

## کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری: مطالعه موردی شهرستان نجف‌آباد

افسانه افضل‌ی، نورا... میرغفاری\* و علیرضا سفیانیان<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۲۵)

### چکیده

در دهه‌های اخیر با پیشرفت فناوری و مدیریت جامع مواد زاید جامد شهری، از روش‌هایی مانند بازیافت، تیمار بیولوژیکی، تیمار حرارتی و دفن بهداشتی استفاده شده است. روش دفن بهداشتی به‌عنوان یکی از راهبردهای مطرح در سلسله مراتب مدیریت جامع پسماند به شمار می‌آید و نسبت به سایر روش‌های دفع، رایج‌تر و کم‌هزینه‌تر است. انتخاب محل مناسب جهت دفن مواد زاید جامد می‌تواند از آثار نامطلوب اکولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی جلوگیری کند. مکان‌یابی محل دفن نیازمند تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی، قوانین و معیارهای قابل قبول است. هدف از این پژوهش تعیین مکان مناسب دفن مواد زاید شهری شهرستان نجف‌آباد با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. بدین منظور معیارهای محیط زیستی و اجتماعی-اقتصادی تحت عنوان لایه‌های اطلاعاتی در منطق بولین و منطق فازی مورد ارزیابی قرار گرفتند. وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی به‌دست آمده از روش استانداردسازی فازی با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت. با روی هم‌گذاری نقشه‌های حاصل از دو منطق بولین و فازی، دو منطقه با در نظر گرفتن حداقل مساحت مورد نیاز محل دفن برای ۲۰ سال مناسب تشخیص داده شدند. با این وجود، این دو محل نیز به‌دلیل نزدیکی به شهرستان تیران، از تناسب لازم برای در نظر گرفتن محل دفن پسماندهای شهری نجف‌آباد برخوردار نیستند. بنابراین به نظر می‌رسد که به‌دلیل محدودیت‌های زیاد در نجف‌آباد، باید امکان استقرار محل دفن مشترک پسماندهای شهری با شهرهای مجاور مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مواد زاید جامد، مکان‌یابی محل دفن، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، منطق بولین، منطق فازی

۱. گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mnorolah@cc.iut.ac.ir

## مقدمه

توسعه روزافزون مناطق شهری و افزایش بی‌رویه جمعیت در آنها باعث تولید حجم زیادی از انواع پسماندهای شهری شده است، به طوری که چگونگی دفع و معدوم‌سازی این زباله‌ها تبدیل به یک دغدغه مهم در مدیریت محیط زیست شهری گردیده است (۷). با وجود افزایش تمایل به کاهش تولید مواد زاید در منبع و استفاده مجدد و بازیافت مواد زاید، دفن بهداشتی مواد زاید به عنوان معمول‌ترین روش دفع محسوب می‌شود (۲۴). دفن شامل تخلیه، پخش در زمین، تراکم‌سازی و پوشاندن سریع پسماندها با مواد پوششی مانند خاک به منظور جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی و مخاطرات بهداشتی است. مکان انتخابی برای انجام عملیات دفن بهداشتی باید به گونه‌ای باشد که مخاطرات بهداشتی عمومی و آثار زیانبار بر محیط زیست به حداقل برسد و بتوان آن را با حداقل هزینه مورد استفاده قرار داد. بنابراین باید جنبه‌های بهداشتی و ایمنی، محیط زیست طبیعی و شرایط اجتماعی و اقتصادی منطقه مورد بررسی دقیق قرار گرفته و از میان گزینه‌های مختلف، بهترین مکان انتخاب گردد (۹). با توجه به این که عوامل زیادی در مکان‌یابی محل دفن مواد زاید نقش دارند، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (Geographical Information System, GIS) به دلیل توانایی آن در مدیریت حجم زیادی از داده‌های مکانی یک روش بسیار مطلوب است.

سامانه اطلاعات جغرافیایی ذخیره، آنالیز و نمایش اطلاعات را طبق خواست کاربر انجام می‌دهد (۲۰). تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (Multi Criteria Decision Analysis, MCDA) مجموعه‌ای از روش‌های تحلیلی است که به تصمیم‌گیران در حل مسایل پیچیده و دارای ساختار ضعیف یا ناقص کمک می‌کند و از دانش تصمیم‌گیران و معیارهای مؤثر در حل این مسایل استفاده می‌کند (۲). این روش با شکستن مسأله مکان‌یابی به معیارها، در بررسی و ترکیب آنها در یک روند منطقی، مؤثر واقع می‌شود (۱۷). از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌توان به روش فرآیند تحلیل سلسله

مراتبی (Analytical Hierarchy Process, AHP) اشاره کرد که توسط Saaty ارائه شد و نقش مهمی در رتبه‌بندی معیارهای مسأله مورد نظر نسبت به یکدیگر دارد (۱۰). تاکنون مطالعات زیادی در مورد مکان‌یابی محل دفن مواد زاید با استفاده از GIS انجام شده است (۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۲۳) که در برخی از آنها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بهره گرفته شده است (۱۴، ۱۵، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۳).

