

## مدل‌سازی مکان‌های مناسب دفن زباله با استفاده از روش‌های AHP، منطق فازی، شاخص همپوشانی وزنی و منطق بولین (مطالعه موردی شهر اردبیل)

عقیل مددی<sup>۱</sup>

محمد آزادی مبارکی<sup>۲</sup>

فریدون بابائی اقدم<sup>۳</sup>

### چکیده

شهر اردبیل که در شرق منطقه آذربایجان واقع شده است، به‌عنوان سومین شهر پرجمعیت آذربایجان از دیرباز یکی از کانون‌های عمده جمعیتی بوده و از سال ۱۳۷۲ به عنوان مرکز استان اردبیل شناخته شده است، تعدادی شهرک صنعتی در اطراف آن احداث شده است و همچنین رشد روزافزون جمعیت در این شهر، بی‌شک باعث تولید مواد زائد زیادی شده است. هدف نخست در تحقیق حاضر که برگرفته از طرح پژوهشی یک ساله است، شناسایی مکان مناسب جهت دفن زباله در شهرستان اردبیل می‌باشد. برای نیل به این هدف از روش‌های همپوشانی وزنی، تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، منطق فازی و منطق بولین استفاده شده است. هدف دوم این پژوهش مقایسه روش‌های فوق و شناخت روش مناسب جهت مکانیابی دفن زباله‌های جامد شهر اردبیل می‌باشد. برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، از نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، هیدرولوژی، کاربری اراضی، عناصر اقلیمی موثر در محل دفن زباله و همچنین تیپ اراضی بهره گرفته شد. داده‌های مورد نیاز برای مکان‌یابی دفن زباله در نرم افزارهای IDRISI و ArcGIS9/3 پردازش شده و در نهایت نقشه نهایی ترسیم گردید. نتایج مکان‌یابی برای دفن زباله‌های شهر اردبیل زمینی به مساحت ۴۵ هکتار است که در ۱۷ کیلومتری شمال شهر اردبیل (سمت چپ جاده اردبیل - مغان) قرار دارد. مشاهدات میدانی نیز موید مناسب بودن منطقه فوق برای دفن زباله می‌باشد. همچنین نتایج حاکی از کاربرد موثر روش‌های AHP، شاخص همپوشانی وزنی و منطق فازی است که به ترتیب بیشترین تناسب را برای مکانیابی دفن زباله در شهر اردبیل دارا می‌باشند. در این بین روش بولین با ارائه مکانیابی نادرست، جزو روش‌های نامناسب محسوب می‌شود. واژگان کلیدی: روش‌های مکانیابی، زباله، شهر اردبیل، GIS.

## مقدمه

انسان همواره به عنوان موجودی شناخته شده که به‌طور ذاتی به نظافت و پاکیزگی محیط خود اهمیت داده و در جهت حفظ بهداشت محیط تلاش نموده است. با آغاز یکجا نشینی و متعاقب آن شهرنشینی و در نتیجه با پیشرفت تمدن و افزایش جمعیت در شهرها، لزوم به کارگیری روش‌های درست و اصولی برای حفظ محیط زیست و در نتیجه حفظ سلامت بهداشتی شهروندان ضروری می‌نماید. مشکلات ناشی از پیشرفت تمدن و افزایش جمعیت، مسئولین و مدیران شهری را برآن می‌دارد تا با اتخاذ تدابیری اقدام به مکان‌یابی مکان بهینه به منظور دفن زباله در سطح شهر کنند. رشد روزافزون جمعیت در شهر اردبیل، بی‌شک باعث تولید مواد زائد زیادی شده است. در رابطه با موضوع مورد مطالعه محققان تحقیقات زیادی را برای شهرهای متفاوت انجام داده‌اند که در زیر به مواردی از آنها اشاره می‌شود. حبیبی (۱۳۸۴)، مکانیابی محل دفن مواد زائد جامد شهری در شهر سنندج را مورد مطالعه قرار داده که در این پژوهش با استفاده از منطق فازی و تصویر ماهواره‌ای لندست و با توجه به معیارهای مختلف به مکانیابی محل دفن زباله برای شهر سنندج پرداخته است. سرخی (۱۳۸۴)، به مکانیابی دفن زباله‌های شهری با استفاده از معیارهایی مانند: ژئومورفولوژی، هیدرولوژی، زیست محیطی، کاربری اراضی و... با تأکید بر مسائل ژئومورفولوژیکی و با استفاده از ابزارهای GIS پرداخته است. امینی (۱۳۸۵)، با روش‌های بولین و فازی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در محیط GIS به مکانیابی محل دفن زباله در شهر ساری پرداخته است. ولیزاده و همکاران (۱۳۸۶)، در طرح ملی مکانیابی محل دفع و دفن پسماندهای ویژه صنعتی در منطقه شمال غرب کشور با استفاده از ۲۴ لایه اطلاعاتی و به کارگیری روش‌های بولین، فازی و همپوشانی لایه‌ها، مکان‌های بهینه را مورد شناسایی قرار دادند. عدالی (۱۳۸۶)، با استفاده از روش سلسله‌مراتبی به بررسی ویژگی‌های ژئومورفیک در مکانیابی محل دفن مواد زائد شهری بناب پرداخته است. فرایند مکانیابی در پژوهش وی، با در نظر گرفتن معیارهای ژئومورفولوژی و زیر معیارهایی چون سنگ بستر، خاک، شیب، گسل، اراضی ناپایدار و غیره می‌باشد. همچنین علاوه بر معیارهای ژئومورفولوژی به معیارهای زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و هیدرواقليم نیز توجه شده است. نیرآبادی

