

# ساختار مکان‌یابی بهینه لندفیل شهری بر اساس تصمیم‌گیری چندمعیاره در GIS

علی‌اصغر حبیب‌پور<sup>۱</sup>، کوروش بهزادیان<sup>۲</sup>

پژوهشکده مدیریت شهری و روستایی سازمان شهرداری‌ها، مدیر گروه محیط‌زیست

دانشگاه صنعتی امیرکبیر، استادیار پژوهشکده مهندسی محیط‌زیست

behzadian@aut.ac.ir

## چکیده

در این مقاله اصول مکان‌یابی محل دفن مواد زائد (لندفیل) بر اساس تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM<sup>۱</sup>) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS<sup>۲</sup>) مورد بررسی قرار می‌گیرد. انجام فرآیند مکان‌یابی در مرحله اول نیازمند بخدمت گرفتن ابزار پایه سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS برای انجام تحلیل‌های مکانی است. در GIS عوامل اصلی موثر در مکان‌یابی لندفیل ابتدا در لایه‌های موردنیاز تهیه می‌شوند. عوامل متاثر اصلی عمدتاً به پنج بخش دسته‌بندی می‌شوند: (۱) عوامل انسانی؛ (۲) عوامل هواشناسی و هیدرولوژی؛ (۳) عوامل هیدروژئولوژی و منابع آب؛ (۴) عوامل زمین‌شناسی؛ (۵) عوامل حفاظت محیط‌زیستی. سپس، حریم ممنوعه اطراف هر یک از عوامل فوق که ایجاد لندفیل در آنها مجاز نمی‌باشد تعریف و در لایه‌هایی مربوطه در GIS با استفاده از بافرگذاری مشخص می‌شوند. از همپوشانی لایه‌ها، محدوده‌های دارای محدودیت ایجاد لندفیل حذف و محدوده‌های دیگر (مجاز) شناسایی می‌شوند. با توجه به روش امتیازدهی در تصمیم‌گیری چندمعیاره برای هر یک از نقاط روی محدوده‌های مجاز، بر اساس فاصله از هر یک از عوارض محدودیت‌دار و اثرگذاری لندفیل روی آنها، امتیازی تخصیص می‌یابد. عوارض (معیارها) نیز نسبت به یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی می‌شوند. در نهایت وزن نهایی هر نقطه از ترکیب وزنی امتیازات محاسبه می‌شود و بدین شکل نقاط دارای بیشترین وزن بعنوان گزینه‌های برتر رتبه‌بندی می‌شوند.

## واژه‌های کلیدی

مکان‌یابی محل دفن، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، تصمیم‌گیری چندمعیاره

## ۱ - مقدمه

رشد سریع شهرها و شهرنشینی در ایران در دهه‌های اخیر موجب بروز مشکلاتی در زمینه مدیریت خدمات شهری شده است. جمعیت در حال افزایش و عوامل ناپایدار مرتبط، موجب رشد عظیمی در کمیت و همچنین تنوع مواد زائد جامد تولیدی شده است. مشکل مواد زائد جامد، ابعاد قابل توجهی را به ویژه در مراکز شهری، بوجود آورده است بنحویکه در برخی موارد، باعث آلودگی و تخریب محیط زیست شده‌اند. با وجود تلاش‌های رو به افزایش برای کاهش و تفکیک مواد زائد درمبدأ با استفاده از روش‌هایی چون فرهنگ‌سازی بین مردم، توزیع کیسه‌های جداکننده به درب منازل و همچنین بازیافت مواد زائد جامد، همواره حجم عظیمی از پسماند برای دفع وجود دارد. از بین روش‌های مختلف دفع پسماند، دفن بهداشتی لندفیل بعنوان یکی از روش‌های مدرن و متداول دارای کاربرد فراوانی است. استفاده از لندفیل برای دفع طیف وسیعی از مواد زائد جامد شامل پسماندهای خانگی، صنعتی، خطرناک و ویژه قابل کاربرد می‌باشد. ایجاد محل دفن بهداشتی (Landfill)، در واقع یک روش مهندسی دفع مواد زائد جامد روی زمین است به گونه‌ای که خطرات زیست محیطی را به وسیله پخش کردن مواد زائد جامد در لایه‌های نازک به حداقل می‌رساند، و همچنین مواد زائد جامد را به کمترین حجم ممکن متراکم کرده و یک لایه پوششی در انتهای عملیات بکار برده می‌شود. طراحی یک لندفیل نیازمند توجه و ملاحظات ویژه‌ای می‌باشد چراکه در