در ایران نیز با در نظر گرفتن معیارهای مختلف مطالعاتی جهت تعیین محل مناسب دفن مواد زاید جامد شهری صورت گرفته است. خراسانی و همکاران (۵) ضمن استفاده از دو روش بولین و فازی جهت انتخاب محل مناسب برای دفن زباله‌های شهر ساری، به مقایسه این دو روش پرداختند. فرهودی و همکاران (۸) در پژوهشی ضمن بررسی موقعیت قبلی و فعلی محل دفن زباله شهر سنندج، محل دفن سابق را مساعد و محل دفن کنونی را به دلیل نادیده گرفتن بسیاری از اصول، معیارها و ضوابط مکان‌گزینی نامساعد معرفی کردند. ایشان پس از تعیین معیارها و تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها براساس مدل منطق فازی، منطقه مناسب دفن را تعیین کردند. پوراحمد و همکاران (۴) در پژوهشی با در نظر گرفتن محدوده‌ای به شعاع ۲۰ کیلومتر در اطراف محدوده قانونی شهر بابلسر، بالغ بر ۱۴ لایه طبیعی و مصنوعی را با استفاده از روش‌های مختلف ترکیبی مانند شاخص همپوشانی و منطق فازی با هم ترکیب کرده و با تعیین شروط و ضوابطی، مکان‌های مورد نظر برای دفن مواد زاید جامد شهری که نیازهای آتی این شهر را حداقل در ۲۰ سال آینده پاسخ خواهد داد، در ۳ مکان مناسب اولویت‌بندی کردند. در مطالعه پناهنده و همکاران (۳) جهت مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهر سمنان با در نظر گرفتن معیارهای فاصله از گسل، اماکن مسکونی، راه‌ها، مناطق حفاظت شده، آب‌های زیرزمینی، شیب و توپوگرافی، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی و آب‌های سطحی، از قابلیت مدل AHP در اولویت‌بندی معیارها بهره گرفته شد. شریفی و همکاران (۲۲) نیز به مکان‌یابی محل دفن زایدات خطرناک در استان کردستان پرداخته‌اند. در این مطالعه پس از

هستند که سهم عمده آن متعلق به نجف‌آباد است. تفکیک زباله تا حدودی در منازل صورت می‌گیرد. مواد زاید جامد به صورت روزانه و روزی یکبار به محل دفن حمل می‌شوند (۱).

### روش مورد استفاده

مکان‌یابی محل دفن نیازمند ارزیابی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی براساس قوانین دولتی است تا از این طریق هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی و بهداشتی را کاهش دهد (۲۳). در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در مکان‌یابی از جمله معیارهای محیط زیستی و اجتماعی - اقتصادی از روش روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی مربوطه برای تعیین محل مناسب دفن استفاده شد. در روش ارزیابی چند معیاره ترکیب مجموعه‌ای از معیارها جهت دستیابی به یک ترکیب منفرد برای تصمیم‌گیری صورت می‌گیرد. معیارها اساس تصمیم‌گیری هستند و به دو دسته فاکتورها و محدودیت‌ها تقسیم می‌شوند (۲) که در ادامه مراحل بررسی معیارها جهت تعیین محل مناسب دفن ذکر می‌شود.

### بررسی محدودیت‌ها

محدودیت‌ها معیارهایی هستند که باعث محدودیت گزینه‌های تصمیم‌گیری شده و برخی از مکان‌ها توسط آنها حذف می‌شوند (۱۸). در معیارهای محدودیت منطق فازی کاربرد ندارد و از منطق بولین استفاده می‌شود (۱۳). با استفاده از این روش منطقه مورد مطالعه به دو کلاس مناسب (۱) و نامناسب (۰) تقسیم می‌شود (۱۸). فرمول ریاضی مورد استفاده در انتخاب مناطق با استفاده از معیارهای محدودیت به صورت زیر است (۱۴):

$$SI = \prod_{j=1}^K b_j \quad [1]$$

SI: ارزش شاخص تناسب (۰ یا ۱)

$b_j$ : ارزش شاخص تناسب برای هر معیار محدودیت (۰ یا ۱)

K: تعداد معیارهای محدودیت

پردازش اولیه با استفاده از GIS به منظور حذف محل‌های نامناسب دفن، از روش AHP جهت تعیین مناسب‌ترین محل‌های دفن استفاده شده است.

محل فعلی دفن پسماندهای شهری نجف‌آباد به دلیل توسعه شهر و مجاورت با دانشگاه آزاد اسلامی با محدودیت‌هایی مواجه شده است. بنابراین، با توجه به افزایش تولید پسماندهای شهری، مکان‌یابی محلی جدید برای دفن بهداشتی پسماندها با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر (محدودیت‌ها و فاکتورها) ضروری است. هدف از این مطالعه، کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مکان‌یابی محل دفن پسماندهای شهری شهرستان نجف‌آباد است.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان نجف‌آباد در شمال غربی استان اصفهان بین طول جغرافیایی  $50^{\circ} 6'$  و  $50^{\circ} 34'$  و عرض جغرافیایی  $32^{\circ} 46'$  و  $32^{\circ} 21'$  قرار گرفته است. وسعت منطقه در حدود ۲۲۴۵ کیلومترمربع است و بر طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ جمعیت آن ۲۸۲۴۳۰ نفر بوده است. شهرستان نجف‌آباد سومین شهر از نظر جمعیت در استان اصفهان به شمار می‌رود. متوسط بارندگی سالیانه  $150/6$  میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه  $14/9$  درجه سانتی‌گراد است.