(۱۳۸۶)، به مکانیابی محل دفن مواد زائد شهری تبریز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته است. در این پژوهش از روش‌های بولین، تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، ترکیب خطی وزین (WLC) و وزن‌دهی ساده افزایشی (SAW) استفاده شده است. کائو<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۹۷)، یک مدل هوشمند سیستم خبره (Expert System) را با GIS تلفیق کرده و محیطی را جهت ارزیابی و مکانیابی دفن محل زباله با استفاده از GIS ارائه کرده‌اند. کارنپرسیپ<sup>۲</sup> و همکاران (۱۹۹۷)، نیز مطالعه‌ای انجام داده‌اند که در آن تلفیق روش AHP با تئوری مجموعه فازی در محیط GIS، رستری برای غربال کردن اولیه مکان‌های دفن زباله در تایلند به کار برده است. واستاوا و ناسوات<sup>۳</sup> (۲۰۰۳)، در پژوهشی با عنوان مکانیابی محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی با استفاده از GIS, RS با در نظر گرفتن معیارهایی چون زمین‌شناسی، گسل‌ها، شیب زمین، نوع سنگ مادر و خاک، آب‌های سطحی و عمق آب زیرزمینی، مراکز شهری، شبکه ارتباطی موجود، فاصله از فرودگاه و... اقدام نموده است. باگچی و امالندو<sup>۴</sup> (۲۰۰۴)، در کتاب خود به مدیریت و انتخاب محل دفن پرداخته است. این کتاب از لحاظ محتوایی بسیار جامع می‌باشد. و در دو بخش جداگانه با عناوین مدیریت مواد زائد و طراحی مکان‌های دفن بهداشتی نوشته شده است. در بخش اول مباحثی همچون بازیافت، استفاده مجدد از مواد، جمع‌آوری و در بخش دوم نحوه انتخاب محل دفن، حفاظت و طراحی بحث دیگر مورد مطالعه قرار گرفته است. در زمینه بکارگیری روش AHP در مکان‌یابی محل دفن زباله، محققان دیگری از جمله سایمون و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۰۱)، هوبینا<sup>۶</sup> (۲۰۰۵)، پروسک<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۵)، هر یک مطالعاتی را در نواحی مختلف به انجام رسانده‌اند. در پژوهش حاضر، یک هدف اصلی و همچنین یک هدف فرعی دنبال می‌شود. هدف اصلی پژوهش حاضر، مکانیابی دفن مواد زائد شهری در دشت اردبیل و همچنین برنامه‌ریزی دقیق به منظور توسعه پایدار در منطقه می‌باشد. در هدف فرعی نیز، به مقایسه و

1- Kao

2- Charnpratheep

3- Vastava &amp; Nathawat

4- Bagchi &amp; Amalendu

5- Simone

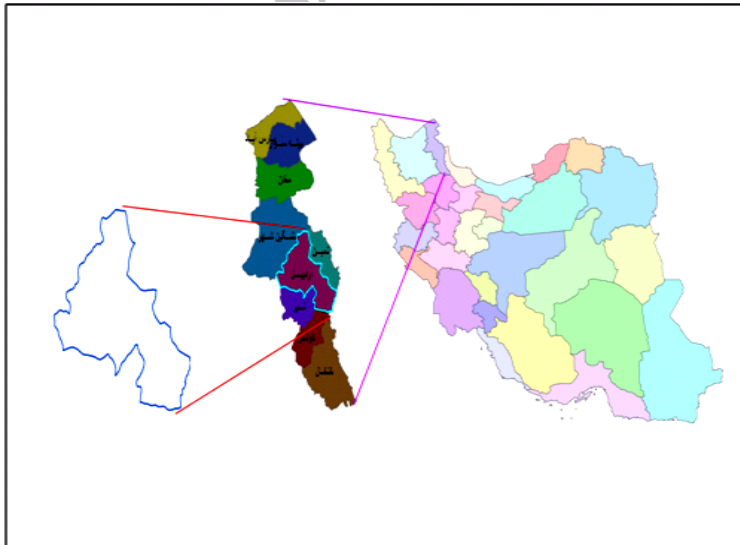
6- Hubina

7- Prusk

بررسی نتایج حاصل از عملکرد هر کدام از روش‌های مورد استفاده در این پژوهش پرداخته می‌شود که در نهایت مطلوب‌ترین و کاراترین روش برای محدوده مورد مطالعه، انتخاب و معرفی می‌گردد.

### محدوده مورد مطالعه

در منتهی‌الیه ضلع خاوری فلات آتشفشانی آذربایجان و حد فاصل ارتفاعات باغروداغ در خاور، عنبران در شمال، سیلان و بزغوش در باختر و جنوب بین  $5^{\circ} 38'$  تا  $28^{\circ} 38'$  عرض شمالی و  $10^{\circ} 48'$  تا  $41^{\circ} 48'$  طول خاوری، دشت میان کوهی هموار و حاصلخیزی وجود دارد که در گوشه باختری آن شهر اردبیل جای گرفته است که به دلیل موقعیت ممتازش از دیرباز به‌عنوان یکی از کانون‌های عمده جمعیتی بوده است. شهرستان اردبیل، در منطقه‌ای با مختصات جغرافیایی  $47^{\circ} 48'$  تا  $39^{\circ} 48'$  طول شرقی و  $37^{\circ} 56'$  تا  $38^{\circ} 33'$  عرض شمالی قرار دارد. این شهرستان، از شمال به شهرستان مشگین‌شهر، از شرق به شهرستان نمین، از جنوب به شهرستان گیوی و از غرب به استان آذربایجان شرقی محدود شده است.



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه

## مواد و روش

مکانیابی مرکز دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری به دلیل ویژگی‌های طبیعی و زیست محیطی امری بسیار حساس و پیچیده می‌باشد. با توجه به مسائل و مشکلات ذکر شده، مرحله مکانیابی از مهم‌ترین مراحل است چرا که یک مکانیابی مناسب می‌تواند بسیاری از مشکلات قابل پیش‌بینی در یک محل دفن را به شکل قابل توجهی مرتفع سازد. این مشکلات نه تنها جنبه‌های ژئومورفولوژی و زیست محیطی و اجتماعی دارند بلکه از نظر اقتصادی نیز نیازمند شناخت و دسته‌بندی معیارها و محدودیت‌های مکانیابی محل بعد از دفن می‌باشد (شمسایی فرد، ۱۳۸۲). در پژوهش حاضر به منظور رسیدن به نتایج درست و منطقی، سعی شده است تا از چند روش مرسوم در امر مکان‌یابی استفاده شود که به قرار زیر می‌باشند: (۱) تحلیل سلسله‌مراتبی (۲) مدل همپوشانی وزن‌دار (۳) مدل بولین (۴) منطق فازی. با توجه به اعمال روش‌های متفاوت، متناسب با آن نیز تمام پارامترهای موثر در امر مکانیابی دفن زباله در دشت اردبیل تهیه شده و با ایجاد پایگاه اطلاعاتی در محیط GIS به تهیه لایه‌های مربوطه اقدام گردید (جدول ۱). سپس با توجه به نتایج برگرفته از تحقیقات محققان پیشین در امر مکان‌یابی دفن زباله و همچنین با تحقیقات میدانی در محدوده مورد مطالعه، لایه‌ها با شیوه‌ای خاص در هر کدام از روش‌های مورد استفاده استانداردسازی شدند.