<sup>۱</sup> Multi-Criteria Decision Making

<sup>۲</sup> Geographical Information System

صورت عدم رعایت برخی عوامل کلیدی تاثیرگذار در طراحی ممکن است منجر به عدم توسعه پایدار در منطقه شود و لطمات جبران ناپذیری را به محیط زیست اطراف خود وارد نماید.

مکان یابی و یافتن محل مناسب برای دفع پسماند یکی از مهمترین بخش های مراحل مطالعات امکان سنجی پیش از طراحی لندفیل می باشد. برای انجام این فرآیند لازم است تاثیر کلیه عوامل اثرگذار روی محیط زیست اطراف دیده شود. در فرآیند تصمیم گیری تعیین مکان بهینه می بایست از ایجاد حداقل خسارت وارده به زیربخش های زیست محیطی مختلف و کاهش اثرات سوء مرتبط با ساکنین مجاور اطمینان حاصل شود. بنابراین این نکته قابل ادعا است که مکان یابی محل لندفیل یک فرآیند تصمیم گیری چندمعیاره است و برای این منظور باید تحلیل تصمیم گیری چندمعیاره بکارگرفته شود. از طرف دیگر در حوزه علم مدیریت مواد زائد جامد، شناسایی محل های دفن مواد زائد جامد، یک موضوع مدیریتی مهم تلقی می شود که در آن انتخاب محل مناسب با توجه به ملاحظات منطقه ای انجام می گیرد.

مکان یابی محل دفن بهداشتی، مستلزم یک فرآیند ارزیابی وسیع به منظور شناسایی بهترین مکان دفع موجود می باشد. این مکان علاوه بر تامین محدودیت های قانونی باید هزینه های اجتماعی، سلامت، محیط زیستی و اقتصادی را به حداقل برساند. در فرآیند انتخاب سایت با توجه به اینکه افراد زیادی در اثر انتخاب سایت لندفیل بصورت نتایج مثبت یا منفی تحت تاثیر قرار می گیرند لازم است محل بگونه ای انتخاب شود که نتیجه انتخاب برای بیشتر ذینفعان قابل قبول و پذیرش باشد.

این مقاله اصول مکان یابی ایجاد لندفیل را با استفاده از تحلیل تصمیم گیری چند معیاره در GIS بررسی می کند. برای این منظور ابتدا بصورت خلاصه پتانسیل کاربرد تصمیم گیری چندمعیاره و GIS در مکان یابی محل دفن پسماند ارائه می شود. سپس فرآیند مکان یابی در دو بخش توصیف می شود. در بخش اول معیارها و عوامل موثر بر انتخاب سایت و نحوه آماده سازی نقشه های موضوعی و همپوشانی آنها در GIS بررسی می شود. در بخش دوم نیز استفاده از روش های تصمیم گیری چندمعیاره برای انتخاب نهایی و رتبه بندی سایت ها در محیط GIS توصیف می شود.