میزان تولید زباله در شهرستان نجف‌آباد ۷۲۰۰۰ تن در سال است. دفع مواد زاید جامد به صورت دفن در محل نجف‌آباد از سال ۱۳۶۵ و به صورت ترانشه‌ای صورت می‌گرفته که اکنون با پر شدن ترانشه به صورت سطحی صورت می‌گیرد. کنترل گاز و شیرابه در محل دفن ذکر شده صورت نمی‌گیرد. ساخت کارخانه کمپوست در این شهر از سال ۱۳۸۴ آغاز شد و در سال ۱۳۸۶ افتتاح گردید. این کارخانه گنجایش سالانه ۴۳۸۰۰ تا ۷۳۰۰۰ تن زباله را داراست که در حال حاضر روزانه ۱۵۰ تن زباله به آن انتقال داده می‌شود. در این کارخانه، ۶ شهر نجف‌آباد، کوشک، کهریزسنگ، رضوان‌شهر، تیران و گلدشت سهام‌دار

## بررسی فاکتورها

فاکتورها طبیعتاً پیوسته هستند و نشان‌دهنده تناسب نسبی یک منطقه می‌باشند (۱۳). فاکتور در واقع معیاری است که باعث افزایش یا تنزل تناسب یک گزینه برای کاربری مورد نظر می‌گردد (۱۸). در این مطالعه فاکتورهای مورد نظر با استفاده از توابع عضویت فازی در مقیاسی بین ۰ تا ۲۵۵ به صورت کمی در آمدند و به صورت نقشه به نرم‌افزار Idrisi Kilimanjaro معرفی شدند. وجود یک چنین مقیاس گسترده‌ای بیشترین تفاوت ممکن بین داده‌های مورد بررسی را فراهم می‌کند؛ به طوری که ارزش صفر به مناطق با کمترین تناسب و ارزش ۲۵۵ به مناسب‌ترین مناطق اختصاص می‌یابد. توابع عضویت فازی به صورت توابع J شکل، S شکل و خطی وجود دارند. به دلیل غیرخطی بودن نتایج نسبت به تغییرات فاکتورهای ورودی، تابع عضویت خطی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

در این مطالعه حساسیت نتایج به توابع عضویت فازی J شکل و S شکل نشان داد که تغییر تابع فازی تأثیر محسوسی در ارزش و مساحت مناطق دفن انتخابی ندارد. تابع عضویت S شکل، تابع معمول مورد استفاده در تئوری مجموعه فازی است که تغییرات تدریجی را از عدم عضویت تا عضویت کامل نشان می‌دهد (۱۴). بنابراین در این مرحله، توابع عضویت فازی S شکل از جمله افزایشی یکنواخت، کاهشی یکنواخت و متقارن به دلیل ارایه تغییرات تدریجی عضویت مورد استفاده قرار گرفت.

بعد از استانداردسازی همه فاکتورها با استفاده توابع عضویت فازی در مقیاس ۰ تا ۲۵۵، به فاکتورهای مرتبط با هر گروه وزنی تعلق می‌گیرد. این وزن نشان‌دهنده اهمیت یک فاکتور نسبت به فاکتورهای دیگر است. وزن هر فاکتور در نقشه استاندارد یافته (مقیاس‌بندی شده) آن فاکتور ضرب گردیده و سپس نتایج حاصل با یکدیگر جمع می‌شوند.

این روش تحت عنوان روش ترکیب خطی وزن دار نامیده می‌شود (۲). ترکیب خطی وزن دار در واقع نوعی ارزیابی است

که تناسب سلول‌ها را از طریق وزن‌دهی و ترکیب نقشه فاکتورها نشان می‌دهد و به صورت زیر بیان می‌شود (۱۶):

$$SI = \sum_{i=1}^N w_i x_i \quad [2]$$

$w_i$ : وزن فاکتور i

$x_i$ : نقشه استاندارد شده فاکتور i

N: تعداد معیارهای فاکتور

به منظور وزن دهی به فاکتورها، روش‌های متفاوتی وجود دارد. روشی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، مقایسات زوجی است که توسط Saaty تحت عنوان فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پیشنهاد گردید (۱۹). مسأله مکان‌یابی محل دفن شامل یک ساختار سلسله مراتبی متشکل از معیارهای محدودیت و فاکتور است. محدودیت‌ها شامل فاصله از مرکز تولید پسماند، گسل، زیستگاه‌های حساس و دشت‌های سیلابی است و فاکتورها شامل راه‌های ارتباطی، کاربری اراضی، مناطق مسکونی، پراکنش صنایع، شیب زمین، پراکنش چاه‌ها و چشمه‌ها، منابع آب سطحی، عمق آب‌های زیرزمینی و نفوذپذیری خاک می‌شود. به علاوه فاکتورهای مناطق مسکونی، پراکنش چاه‌ها و چشمه‌ها، آب‌های سطحی و عمق آب‌های زیرزمینی، به عنوان معیار محدودیت نیز در نظر گرفته می‌شوند. جدول ۱ محدودیت‌های مؤثر برای محل دفن مواد زاید جامد و گستره قابل قبول آن را نشان می‌دهد. جدول ۲ بیانگر حدود آستانه، نوع و نام تابع فازی فاکتورهای مورد بررسی است.