جدول (۱) لایه‌های مورد نیاز برای مکان‌یابی دفن زباله در دشت اردبیل

۱	لایه فاصله از مناطق شهری	۱۲	لایه فاصله از آب‌های زیرزمینی
۲	لایه فاصله از مناطق روستایی	۱۳	لایه فاصله از چاه‌ها
۳	لایه فاصله از فرودگاه	۱۴	لایه مربوط به میزان بارش
۴	لایه فاصله از مناطق صنعتی	۱۵	لایه مربوط به تعداد روزهای یخبندان
۵	لایه مربوط به پوشش گیاهی	۱۶	لایه مربوط به درجه حرارت
۶	لایه مربوط به ارتفاع	۱۷	لایه فاصله از راه‌های اصلی
۷	لایه مربوط به شیب	۱۸	لایه فاصله از راه‌های فرعی
۸	لایه مربوط به فرسایش	۱۹	فاصله از خطوط گاز
۹	لایه فاصله از گسل‌ها	۲۰	فاصله از خطوط آب
۱۰	لایه مربوط به سازند زمین	۲۱	فاصله از خطوط برق
۱۱	لایه فاصله از شبکه‌های هیدروگرافی	////	////////////////////

داده‌های مورد نیاز برای مکان‌یابی دفن زباله در نرم‌افزارهای Arc و EDRISI، Spss  
GIS9/3 پردازش شده و در نهایت نقشه نهایی ترسیم گردید.

## نتایج و یافته‌های

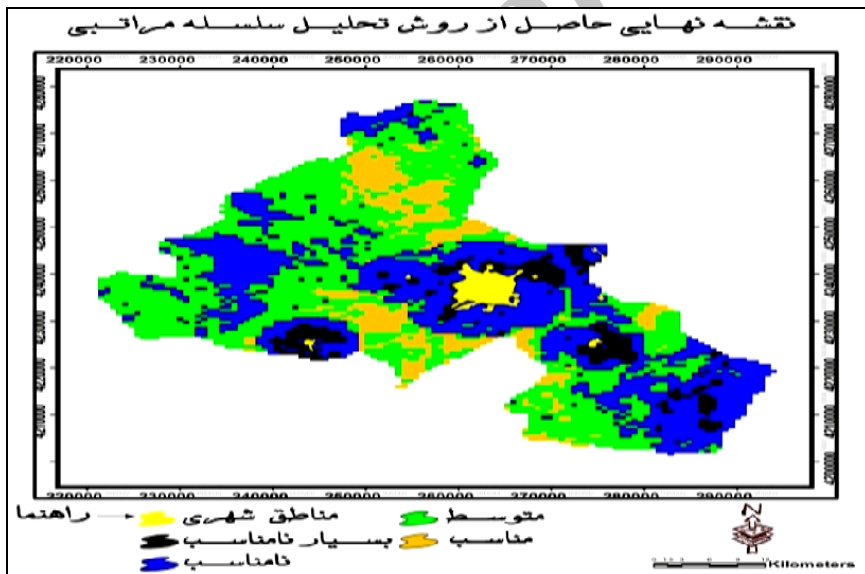
### الف) فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی

روش مقایسه دو تایی به وسیله ال ساعتی (۱۹۸۰) در زمینه فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی (AHP) ارائه شده است. این روش شامل مقایسه دوتایی به منظور ایجاد یک ماتریس نسبت می‌باشد که یک ورودی به صورت مقایسه‌های دوتایی دارد و وزن‌های نسبی را به عنوان خروجی تولید می‌نماید (قدوسی‌پور، ۱۳۸۴). مدلی که به منظور تلفیق اطلاعات مذکور مورد استفاده قرار گرفته در اصل یک مدل وزنی بر اساس مدل AHP است. در این مدل لایه‌ها با توجه به فاصله مناسب محل دفن زباله از هر یک از پارامترهای ذکر شده در جدول ۱، استانداردسازی شده سپس در نظام سلسله‌مراتبی قرار گرفته و به صورت زوجی مقایسه شدند. لازم به ذکر است که وزن‌دهی برای لایه‌ها در این مدل، بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ می‌باشد. به منظور تعیین وزن نسبی پارامترهای اصلی، ابتدا برای هر یک از آنها ماتریس میانگین هندسی تشکیل شد و وزن نسبی هر یک از آنها محاسبه گردید. باید توجه داشت ماتریسی دارای وزن‌های درست می‌باشد که نسبت توافق (CR) آن کمتر از ۰/۱ باشد. سپس به تعیین وزن نسبی زیر معیارها و گزینه‌ها اقدام شد و در نهایت وزن نهایی هر یک از گزینه‌ها از طریق حاصل ضرب وزن‌های نسبی بدست آمده برای معیارها و زیرمعیارها تعیین گردید و لایه‌ها به کلاس‌های مورد نظر تقسیم شدند. در نهایت لایه‌های طبقه‌بندی شده با هم تلفیق و نقشه نهایی با بهره‌گیری از گزینه مربوط به Ahp در محیط GIS، به دست آمد. در مدل AHP پس از استانداردسازی، ابتدا لایه‌های مربوط به کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیم، خطوط ارتباطی و خطوط نیرو پس از ماتریس‌بندی به صورت جفت جفت با هم مقایسه شده و در نهایت لایه‌ای ویژه برای هر کدام از آنها تهیه گردید. سپس ماتریس نهایی به منظور مکان‌یابی ایجاد شد (جدول ۲) که منجر به تهیه لایه نهایی گردید و در آن مکان‌های پیشنهادی به ترتیب اولویت‌بندی شدند (شکل ۲).

جدول (۲) وزن‌دهی به معیارها بر اساس روش مقایسه دوتایی

معیار	کاربری ارضی	ژئومورفولوژی	زمین شناسی	هیدرولوژی	اقلیم	خطوط ارتباطی	خطوط نیرو	وزن نسبی
کاربری ارضی	۱	۲	۳	۴	۶	۷	۹	۰/۳۵۸
ژئومورفولوژی	۰/۵	۱	۲	۳	۵	۶	۷	۰/۲۴۳
زمین شناسی	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۲	۴	۵	۶	۰/۱۶۴
هیدرولوژی	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۰/۵	۱	۳	۴	۵	۰/۱۱۱
اقلیمی	۰/۱۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۱	۳	۴	۰/۰۶۲
خطوط ارتباطی	۰/۱۴۲	۰/۱۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳۳۳	۱	۱	۰/۳۵۳
خطوط نیرو	۰/۱۱۱	۰/۱۴۲	۰/۱۶۶	۰/۲	۰/۲۵	۰/۵	۱	۰/۲۴۹