## ۲- پتانسیل کاربرد تصمیم گیری چندمعیاره و GIS در مکان یابی محل دفن پسماند

ارزیابی یک محل دفع مواد زائد جدید، فرآیند پیچیده ای است که به تخصص قابل ملاحظه در زمینه های مختلف اجتماعی، زیست محیطی، ژئوتکنیک، هیدروژئولوژی، توپوگرافی، کاربری زمین، جامعه شناسی و اقتصاد نیاز دارد. از طرف دیگر برای مکان یابی مناسب محل لندفیل لازم است اهداف مختلف در مساله دیده شود و با نگرش های متفاوت مساله را تحلیل نمود. بنابراین استفاده از تصمیم گیری چندمعیاره از ملزومات اصلی مکان یابی لندفیل می باشد و لزوم استفاده از یک روش مشخص از روش های تصمیم گیری چندمعیاره در مکان یابی لندفیل وجود دارد.

از دهه ۱۹۵۰ تا کنون، روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) به عنوان ابزار اصلی برای کمک به تصمیم گیرندگان با حل و تحلیل مسایل تصمیم گیری چندمعیاره، بکار گرفته شدند. روش های MCDM به منظور کمک به تصمیم گیرندگان در درجه بندی مجموعه مشخصی از گزینه های یک مسئله یا انتخاب یک گزینه بین این مجموعه ها در عین در نظر گرفتن معیار مخالف توسعه یافت. به طور کلی، گزینه ها بر اساس چگونگی عملکرد آنها نسبت به هر معیار با یکدیگر مقایسه می شوند. به طور مشابه، برخی روش ها مستلزم مقایسه یک معیار برای رسیدن به اهمیت نسبی هر کدام از معیارهاست. پس از آن، روش های MCDM این اطلاعات را برای تخصیص رتبه به گزینه ها مورد استفاده قرار می دادند. توضیحات مبسوط مربوط به این روش ها در مراجع قابل دسترس می باشد [۲۰۱].

پس از اینکه اهداف و معیارهای مختلف تصمیم گیری از جنبه تخصص های مختلف فوق الذکر جمع آوری و تهیه گردید لازم است نتایج ارزیابی معیارها و عوامل فوق در نقشه های جامع و یکسان مورد ارزیابی قرار گیرند. از طرف دیگر ارزیابی ها بسیاری از این اهداف در روش های چندمعیاره فوق نیاز به بررسی دقیق منطقه ای دارد نظیر فاصله تا جاده ها، نقاط مسکونی، عناصر زیرساختی کلیدی. بنابراین، مکان یابی محل دفن باید شامل پردازش بخش عمده ای از داده های مکانی متنوع، مقررات و معیارهای قابل پذیرش باشد که برای این منظور لازم است از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گیری شود.

در سال های اخیر، GIS به عنوان یک ابزار مهم برای تحلیل طرح های مکان یابی مطرح شده است [۵]. GIS قادر است وابستگی مکانی بین پدیده های نقشه ای را تشخیص، همبسته و تحلیل نماید و بدین ترتیب به تصمیم گیرندگان برای انجام تحلیل های پیچیده، روئت نتایج پروژه و استراتژی اهداف برنامه ریزی بلند مدت از منابع مختلف اطلاعاتی توانمندی می دهد [۶].

استفاده از GIS برای مکان یابی محل دفن پسماند به دهه ۱۹۷۰ برمی گردد [۷]. در دهه های اخیر نیز همواره دیده می شود که از کاربردهای مهم GIS برای شناسایی محل های دفع مواد زائد استفاده می شود نظیر مواردی که توسط Leao و همکاران در سال ۲۰۰۱ و

Sadek و همکاران در سال ۲۰۰۱ مطرح شد [۸ و ۹]. در ایران نیز سابقه استفاده از GIS در طرح‌های مکان‌یابی محل پسماند وجود دارد. در یکی از کاربردهای سال‌های اخیر، می‌توان به فراخوان و انجام خدمات مشاوره‌ای-پژوهشی سازمان حفاظت محیط‌زیست اشاره نمود که در آن مکان‌یابی محل‌های دفن پسماندهای ویژه برای کلیه استان‌ها انجام شد. در کلیه این مطالعات استفاده از GIS برای انجام مکان‌یابی یکی از ملزومات اولیه بوده است [۳]. شهرداری‌ها نیز پس تکمیل مطالعات طرح جامع خود و بر اساس نیازهای اصلی در حال حاضر خود نیاز به مکان‌یابی محل‌های مناسب برای دفع پسماند با استفاده از فن‌آوری GIS دارند. همچنانکه در حال حاضر بسیاری از سایت‌های موجود آنها بدون مطالعه جامع تعیین شده و از این حیث مشکلات عدیده‌ای را فراروی محیط‌زیست منطقه قرار داده است.

