابق با شکل شماره ۲۸، بخش‌های مرکزی شهر فیروزآباد نامناسب‌ترین مکان‌ها برای دفن زباله را تشکیل می‌دهند. به طور کلی و با توجه به یافته‌های پژوهش، نتایج زیر مطرح می‌شود:

۱. در روش مبتنی بر منطق بولین، با توجه به محدودیت‌های قطعی که در آن اعمال می‌شود، تعداد مناطق مکان‌یابی شده نسبت به روش‌های مبتنی بر منطق فازی، کمتر است.
۲. از لحاظ اطمینان در نتایج، با توجه به بهترین شرایط اعمال شده در روش بولین، نتایج حاصل، از رضایتمندی کمتری برخوردار است.
۳. منطق بولین در مناطقی که زمین دارای محدودیت است مناسب نیست؛ زیرا قدرت تصمیم‌گیری تنها با توجه به دامنه مقادیر معیارها، تحت تأثیر قرار می‌گیرد و قدرت مانور در تصمیم‌گیری تنها با تغییر این محدوده‌ها قابل افزایش است.
۴. روش فازی اعمال شده، با وجود سادگی آن، دارای WLC شد که روش ضعیفی است. از جمله اینکه در این روش مناطق زیادی مکان‌یابی می‌شوند که ممکن است مناسب نباشند.
۵. الگوریتم OWA با استفاده از وزن‌های درجه‌ای این قدرت را به تصمیم‌گیر می‌دهد که عوامل مهم‌تری را که از نظر او مسئله مکان‌یابی را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهند با همان اهمیت در مسئله قرار دهد و در اثر این برتری، نتیجه حاصل از مکان‌یابی به روش OWA دارای قدرت تفکیک بهتری بین طیف‌های موجود است.

## منابع

- بزرگمهر، کیا؛ حکیم دوست، سید یاسر؛ پورزیدی، علی محمد؛ صیدی، زهرا (۱۳۹۳)، «مکان‌یابی بهینه محل دفن مواد زاید جامد شهری با استفاده از مدل AHP و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان تنکابن)»، *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، دوره ۲۳، شماره ۹۱، صص ۸۸-۸۱.
- بنی‌اسدی، رقیه؛ احمدی‌زاده، سید سعیدرضا؛ اعتباری، بهروز؛ قمی معتضه، علیرضا (۱۳۹۲)، «تعیین مکان‌های مناسب دفن پسماندهای جامد شهری در آستارا با استفاده از روش AHP و منطق فازی»، *مجله محیط‌زیست و توسعه*، سال ۴، شماره ۸، صص ۵۰-۴۱.
- حیدرزاده، نیما (۱۳۸۲)، معیارهای مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد شهری، چاپ دوم، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.
- خورشیددوست، محمدعلی؛ عادل، زهرا (۱۳۸۸)، «کاربرد عوامل ژئومرفولوژیک در مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری»، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، سال دوم، شماره ۵، صص ۷۲-۶۳.
- شهرداری فیروزآباد، طرح جامع شهری، شهر فیروزآباد، (۱۳۹۲).
- سعیدینیا، احمد (۱۳۷۸)، کتاب سبز شهرداری: مواد زائد جامد شهری، جلد هفتم، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.
- مهتابی‌اوغانی، مرضیه؛ نجفی، اکبر؛ یونسی، حبیب‌اله (۱۳۹۲)، «مقایسه دو روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تأسیس در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری (مطالعه موردی: انتخاب محل دفن پسماند شهری کرج)»، *مجله سلامت و محیط*، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۳، صص ۳۵۲-۳۴۱.
- هادیانی، زهره؛ احدنژاد روشتی، محسن؛ کاظمی‌زاد، شمس‌الله؛ شاه‌علی، امیر (۱۳۹۱)، «مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر زنجان)»، *مجله فضای جغرافیایی*، دوره ۱۲، شماره ۴۰، صص ۱۱۶-۱۳۳.
- Costa, I., Massard, G., & Agarwal, A. (2010). «Waste management policies for industrial symbiosis development»: case studies in European countries. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 815-822.
- Eastman, J.R. (1997). IDRISI for windows users guide, version 3.2, Clark labs for cartographic technology and Geographic Analysis, Clark University.
- Gbanie, P.S; Tengbe, B.P., Momoh, S.J., Medo J., Kabba, T, S, Victor. (2013). Modelling land fill location using Geographic Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): Case study Bo, Southern Sierra Leone. *Applied Geography*, num 36: 3-12.
- Geng, Y., Zhu, Q., & Haight, M. (2007). «Planning for integrated solid waste management at the industrial Park level: A case of Tianjin, China». *Waste Management*, 27(1), 141-150.
- Gorsevski, P.V., Donevska, K.R., Mitrovski, C.D., & 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 Management*, 32: 287-296.
- Hendrix, W. and bukly. D. (1992). «Use of GIS for selection of sites for land application of sewage waste», *journal of soil and water conservation*.

- Kao, J. and H. Lin (1996). «Multifactor spatial analysis for landfill siting». *Journal of Environmental Engineering*, V. 122, N10, Oct 1996, P. 902 –908.
- Lin, H., J. kao, K.Li, H.H.Hwang (1996). Fuzzy GIS assisted landfill siting analysis. Proceedings of International Conference on solid waste technology and management.
- Malczewsk, J., (1999). GIS and multicriteria decision analysis. New York: John Wiley & sons Inc.
- Vastava, Sh and nathawat. (2003) . selection of potential waste disposal sites around Ranchi urban complex using remote sensing and GIS techniques, urban planning, map Asia conference. International Conference on solid waste technology and management.