CR=۰/۰۴۰۶

**ب) مدل همپوشانی وزن‌دار**

تحلیل فضایی مکانی، شناسایی مناطق مستعدی است که با معیارهایی از ارزش‌های هر پیکسل نقشه رستری، استخراج می‌شود. همپوشانی وزن‌دار تکنیکی برای تبدیل ارزش

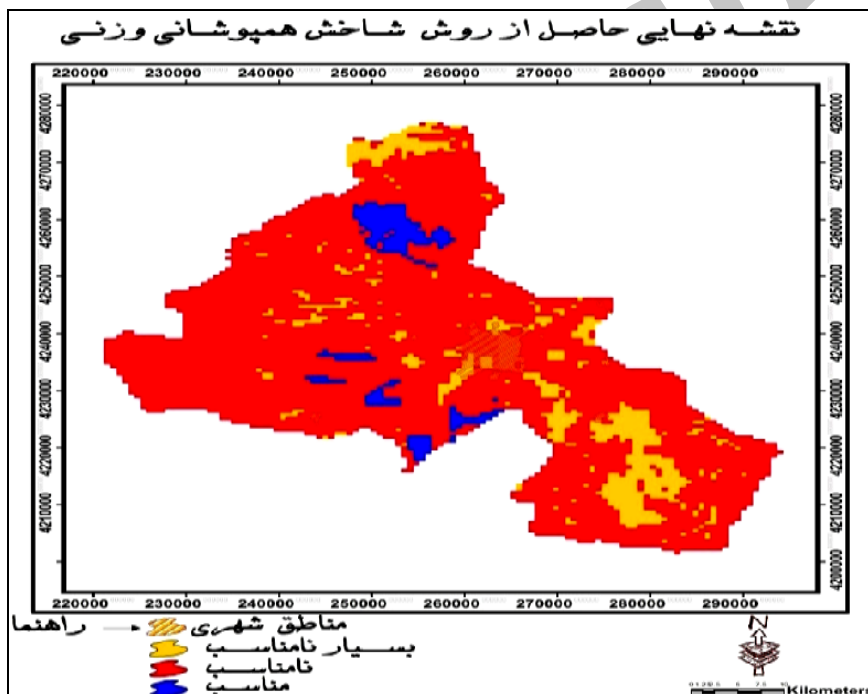
داده‌ها در مقیاس و اندازه‌های مختلف به مقیاس واحد برای تحلیل‌های ترکیبی است. به عنوان مثال، دو نقشه رستری که در مقیاس ۱ الی ۳ طبقه‌بندی مجدد شده‌اند، هر نقشه رستری درصدی از نفوذ را برای نتیجه نقشه رستری خروجی اعمال می‌کند. بدین معنی که ارزش پیکسل‌ها در دو نقشه ورودی به نفوذ آن ضرب شده و نتایج آنها برای تولید نقشه خروجی جمع می‌شوند (محمودزاده، ۸۶). در این مدل به منظور تهیه لایه خروجی برای مکان‌یابی دفن زباله در دشت اردبیل، با استناد به جدول (۱)، نقشه‌ها طبقه‌بندی شده و درصد نفوذ هر یک از پارامترها با توجه به نظرات کارشناسی نویسندگان این پژوهش بر روی لایه‌ها اعمال گردید (جدول ۳).

جدول (۳) وزن‌های درجه‌ای معیارهای ارزیابی مورد استفاده در روش شاخص همپوشانی

درصد اهمیت	پدیده مورد ارزیابی	درصد اهمیت	تقدم گروهی	معیارهای مکانیابی
۲۷٪	فاصله از مناطق شهری	۲۵٪	کاربری اراضی	معیارهای مکانیابی
۲۵٪	فاصله از روستاها			
۱۹٪	فاصله از فرودگاه			
۱۷٪	فاصله از نواحی صنعتی			
۱۲٪	پوشش گیاهی			
۳۸٪	ارتفاع	۲۰٪	ژئومورفولوژی	
۳۴٪	شیب			
۲۸٪	فرسایش			
۶۵٪	فاصله از گسل	۱۸٪	زمین‌شناسی	
۳۵٪	سارند زمین			
۳۸٪	فاصله از آب‌های سطحی	۱۵٪	هیدرولوژی	
۳۴٪	فاصله از آب‌های زیرزمینی			
۲۸٪	فاصله از چاه‌ها			
۴۰٪	میزن بارش	۱۰٪	اقلیم	
۳۵٪	تعداد روزهای یخبندان			
۲۵٪	میزان دما			
۶۰٪	فاصله از راه‌های اصلی	۷٪	خطوط ارتباطی	
۴۰٪	فاصله از راه‌های فرعی			
۱۰۰٪	فاصله از خطوط کار	۵٪	خطوط نیرو	



لایه‌ها بعد از طبقه‌بندی وارد محیط Weighted Overlay در نرم‌افزار ARCGIS 9/3 گردیدند. در مرحله اول برای هر کدام از معیارهای اصلی با توجه به ضریب نفوذ زیرمعیارهای آنها لایه خروجی استخراج شد. سپس لایه‌های استخراج شده برای هر کدام از معیارها به منظور تهیه لایه نهایی دوباره به محیط Weighted Overlay فراخوانده شدند. پس از مدل‌سازی، لایه خروجی تهیه گردید که در شکل ۳، قابل مشاهده می‌باشد.



### ب) مدل عملگرهای بولین یا منطق بولی

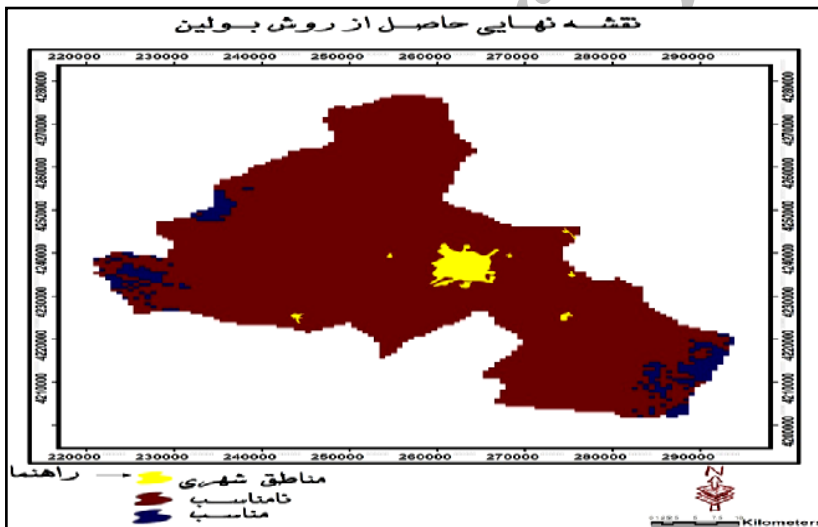
این مدل روشی برای بازیابی داده‌ها با استفاده از قوانین منطق بولی برای عمل کردن بر روی خواص مکانی و توصیف‌هاست. جبر بولی از اپراتورهای AND، OR، XOR و NOT برای مشاهده اینکه آیا شرط مخصوصی درست است یا غلط استفاده می‌کند. در این مدل