بنابراین GIS را می‌توان بعنوان ابزار پایه‌ای و قدیمی در قلمرو مکان‌یابی محل‌های دفع مواد زائد دانست. مزیت با پتانسیل GIS برای مکان‌یابی، ناشی از این حقیقت است که نه تنها زمان و هزینه انتخاب محل را کاهش می‌دهد، بلکه بانک داده‌ای دیجیتال برای پیش طولانی مدت محل را نیز فراهم می‌کند. GIS همچنین نقشی کلیدی در تحلیل مکان‌های بهینه برای ایستگاه‌های انتقال، برنامه‌ریزی مسیرها برای وسایط نقلیه انتقال مواد زائد به ایستگاه‌های انتقال و از ایستگاه‌های انتقال به محل‌های دفن به علاوه پیش طولانی مدت محل دفن دارد. از دیگر مزایای کاربرد GIS در فرایند مکان‌یابی محل دفن می‌توان بطور خلاصه به موارد ذیل اشاره نمود: (۱) منطقه‌بندی و بافرزنی عوارض ممنوعه و محدودیت‌دار؛ (۲) انجام تحلیل داده‌ای "چه می‌شود اگر" و بررسی سناریوهای مختلف ممکنه در ارتباط با رشد جمعیت و توسعه منطقه و چک کردن اهمیت فاکتورهای تأثیرگذار مختلف و غیره؛ (۳) مدیریت و ایجاد ارتباط حجم وسیعی از داده‌های جغرافیایی؛ (۴) تجسم نتایج از طریق نمایش گرافیکی.

در سال‌های اخیر، یکپارچگی روشهای MCDM با GIS بطور قابل ملاحظه‌ای دیدگاه‌های روی هم‌گذاری و همپوشانی نقشه‌ها را برای تحلیل مناسب بودن محل پسماند ارتقاء داده است [۱۰ و ۱۱]. بطور خلاصه می‌توان عنوان نمود که MCDM بر اساس GIS داده‌های مکانی را به یک تصمیم تبدیل می‌کند. با این نحوه بهره‌برداری از داده‌های جغرافیایی، ترجیحات تصمیم‌گیرندگان و اصلاح داده‌ها برای رسیدن به تصمیم نهایی انتخاب سایت میسر می‌شود.

### ۳- معیارهای انتخاب سایت

در ارزیابی محل‌های مناسب برای دفن پسماند جامد، عوامل زیادی قابل طرح می‌باشند. با توجه به اینکه هدف مکان‌یابی با در نظر گرفتن کلیه جهات تأثیرگذار می‌باشد، بنابراین لازم است عوامل به اندازه‌ای باشند که جامعیت کافی منظور شده باشد. از دیگر نکات بارز در انتخاب این عوامل قابل درک بودن عوامل و معیارها می‌باشد. زیرا در تصمیم‌گیری چندمعیاره این عوامل باید توسط کارشناسان عمدتاً با تخصص‌های مدیریتی قابل مقایسه و وزن‌دهی باشند. بنابراین چنانچه عوامل بسیار پیچیده باشند ممکن است کارشناسانی که به این عوامل وزن اختصاص می‌دهند مقایسه صحیحی را انجام ندهند. عوامل متأثر عمدتاً به پنج بخش اصلی دسته‌بندی می‌شوند:

(۱) عوامل انسانی شامل نزدیکی به محل‌های مسکونی شهرها و روستاها، نزدیکی به شبکه راه‌های اصلی و فرعی و بزرگراه‌ها، نزدیکی به زمین‌های کشاورزی و زمین‌های در حال توسعه آینده؛