در مقایسه‌های زوجی، معیارها (فاکتورها) در هر سطح توسط ۱۰ کارشناس در زمینه مختلف محیط زیست از جمله منابع آب و آلودگی دو به دو با یکدیگر مقایسه شده و طبق جدول استاندارد شده Saaty (جدول ۳) امتیاز دهی عددی به آنها صورت گرفت (۱۹). در این روش، وزن‌ها با در نظر گرفتن بردار ویژه حاصل از مقایسات زوجی بین معیارهای ماتریس مربعی متقارن به دست می‌آید. از آن جایی که ماتریس مربعی متقارن است با پر کردن نیمه پایینی این ماتریس نیمه بالایی آن نیز تکمیل می‌شود (۱۴). جدول ۴ ماتریس مقایسات زوجی

جدول ۱. محدودیت‌های مؤثر برای محل دفن مواد زاید جامد و گستره قابل قبول آنها (۳، ۵، ۶، ۸، ۱۸، و ۲۲)

نام معیار (لایه اطلاعاتی)	نقشه منبع	محدوده	امتیاز
مناطق مسکونی	نقشه کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	مناطق مسکونی و فاصله ۳ کیلومتری اطراف آن فاصله بیش از ۳ کیلومتر	۰ ۱
فاصله از مرکز تولید پسماند	نقشه کاربری اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	فاصله بیش از ۲۰ کیلومتری از شهر فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتری از شهر	۰ ۱
چاه‌ها و چشمه‌ها	داده‌های سازمان آب منطقه‌ای اصفهان	چاه‌ها و چشمه‌ها و فاصله ۳۰۰ متری از آنها فاصله بیش از ۳۰۰ متر	۰ ۱
آب‌های سطحی	نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	آبراهه‌ها و فاصله ۶۰۰ متری از آنها فاصله بیش از ۶۰۰ متر	۰ ۱
گسل	نقشه گسل سازمان زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	گسل‌ها و فاصله ۱۰۰ متری اطراف آنها فاصله بیش از ۱۰۰ متر	۰ ۱
آب‌های زیرزمینی	داده‌های سازمان آب منطقه‌ای اصفهان	فاصله کمتر از ۱۰ متر تا سطح آب‌های زیرزمینی فاصله بیش از ۱۰ متر	۰ ۱
زیستگاه‌های حساس	نقشه مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	منطقه حفاظت شده قمیشلو و فاصله ۵۰۰ متری از آن فاصله بیش از ۵۰۰ متر	۰ ۱
دشت‌های سیلابی	نقشه دشت‌های سیلابی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰	دشت‌های سیلابی خارج از محدوده دشت‌های سیلابی	۰ ۱

شامل محدودیت‌ها و فاکتورها با یکدیگر تلفیق شوند. این عمل مطابق فرمول زیر صورت می‌گیرد که در آن تمام نقشه‌های محدودیت و فاکتور در هم ضرب می‌شوند (۱۴).

$$SI = \sum_{i=1}^N w_i x_i \times \prod_{j=1}^K b_j \quad [3]$$

### معیارهای ارزیابی

مطالعات مکان‌یابی محل دفن مواد زاید جامد در اصل به شرایط طبیعی و قانونی هر منطقه وابسته است. به‌طور کلی معیارها و اصولی که باید مورد توجه قرار گیرند به دو دسته معیارهای محیط زیستی و اجتماعی-اقتصادی تقسیم می‌شوند. این معیارها با توجه به قوانین و دستورالعمل‌های سازمان محیط زیست و مطالعات پیشین (۳، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴)

معیارهای فاکتور را نشان می‌دهد. پس از محاسبه میانگین هندسی از نظرات کارشناسان، استخراج ضرایب اهمیت ماتریس‌ها و وزن معیارها، می‌بایست سازگاری ماتریس زوجی تعیین شود. ساعتی این مرحله را توسط شاخص سازگاری تحت عنوان نرخ سازگاری (Consistency Ratio, CR) بیان می‌کند. نرخ سازگاری احتمال تولید تصادفی نسبت‌های ماتریس را نشان می‌دهد. نرخ سازگاری باید از ۰/۱ کمتر باشد در غیر این‌صورت نیاز به تجدید نظر در قضاوت‌ها وجود دارد. در صورتی که نرخ سازگاری از حد آستانه کمتر باشد اوزان محاسباتی بر روی نقشه‌های فاکتور اعمال می‌شود (۱۹).

### تعیین نقشه نهایی محل دفن

برای تعیین مکان مناسب دفن در نهایت باید نقشه‌های معیار

جدول ۲. حدود آستانه، نوع و نام تابع فازی فاکتورهای مورد بررسی

نام تابع فازی	نوع تابع فازی	حد آستانه				لایه نقشه
		a	b	c	d	
تعریف شده <sup>۱</sup>						کاربری اراضی
شکل S	افزایشی یکنواخت	۳۰۰۰	۲۰۰۰۰			مناطق مسکونی
شکل S	مقارن	۸۰	۱۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰	شبکه راه‌ها
شکل S	کاهشی یکنواخت			۳	۲۰	شیب زمین
شکل S	افزایشی یکنواخت	۳۰۰	۲۰۰۰			پراکنش چاه‌ها و چشمه‌ها
شکل S	افزایشی یکنواخت	۶۰۰	۲۰۰۰			منابع آب سطحی
شکل S	افزایشی یکنواخت	۱۰			۵۰	عمق آب‌های زیرزمینی
تعریف شده <sup>۲</sup>						نفوذپذیری خاک
شکل S	افزایشی یکنواخت	۱۰۰۰	۲۰۰۰			پراکنش صنایع