وزن‌دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی براساس منطق صفر و یک است. به عبارتی دیگر هر واحد در نقشه یا مناسب است یا نامناسب به تعبیری دیگر یا سازگار است یا ناسازگار و حد وسطی وجود ندارد. در این مدل نماگر AND اشتراک و نماگر OR اجتماع مجموعه‌ها را استخراج می‌کند. به عبارتی نماگر AND تنها پیکسلی که در تمامی نقشه‌ها پایه ارزش یک دارد در نقشه نهایی ارزش یک خواهد داشت و جزء مناطق مناسب قرار می‌گیرد. اما نماگر OR پیکسلی را که فقط از نظر یک نقشه پایه مناسب بوده و ارزش یک داشته باشد و از لحاظ سایر لایه‌های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد در نقشه خروجی و تلفیق یافته، ارزش یک داشته و مناسب تشخیص داده می‌شود. عملگر محدودکننده با نماد «XOR» نمایش داده می‌شود و برای این استفاده می‌شود که یکی از دو شرایط مطرح شده را تعیین کند نه هر دو را (ثنایی‌نژاد، ۱۳۷۷: ۱۴۴). به منظور استاندارد سازی لایه‌ها با توجه به مدل بولین، جدول ۴، تهیه گردید که به موجب آن لایه‌ها استانداردسازی شده و با توجه به اپراتور AND (که با توجه به تعدد لایه‌های مورد استفاده در این پژوهش نسبت به سایر اپراتورها خروجی دقیق‌تر را ارائه داد)، لایه‌ها تلفیق گشته و در نتیجه لایه نهایی جهت مکانیابی استخراج گردید (شکل ۴).

جدول (۴) حدود معیارها در منطق بولین جهت استانداردسازی لایه‌ها

ردیف	لایه نقشه	حد قابل قبول برای مکان‌یابی دفن مواد زائد جامد	ارزش
۱	شیب	$< 15\%$	۱
۲	فاصله از گسل‌ها	$< 100$ متر	۱
۳	فرسایش	$< 100$	۱
۴	فاصله از مراکز مسکونی	بین ۳۰ - ۵ کیلومتر	۱
۵	عمق آب‌های زیرزمینی	$< 300$ متر	۱
۶	فاصله از آب‌های سطحی	$< 300$ متر	۱
۷	فاصله از چاه‌ها	$< 100$ متر	۱
۸	فاصله از فرودگاه	$< 2000$ متر	۱
۹	فاصله از مراکز جمعیتی	بین ۵ الی ۳۰ کیلومتر	۱
۱۰	فاصله از اراضی زراعی باغی	$< 200$ متر	۱
۱۱	فاصله از راه‌های اصلی	$< 500$ متر	۱

۱	< ۳۰۰ متر	فاصله از راه‌های فرعی	۱۲
۱	< ۱۰۰ متر	فاصله از خطوط انتقال نیرو	۱۳
۱	< ۵۰۰ میلیمتر	بارش	۱۴
۱	< ۲۰۰ روز در سال	یخبندان	۱۵
۱	< ۷ درجه سانتیگراد	میانگین دما	۱۶
۱	مناطق آهکی و ماری	سازند زمین	۱۷
۱	< ۱۰۰۰ متر	فاصله از روستاها	۱۸
۱	< ۱۰۰۰ متر	فاصله از مراکز صنعتی	۱۹



شکل (۴) نقشه نهایی حاصل از روش بولین

## منطق فازی

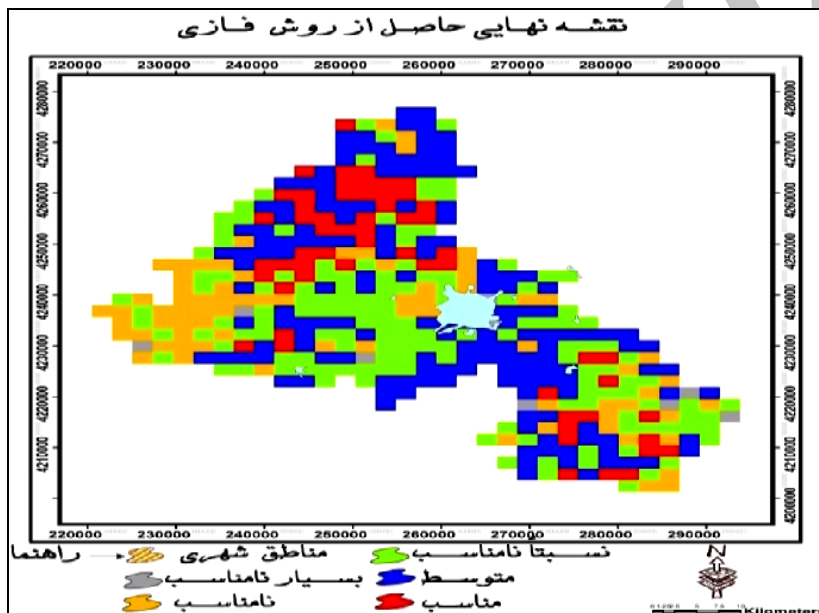
در منطق فازی، هر منطقه با توجه به مقداری که معیار مورد نظر را رعایت می‌کند، مقدار عضویتی می‌گیرد که بیان‌کننده میزان مطلوبیت آن ناحیه می‌باشد. بدین معنی که هر ناحیه با مقدار عضویت بالاتر مطلوبیت بالاتری برخوردار است. در منطق فازی مسأله قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد و هر لایه در مقیاسی بین صفر و یک درجه‌بندی