۱. ارزش‌های تعلق گرفته به کاربری‌های مختلف: مناطق مسکونی و صخره‌ها ۰، مناطق با زراعت آبی و باغات ۲۵، مراتع متراکم ۷۰، جنگل‌های دست‌کاشت ۱۲۰، مراتع نیمه‌متراکم ۱۸۰، مراتع کم‌تراکم ۲۲۵ و اراضی شور و نم‌کزار ۲۵۵

۲. ارزش‌های تعلق گرفته به بافت‌های مختلف خاک: مناطق صخره‌ای ۰، بافت سبک تا متوسط ۱۰۰، بافت متوسط تا سبک ۱۵۰، بافت متوسط ۱۸۰، بافت متوسط تا سنگین ۲۳۰، بافت سنگین و سنگین تا بسیار سنگین ۲۵۵

جدول ۳. سیستم استاندارد نمره‌دهی برای ۹ اولویت به منظور استفاده در روش AHP (۱۹)

اولویت	ترجیحات
۹	کاملاً مطلوب
۷	اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مهم‌تر یا مطلوب‌تر
۱	اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸، ۶، ۴، ۲	ترجیحات بین فواصل فوق

### نتایج و بحث

در این مطالعه به منظور تعیین مکان مناسب محل دفن مواد زاید جامد شهری، معیارهای مؤثر در مکان‌یابی محل دفن در قالب دو دسته از معیارهای محیط زیستی و معیارهای اجتماعی اقتصادی مد نظر قرار گرفتند. این معیارها از طریق بررسی ضوابط و دستورالعمل‌ها، مطالعه کارهای مشابه گذشته و بررسی وضعیت منطقه مورد مطالعه از نظر معیارهای مختلف تعیین شدند.

انتخاب شده‌اند. معیارهای فیزیکی شامل شیب، پراکنش چاه‌ها و چشمه‌ها، آب‌های سطحی، عمق آب‌های زیرزمینی، نفوذپذیری آب، گسل و سیل‌خیزی می‌شوند. در مطالعه حاضر معیار محیط زیستی تنها شامل زیر معیار زیستگاه‌های حساس می‌شود. معیارهای اجتماعی-اقتصادی نیز شامل کاربری اراضی، شبکه راه‌ها، مناطق مسکونی و پراکنش صنایع می‌شوند.

جدول ۴. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مؤثر در مکان‌یابی محل دفن زباله

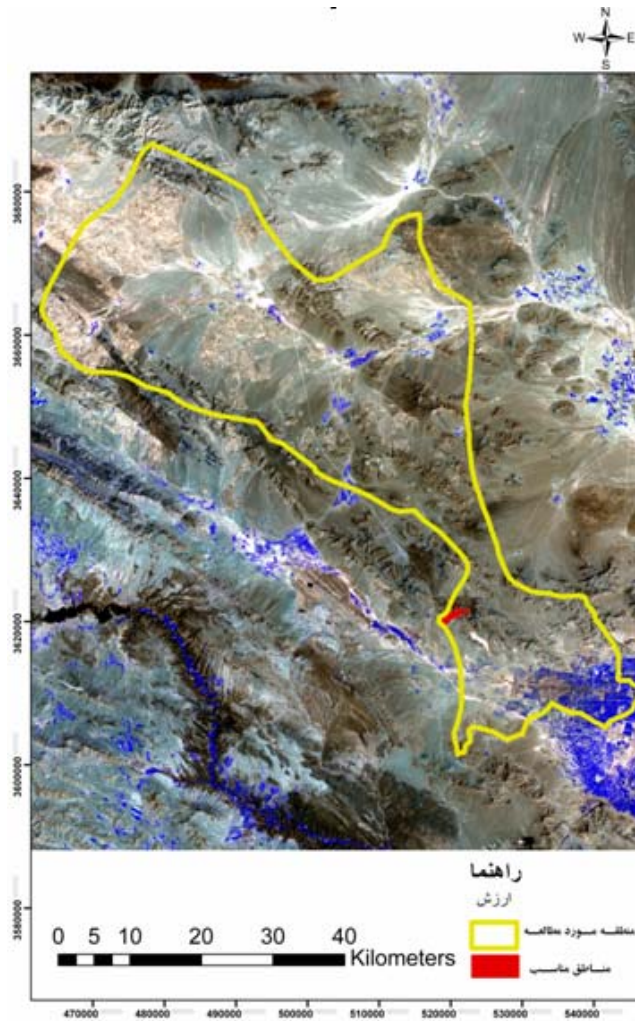
معیار	فاصله از منابع آب سطحی	فاصله از سطح آب زیرزمینی	فاصله از چاه‌ها و چشمه‌ها	فاصله از شبکه راه‌ها	فاصله از سکونتگاه‌ها	فاصله از صنایع	نفوذپذیری خاک	شیب	کاربری اراضی	وزن نهایی
فاصله از منابع آب سطحی	۱	۲	۲	۳	۴	۵	۲	۲	۲	۰/۲۱۹
فاصله از سطح آب زیرزمینی	x	۱	۲	۳	۲	۳	۱/۲	۱/۲	۱	۰/۱۷۵
فاصله از چاه‌ها و چشمه‌ها	x	x	۱	۲	۱/۲	۱/۲	۱/۲	۱	۱/۲	۰/۱۲۳
فاصله از شبکه راه‌ها	x	x	x	۱	۱	۱	۱/۲	۱/۲	۱/۳	۰/۰۵۰
فاصله از سکونتگاه‌ها	x	x	x	x	۱	۳	۱	۱	۱	۰/۱۴۹
فاصله از صنایع	x	x	x	x	x	۱	۱/۲	۱	۱/۳	۰/۰۳۳
نفوذپذیری خاک	x	x	x	x	x	x	۱	۲	۱	۰/۰۶۸
شیب	x	x	x	x	x	x	x	۱	۱/۲	۰/۰۶۸
کاربری اراضی	x	x	x	x	x	x	x	x	۱	۰/۱۱۵

CR=۰/۰۳

بررسی شد که براساس آن باد غالب در جهت غربی بود که به طرف شهر نمی‌باشد و از بالای آن عبور می‌کند. در واقع بادی که می‌تواند شهر را تحت تأثیر نامطلوب محل دفن قرار دهد در جهت شمال غربی است و در این منطقه باد در این جهت سرعت پایین و درصد فراوانی پایینی دارد. بنابراین شهر را تحت تأثیر اثرات نامطلوب محل دفن قرار نمی‌دهد. به‌طور کلی نتایج حاصل از نظرات کارشناسی نشان می‌دهد که در میان معیارهای مؤثر در مکان‌یابی محل دفن منابع آب سطحی، سطح آب‌های زیرزمینی و مناطق مسکونی به ترتیب از اهمیت بیشتری نسبت به سایر معیارها برخوردارند. در منطقه مورد بررسی، به دلیل عدم وجود فرودگاه و مناطق باستانی و تاریخی قابل توجه و هم‌چنین میزان بارندگی کم این زیر معیارها از انجام بررسی‌های بعدی در منطقه مورد مطالعه حذف شدند. به‌علاوه به دلیل در دسترس نبودن نقشه عمق خاک، این زیر معیار مورد بررسی قرار نگرفت.

با روی هم گذاری لایه‌های اطلاعاتی منطقه مورد مطالعه در

در منطقه نجف‌آباد به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی، محدودیتی برای ایجاد محل دفن از نظر این معیار وجود ندارد و با توجه به این‌که تقریباً بخش اعظم آبراهه‌ها فرعی می‌باشند، فاصله از آنها بر طبق معیارهای شهرداری ۶۰۰ متر در نظر گرفته شد. وجود اراضی کشاورزی و باغی گسترده، بخش عمده این منطقه را برای استقرار محل دفن نامناسب می‌سازد. منطقه حفاظت شده قمیشلو با حذف ۴۶۴۳۳ هکتار از کل منطقه نقش عمده‌ای در عدم تناسب ایجاد محل دفن دارد. در این میان معیارهای راه‌های ارتباطی، شیب، پراکنش چاه‌ها و چشمه‌ها، وضعیت گسل‌ها، صنایع و دشت‌های سیلابی نقش کمی در عدم تناسب کل منطقه برای استقرار محل دفن دارند. بافت خاک در این منطقه بیشتر متوسط و سبک تا متوسط است که به‌طور کلی به دلیل پایین بودن سطح آب‌های زیرزمینی نقش زیادی در عدم تناسب ایفا نمی‌کند. معیار باد در این مطالعه بعد از تلفیق همه نقشه‌های مربوطه دخالت داده شد. به این منظور داده‌های ایستگاه باد نجف‌آباد در موقعیت جنوب شهر نجف‌آباد



شکل ۱. مناطق مناسب جهت دفن مواد زاید جامد

مساحت ۳۲ هکتاری مورد نیاز دفن برای نیازهای ۲۰ سال آتی شهر، در نهایت دو ناحیه مناسب با مساحت‌های ۵۶ و ۲۴۸ هکتار و به ترتیب با تناسب متوسط ۱۵۳ و ۱۶۸ تعیین شدند. شکل ۱ محل‌های مناسب جهت دفن مواد زاید جامد را روی تصویر ماهواره‌ای ETM<sup>+</sup> شهرستان نجف‌آباد نشان می‌دهد. در این مطالعه، حساسیت مناطق انتخابی به وزن‌های تخصیص یافته به معیارهای آب زیرزمینی و سطحی که دارای بیشترین اهمیت نسبت به سایر هستند، صورت گرفت. نتایج نشان داد که افزایش وزن تخصیص داده شده به هر یک از معیارهای مذکور سبب کاهش تناسب مناطق مناسب انتخابی، کاهش مساحت و حتی حذف آنها می‌شود، در حالی که بررسی کاهش وزن این