می‌شود. در این مقیاس‌ها اعداد بزرگ‌تر مطلوبیت بیشتری خواهند داشت. یعنی عدد ۱ از بالاترین مطلوبیت و عدد صفر فاقد مطلوبیت می‌باشد و طیفی از رنگ‌ها بین این دو عدد قرار می‌گیرند. علاوه بر مسأله انتخاب مقیاس، جهت تهیه نقشه‌های فازی، بایستی نوع تابع فازی نیز مورد بررسی قرار گیرد و تابع مناسب‌تر را برای معیار مورد نظر انتخاب شود. از جمله توابع مشهور می‌توان از تابع Linear, Sigmoidal و J-Shape را نام برد. توابع ذکر شده در نرم‌افزار IDRISI به صورت آماده وجود دارند و علاوه بر این توابع کاربر می‌تواند با نیاز خود تابع را تعریف کند. یکی دیگر از توابع موثر در استانداردسازی نقشه‌های فازی تعیین حد آستانه می‌باشد که به آنها نقاط کنترل نیز گفته می‌شود. اما نکته‌ای که بایستی در انتخاب تابع به آن توجه نمود، نوع کاهش یا افزایشی بودن آن است. در اینجا منظور از کاهش، حداقل شونده یا نزولی بودن تابع و منظور از افزایشی، حداکثر شونده یا صعودی بودن تابع است. جدول (۵)، مقادیر آستانه و نوع تابع فازی جهت استاندارد سازی نقشه‌های معیار در منطق فازی را نشان می‌دهد.

جدول (۵) حد آستانه و نوع تابع فازی جهت استانداردسازی نقشه‌های معیار در منطق فازی

نام تابع فازی	نوع تابع فازی	حد آستانه		لایه نقشه
		a یا C	b یا d	
J- Shape	کاهشی	۳	۴۰	شیب
Sigmoidal	افزایشی	۵	۳۲	فاصله از نواحی مسکونی
Sigmoidal	افزایشی	۱۵۰	۶۰۰	فاصله از آب‌های سطحی
Sigmoidal	افزایشی	۱۰۰	۱۰۰۰	فاصله از جاده‌ها (اصلی و فرعی)
J- Shape	افزایشی	۵۰۰	۳۰۰۰	فاصله از روستاها
J- Shape	افزایشی	۱	۷	فاصله از فرودگاه
Sigmoidal	افزایشی	۱۵۰	۶۰۰	فاصله از چاه‌ها
J- Shape	کاهشی	۱۰۰	۱۰۰۰	فرسایش
J- Shape	افزایشی	۰	۲۵۰	فاصله از پوشش گیاهی
Sigmoidal	افزایشی	۱۰	۳۰	عمق آب‌های زیرزمینی
Sigmoidal	افزایشی	۱۰۰	۱۰۰۰	فاصله از خطوط انتقال نیرو
Sigmoidal	افزایشی	۱۰۰	۱۰۰۰	فاصله از غسل

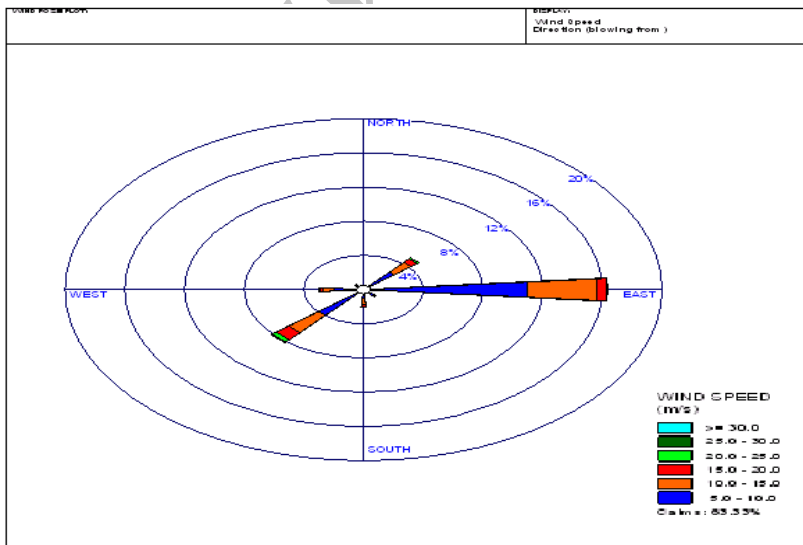
Sigmoidial	افزایشی	۵۰۰	۱۰۰۰	فاصله از مناطق صنعتی
J- Shape	کاهشی	۵۰۰	۱۰۰۰	ارتفاع
J- Shape	کاهشی	۲۰۰	۵۰۰	بارش
Sigmoidial	افزایشی	۲	۷	دما



## بحث

در پژوهش حاضر ضمن ایجاد پایگاه اطلاعاتی و استانداردسازی لایه‌های مورد نیاز برای روش‌های استفاده شده، لایه خروجی با توجه به روش‌های محاسباتی برای هر کدام از مدل‌ها تهیه گردید. همان‌طور که شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نشان می‌دهند، شاهد مکان‌های انتخاب شده به منظور دفن مواد زائد در شهرستان اردبیل هستیم که هر کدام بر اساس روش خاصی تهیه گردیدند. در امر مکان‌یابی صحیح دفن زباله معیارهایی نیز بعد از تهیه لایه خروجی بررسی می‌شود. از جمله ترسیم و تشریح گلباد منطقه، میزان وسعت لازم

جهت دفن، قیمت زمین‌های مکانیابی شده، جهت توسعه شهر و به‌طور کلی مردم‌پسند بودن مکان انتخاب شده می‌باشد. اعمال موارد مذکور به غربال کردن لایه‌های خروجی روش‌های مورد استفاده منجر می‌شود که در زیر به بررسی آنها پرداخته می‌شود. وزش باد به جریان وسیعی از هوا گفته می‌شود که ممکن است در مجاورت زمین و یا در سطوح فوقانی جو به وجود آید. در این پروژه مطالعه جریان افقی هوا در سطح زمین مورد نظر می‌باشد. گلباد شهرستان با آمار باد و به کمک نرم‌افزار WRPLOT طراحی و ترسیم شده است که هدف از ترسیم آن نمایش بادهای دیده‌بانی شده و نیز باد غالب، و همچنین مقدار درصد بادهای آرام می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیتی که این پدیده در مکانیابی دفن زباله دارد به مطالعه وضعیت باد غالب در این شهرستان پرداخته شد شدیدترین باد در منطقه مورد مطالعه مربوط به ماه‌های فصل زمستان می‌باشد. باد غالب اردیبل شرقی بوده و با سرعت متوسط  $4/2$  متر بر ثانیه در حال وزیدن می‌باشد. درصد باد آرام  $42/9$  و از کل بادهای دیده‌بانی شده نیز  $57/1$  درصد دارای وزش باد از جهات مختلف می‌باشد. بنابراین گلباد ایستگاه به خوبی توزیع وزش باد و درصد فراونی را مشخص کرده است (شکل ۶).



شکل (۶) گلباد ایستگاه اردیبل طی دوره آماری ۱۳۶۴ - ۱۳۸۶

لازم است در این زمینه مساحت مورد نیاز برای دفن زباله محاسبه شود. برای این منظور بایستی به عواملی از جمله نرخ رشد جمعیت، تولید سالانه زباله، ارتفاع و شکل محل دفن توجه نمود. با توجه به اینکه به موازات رشد جمعیت میزان تولیدی نیز افزایش می‌یابد، می‌توان نرخ رشد جمعیت را همان نرخ رشد تولید زباله در نظر گرفت. با توجه به جمعیت شهر اردبیل در سال ۱۳۷۵ که برابر با ۳۴۰۳۸۶ نفر و سال ۱۳۸۵ که ۴۱۸۲۶۲ نفر بوده است، می‌توان به طریق زیر میزان رشد جمعیت را مشخص نمود:

$$R = \sqrt[n]{\frac{PN}{P0}} - 1$$

در این فرمول  $P_0$  جمعیت در سال ۱۳۷۵ و  $P_N$  جمعیت در سال ۱۳۸۵ و  $r$  میزان رشد جمعیت است که برابر با ۲٪ می‌باشد. با توجه به تولید روزانه زباله در شهر اردبیل که ۳۰۰ تن می‌باشد، می‌توان حجم تولید زباله را به روش زیر حساب کرد.

$$P = \frac{m}{v}$$

$$۱۰۹۵۰۰ = ۳۰۰ \times ۳۶۵ = \text{متوسط تولید سالانه زباله}$$

$$M^3 = ۲۱۹۰۰۰ = \text{متوسط حجم سالانه زباله}$$

با توجه به اینکه میزان رشد تولید زباله معادل رشد جمعیت در نظر گرفته می‌شود و با احتساب دوره طراحی ۱۰ ساله برای محل دفن، حجم زباله تولیدی در یک دوره ۱۰ ساله به طریق زیر قابل محاسبه است:

$$۱۰۹۵۰۰ \times ۱۰ = ۱۰۹۵۰۰۰ = \text{وزن زباله تولیدی}$$

$$M^3 = ۲۱۹۰۰۰ \div ۵ = ۱۰۹۵۰۰ \div ۵ = \text{وزن زباله تولیدی در ۱۰ سال آینده (به تن)}$$

اگر یک شکل سه بعدی متشکل از دو هرم ناقص بهم چسبیده (به‌طور معکوس) در قاعده مربع شکل آنها برای محل دفن در نظر بگیریم که دارای ضلع  $S$  در سطح زمین، ارتفاع  $H_g$  در بالای سطح زمین و ارتفاع  $H_u$  در زیر سطح زمین  $\left[ H_g = \frac{H_u}{2} \right]$  باشد، با توجه

به حجم مورد نیاز برای ۱۰ سال آینده می‌توان با فرمول زیر طول  $S$  و همچنین مساحت مورد نیاز محل دفن را در سطح زمین ( $S_2$ ) محاسبه نمود.

$$V = 1.5H_u [S^2 + 8.11H_u (H_u - 0.535S)]$$

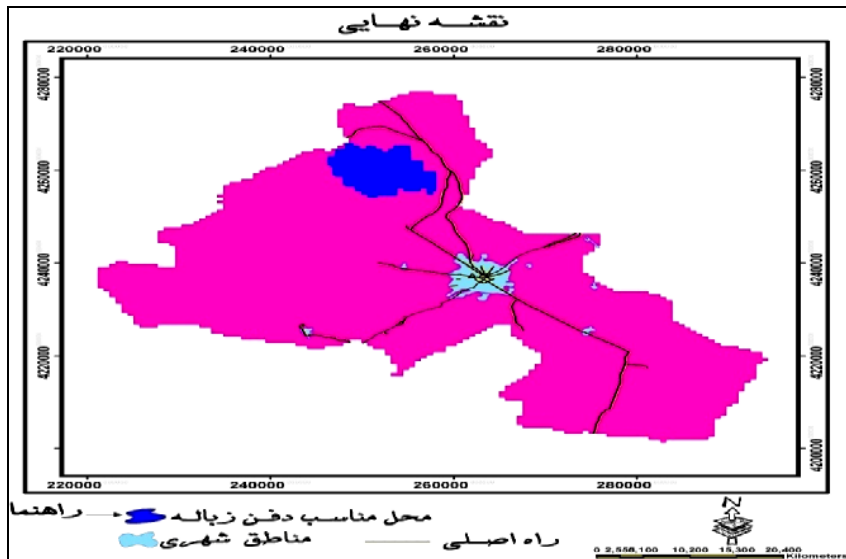
حال با توجه به فرمول فوق و توجه به اینکه می‌بایستی یک چهارم ظرفیت کل محل به خاک پوششی اختصاص یابد خواهیم داشت:

$$V_{10} = V_1 \times 1.2$$

در پژوهش حاضر ارتفاع محل دفن ( $H_u$ ) به‌طور متوسط ۴ متر در نظر گرفته شده که پس از حل معادله فوق،  $S_2$  برابر با ۳۷ هکتار می‌باشد. یعنی حداقل مساحت مورد نیاز در یک دوره ۱۰ ساله در شهر اردبیل ۳۷ هکتار می‌باشد.

**جهت توسعه شهر:** در بررسی مربوط به قیمت اراضی شهرستان اردبیل با توجه به موقعیت مناسب اراضی جنوب شهر، شاهد گرایش مردم، ادارات و سازمان‌ها برای سکونت و تملک زمین در این بخش بیشتر بوده و با تسطیح و آماده‌سازی ارزش افزوده بالایی را تولید و نصیب مالکان خود خواهد نمود. علاوه بر زمین‌های ذکر شده فضاهای حائل بین روستاهای الحاق شده به شهر با تأثیرپذیری از رشد و توسعه کالبدی شهر امکان زراعت در آنها کمتر گردیده، لذا اراضی مناسبی برای توسعه آتی شهر محسوب می‌شوند (سازمان مسکن و شهرسازی استان اردبیل). در مجموع با در نظر گرفتن موارد مذکور، مکانی به وسعت ۴۵ هکتار در ۱۷ کیلومتری شهر اردبیل واقع در شمال آن (جاده اردبیل - مغان) مکانیابی شد (شکل ۷).