محدوده ارزشی ۰ تا ۲۵۵ مشخص شد که بیشترین تناسب به‌دست آمده از این روش در منطقه مورد مطالعه، پایین‌تر از ۲۰۰ می‌باشد که تناسب بسیار خوبی نیست و این به‌طور کلی بر برخوردار بودن تناسب منطقه برای ایجاد محل دفن تأکید می‌کند. در نقشه نهایی به‌دست آمده با استفاده از روش استانداردسازی فازی و بولین با طبقه‌بندی مناطق به‌دست آمده به‌صورت ۰-۵۰، ۵۰-۱۰۰، ۱۰۰-۱۵۰ و ۱۵۰ تا ۲۰۰، تنها مناطق مناسب با تناسب بین ۱۵۰-۲۰۰ مورد بررسی قرار گرفتند. زیرا تناسب پایین‌تر از ۱۵۰، تناسب خوبی برای استقرار محل دفن محسوب نمی‌شود و به‌علاوه هیچ منطقه‌ای در طبقه با تناسب ۲۵۰-۲۰۰ قرار نگرفت. با در نظر گرفتن حداقل



شد، ضمن مقایسه دو روش بولین و فازی به این نتیجه رسیدند که منطق فازی از طریق جبران در بین معیارها و انعطاف‌پذیری بیشتر، نتیجه بهتری را حاصل می‌کند.

آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره نیز با فراهم کردن شرایط لازم برای لحاظ نمودن معیارهای مختلف مسأله مکان‌یابی را ارزیابی کرده و به تصمیم‌گیران در انتخاب گزینه صحیح کمک می‌کند. روش AHP به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره با شکستن یک مسأله تصمیم‌گیری پیچیده و ساده کردن آن و مقایسات زوجی معیارها جهت تعیین وزن معیارها، تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند... به‌طورکلی، در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، رابطه بین دو لایه به‌طور همزمان در نظر گرفته می‌شود و نتایج بهتری را نسبت به روش وزن دهی جمعی ساده نشان می‌دهد (۱۴،۲۰ و ۲۳). روش ترکیب GIS با آنالیز تصمیم‌گیری تحت عنوان سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مؤثر در هر مسأله مکان‌یابی، تصمیم‌گیران را یاری کند.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ترکیبی از GIS، منطق فازی، منطق بولین و تکنیک‌های ارزیابی چند معیاره برای تعیین تناسب محل‌های دفن مواد زاید جامد مورد استفاده قرار گرفت. با در نظر گرفتن معیارهای محدودیت و فاکتور، نقشه تناسب تهیه شد و با روی هم‌گذاری نقشه‌های حاصل از دو منطق بولین و فازی، تنها دو منطقه با در نظر گرفتن حداقل مساحت مورد نیاز محل دفن برای ۲۰ سال مناسب تشخیص داده شدند. این دو منطقه نیز به‌دلیل نزدیکی به شهرستان تیران، از تناسب لازم برای در نظر گرفتن محل دفن پسماندهای شهری نجف‌آباد برخوردار نبودند. بنابراین به نظر می‌رسد که به‌دلیل محدودیت‌های زیاد در نجف‌آباد، امکان استقرار محل دفن مشترک پسماندهای شهری با شهرهای مجاور باید مورد بررسی قرار گیرد. این مطالعه تنها یک روش مکان‌یابی را نشان می‌دهد و به‌خودی‌خود یک تصمیم نیست. در تصمیم‌گیری نهایی باید علاوه بر در نظر

معیارها نشان داد که تغییر محسوس در ارزش و مساحت مناطق انتخابی ایجاد نشد.

بررسی‌های میدانی این دو ناحیه نشان داد با وجودی که آنها با معیارهای در نظر گرفته شده برای شهرستان نجف‌آباد تطابق دارند اما نزدیکی این محل‌ها به شهر تیران که در فاصله ۴ کیلومتری آن واقع شده‌اند، آنها را برای استقرار محل دفن شهرستان نجف‌آباد نامناسب می‌سازد. این مسأله ضرورت بررسی همزمان شهرستان‌های مجاور را برای مکان‌یابی محل دفن آشکار می‌سازد. علاوه بر این، هزینه ساخت و بهره‌برداری محل دفن بالا بوده و ایجاد محل دفن مشترک می‌تواند در بسیاری از هزینه‌ها صرفه‌جویی کند. دلگادو و همکاران (۱۲) نیز به منظور کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری محل دفن در حوضه دریاچه کوئیتزو، در نهایت محلی را انتخاب کردند که قابل دسترسی برای ۵ شهرداری با تراکم جمعیتی زیاد بود. به این ترتیب بایستی ضمن ارزیابی معیارهای مؤثر منطبق بر شرایط هر منطقه با در نظر گرفتن دید منطقه‌ای به تعیین محل مناسب برای دفن پسماند پرداخت. به علاوه از آنجایی که در مناطقی مانند نجف‌آباد به‌دلیل محدودیت‌های زیاد امکان استقرار محل دفن وجود ندارد لزوم بررسی شهرستان‌های اطراف به منظور تعیین محل مشترک دفن مواد زاید جامد شهری آشکارتر می‌شود.

در این مطالعه از GIS و آنالیز تصمیم‌گیری‌های چند معیاره استفاده شد. با توجه به این‌که GIS در مقابل معیارهای استفاده شده انعطاف‌پذیر است می‌توان با در نظر گرفتن سایر عوامل مؤثر در مکان‌یابی این روش را توسعه داد. به علاوه امکان استفاده از GIS در روش فازی با توجه به دامنه گسترده ارزش‌های هر گزینه (۰-۲۵۵) و سلولی بودن اطلاعات، اجازه می‌دهد تا ویژگی‌های نواحی کوچک از سطح منطقه مورد مطالعه در ابعاد سلول‌ها، به دقت مورد بررسی قرار گیرند. منطق فازی با تعیین عضویت عوامل نسبت به منطق بولین (۰ و ۱) از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار است. در مطالعاتی که توسط خراسانی و همکاران (۵) و ماهینی و غلامعلی‌فرد (۱۸) انجام

گرفتن جنبه‌های سیاسی و هزینه‌ها، بررسی میدانی محل‌های پیشنهادی برای دفن نیز انجام گیرد. این روش می‌تواند ضمن حذف مناطق نامناسب، به مسئولین در فعالیت‌های مرتبط با مدیریت مواد زاید جامد و دفع یاری رساند. لازم به ذکر است که به‌دلیل تفاوت مناطق مختلف از نظر نقش محدودیت‌ها و هم‌چنین نقش امتیازدهی فاکتورها توسط کارشناسان خبره، با تغییر منطقه شرایط آن نیز تغییر کرده و در نتیجه نتایج نهایی نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

## منابع مورد استفاده

۱. اداره محیط زیست نجف‌آباد. ۱۳۸۵. بررسی پسماندهای شهری شهرستان نجف‌آباد.
۲. پرهیزکار، ا. و ع. غفاری گیلانده. ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چند معیاری. انتشارات سمت، تهران.
۳. پناهانده، م. ب. ارسطو، آ. قویدل و ف. قنبری. ۱۳۸۸. کاربرد روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مکان‌یابی جایگاه دفن پسماند شهر سمنان. مجله سلامت و محیط ۴(۲): ۲۷۶-۲۸۳.
۴. پوراحمد، ا.، ک. حبیبی، س. م. زهرایی و س. نظری عدلی. ۱۳۸۶. استفاده از الگوریتم فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری (مطالعه موردی: محل دفن زباله شهر بابلسر). مجله محیط‌شناسی ۴۲: ۳۱-۴۲.
۵. خراسانی، ن.، ع. شکرایی، ن. مهرداد و ع. ا. درویش صفت. ۱۳۸۳. مطالعات زیست محیطی در جهت انتخاب محل مناسب برای دفن زباله‌های شهر ساری. مجله منابع طبیعی ایران ۲: ۲۷۵-۲۸۴.
۶. سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۸۰. دستورالعمل مکان‌یابی محل دفن بهداشتی پسماندها.
۷. عبدلی، م. ع. ۱۳۷۹. مدیریت دفع و بازیافت مواد زائد جامد شهری در ایران. سازمان شهرداری‌های کشور.
۸. فرهودی، ر.، ک. حبیبی و پ. زندی بختیاری. ۱۳۸۴. مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از منطقه فازی (Fuzzy Logic) در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر سنندج). مجله هنرهای زیبا ۱۵: ۲۳-۲۴.
۹. یغمائیان، ک. ۱۳۸۲. تجزیه مواد. مجله مدیریت پسماندها ۱: ۴-۹.
10. Chang, N. B., G. Parvathinathan and J. B. Breeden. 2008. Combining GIS with fuzzy multicriteria decision-making for landfill siting in a fast-growing urban region. *Journal of Environmental Management* 87: 139-153.
11. Cheng, S., C. W. Chan and G. H. Huang. 2003. An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 16: 543-554.
12. Delgado, O. B., M. Mendoza and E. L. Granados. 2008. Analysis of land suitability for the siting of inter-municipal landfills in the Cuitzeo Lake Basin, Mexico. *Waste Management* 28: 1137-1146.
13. Eastman, J. R. 2003. IDRISI Kilimanjaro: Guide to GIS and Image Processing. Clark Laboratories. Clark University, Worcester
14. Gemitzi, A., V. A. Tsihrintzis, E. Voudrias, C. Petalas and G. Stravodimos. 2007. Combining geographic information system, multicriteria evaluation techniques and fuzzy logic in siting MSW landfills. *Environmental Geology* 51: 797-811.
15. Gorsevski, P. V., K. R. Donevska, C. D. Mitrovski and J. P. Frizado. 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.
16. Kontos, T. D., D. P. Komilis and C. P. Halvadakis. 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management* 25: 818-832.
17. Loken, E. 2007. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11: 1584-1595.
18. Mahini, A. S. and M. Gholamalifard. 2006. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. *International Journal of Environmental Science and Technology* 3(4): 435-445.
19. Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences* 1(1): 83-98.

20. Sener, B., M. L. Suzen and V. Doyuran. 2006. Landfill site selection by using geographic information systems. *Environmental Geology* 49: 376-388.
21. Sener, S., E. Sener, B. Naz and R. Karaguzel. 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey). *Waste Management* 30: 2037-2046.
22. Sharifi, M., M. Hadidi, E. Vessali, P. Mosstafakhani, K. Taheri, S. Shahoie and M. Khodamoradpour. 2009. Integrating multi-criteria decision analysis for a GIS-based hazardous waste landfill sitting in Kurdistan Province, western Iran. *Waste Management* 29: 2740-2758.
23. Siddiqui, M., J. W. Everett and B. E. Vieux. 1996. Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration. *Journal of Environmental Engineering* 122(6): 515-523.
24. Sumathi, V. R., U. Natesan and C. Sarkar. 2007. GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. *Waste Management* 28: 2146-2160.