شکل (۷) نقشه نهایی محل دفن زباله در شهرستان اردبیل

## نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر تلاشی بود در جهت مکانیابی دفن مواد زائد شهر اردبیل که از روش‌های منطق فازی، بولین، شاخص همپوشانی وزنی و همچنین مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بهره گرفته شد. هر یک از روش‌های مذکور در لایه خروجی خود مناطقی را مکان‌ابی کردند که به تجزیه و تحلیل آنها پرداخته شد. از بین محل‌های مکانیابی شده به منظور دفن زباله در شهرستان اردبیل، جایی بهترین محل می‌باشد که ایجاد مزاحمت به ساکنان نواحی مسکونی حواشی خود نکند و همچنین به منافع آنها لطمه وارد نسازد که برای این منظور مشاهدات میدانی بر روی محل‌های مکانیابی شده انجام گرفت. نتایج حاکی از عدم کارایی مدل بولین در امر مکانیابی دفن زباله در محدوده مورد مطالعه می‌باشد زیرا مکان‌های پیشنهادی در این روش، فاقد معیارهای لازم جهت دفن مواد زائد شهری می‌باشند. این مناطق در منتهی الیه جنوب شرق، شمال غرب و غرب شهرستان اردبیل واقع شده‌اند که دارای ارتفاع نزدیک به ۲۰۰۰ متر می‌باشند (شکل ۴). فاصله از شهر اردبیل بیشتر از ۲۹

کیلومتر بوده و در مناطق مکانیابی شده جنوبی نیز نزدیک گسل قرار دارند (شکل ۴). با توجه به مقرون به صرفه نبودن این مناطق قابل بهره‌برداری نمی‌باشند. لایه‌های خروجی حاصل از روش‌های سلسله‌مراتبی، شاخص همپوشانی وزن‌دار و منطق فازی نیز به ترتیب بهترین مکانیابی‌ها را انجام داده‌اند. آنچه که در هر سه مورد مشهود است، نمایش محلی مناسب برای دفن مواد زائد در شمال شهر اردبیل می‌باشد که در حدود ۴۰ هکتار را شامل می‌شود. این منطقه در ارتفاع بین ۱۱۱۰ الی ۱۴۰۰ متری از سطح آب دریاها قرار دارد و در فاصله ۷۰۰ متری از جاده اصلی (اردبیل - مغان) مکان‌یابی شده است. با توجه به اینکه فاصله این محل از شهر اردبیل در حدود ۱۷ کیلومتر بوده و همچنین از مناطق روستایی نیز فاصله مناسب را دارا بوده جزو محل‌های مناسب جهت دفن مواد زائد به شمار می‌رود. با توجه به مشاهدات میدانی، قسمت زیادی از این منطقه شامل اراضی بایر می‌شود. بررسی‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که محل دفن فعلی مواد زائد در شهرستان اردبیل واقع در قسمتی از محل مکانیابی شده با استفاده از روش‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر می‌باشد. لذا با توجه به موارد مذکور در شهر اردبیل لزومی برای تغییر محل دفن مواد زائد دیده نمی‌شود. مشاهدات صورت گرفته نشان دادند که متأسفانه در برخی موارد کارکنان شهرداری مواد زائد را به محل اصلی دفن انتقال نداده و در فواصل ۳ - ۲ کیلومتری آن خالی کرده و در مواردی یا آن را آتش زده و یا به حال خود رها می‌کنند.

## منابع

- ۱- امینی، موسی (۱۳۸۵)، «مکانیابی محل دفن مواد زائد شهری با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در محیط GIS (ساری)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ۲- حبیبی، کیومرث (۱۳۸۴)، «مکانیابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطق فازی در محیط GIS در شهر سنندج»، *نشریه هنرهای زیبا*، شماره ۲۳، صص ۱۵-۲۴.
- ۳- سرخی، ولی (۱۳۸۴)، «دفن بهداشتی مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران.
- ۴- شمسایی فرد، خدامراد (۱۳۸۲)، «دفن بهداشتی مواد جامد شهری با استفاده از GIS»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، تهران.
- ۵- عادل، زهرا (۱۳۸۶)، «بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیک در مکانیابی کاربری‌ها؛ مطالعه موردی مکانیابی محل دفن مواد زائد شهری بناب»، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ۶- فرجی‌سبکبار، حسنعلی؛ کریم‌زاده، حسین؛ صحنه، بهنام؛ کوهستانی، حسین (۱۳۸۸)، «الگوسازی مکان‌یابی دفن زیاده در نواحی روستایی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی - مطالعه موردی نواحی روستایی شهرستان بستان‌آباد»، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی* (دانشگاه تبریز)، سال ۱۴، ش ۲۷، بهار ۱۳۸۸، صص ۴۵-۱۷.
- ۷- قدسی پور، حسن (۱۳۸۴)، «*فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی*»، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ص ۲۰.
- ۸- محمودزاده، حسن (۱۳۸۹)، «*کاربرد نرم‌افزار ArcGIS در برنامه‌ریزی شهری*»، انتشارات علمیران تبریز، صص ۹۵ - ۹۱.
- ۹- نیرآبادی، هادی (۱۳۸۶)، «کاربرد تکنیک‌های GIS در مکانیابی دفن زیاده تبریز»، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- ۱۰- ولیزاده کامران، خلیل و همکاران (۱۳۸۶)، «طرح ملی مکانیابی محل دفع و دفن پسماندهای ویژه صنعتی شمال غرب کشور» دانشگاه تبریز.

- 11- Bagchi, Amalendu (2004), "Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management", New Jersey, John Wiley, Third Edition.
- 12- Charnpratheap, K., Zhou, Q., Garner, B. (1997), Preliminary Landfill Site Screening using Fuzzy Geographical Information System, *Waste Management & Research*. V. 15, No. 2, (April), pp. 197-215.
- 13- Hubina, Tonya. (2005), "GIS-based Decision Support Tool for Optimal Spatial Planning of Landfill in Minsk Region Balarus".
- 14- Kao, J., Lin, H., Chen, W. (1997), "Network Geographic Information System for Landfill Sitting", *Waste Management & Research*, V .15 .No .3, pp .45-49.
- 15- Leao, Simone, Bishop, Ian, Evans, David. (2001), "Assessing the Demand of Solid Waste Disposal in Uurban Region by Urban Dynamics Modeling in a GIS Environment", *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 33. Issue 4, pp 289-313.
- 16- Proske. H. Veicro, J. (2005), "Special Purpose Mapping for Waste Disposal Sites", *Bulling Geoenvironment*, Volume 64, Pages 1-54.
- 17- Vastava and nathawat, (2003), "Selection of Potential Waste Disposal Sites around Ranchi Urban Complex Using Remote Sensing and GIS Techniques", Urban Planning, Map Asia Conference.