(۲) عوامل هواشناسی و هیدرولوژی شامل محدودیت مناطق با بارندگی‌های زیاد، نزدیکی به رودخانه‌های اصلی و فرعی و دریاچه‌ها، باطلاح‌ها و مرداب‌های طبیعی و مصنوعی؛

(۳) عوامل هیدروژئولوژی و منابع آب شامل نزدیکی به چاه‌ها، قنوت، چشمه‌ها، آب‌بندها، سدها، دریاچه‌ها و منابع و مخازن ذخیره و تامین آب و نزدیکی به آبخوان‌ها با تراز آب بالا؛

(۴) عوامل زمین‌شناسی و فیزیوگرافی شامل نزدیکی به گسل‌ها، مناطق با شیب زیاد و ارتفاعات، زمین‌های با نفوذپذیری زیاد؛

(۵) عوامل حفاظت محیط‌زیستی. شامل نزدیکی به مراتع و جنگل‌های حفاظت شده توسط سازمان‌های محیط‌زیست، مناطق تفریحی و جذب توریست، مناطق تاریخی دارای ارزش باستانی؛

### ۳-۱- آماده‌سازی نقشه‌های موضوعی و تحلیل GIS

پس از تعیین عوامل موثر برای انتخاب سایت لازم است نقشه‌های موضوعی مرتبط با عوامل فوق در GIS تهیه شود. بنابراین ابتدا منابع داده‌های اولیه برای مطالعه شامل نقشه‌های ارتفاعی منطقه با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ بعنوان نقشه پایه برای مطالعه مورد نظر آماده می‌شود. همچنین دیگر نقشه‌های مورد نیاز باید بصورت رقمی شده تهیه شوند. در صورت نبود این نقشه‌ها باید از سازمان‌های مربوطه

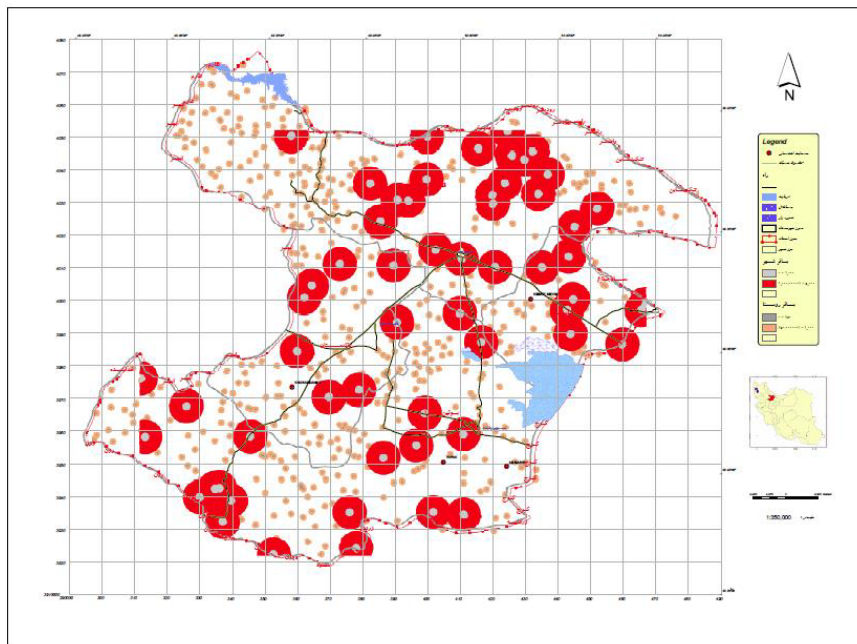
ابتدا نقشه‌ها و داده‌های خام را تهیه و سپس رقومی نمود. همچنین نقشه‌های کاربری زمین از طریق تفسیر عکس و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای نظیر نرم‌افزار Google Map تهیه می‌شود.

معمولاً برای تهیه نقشه‌های موضوعی رقومی مراحل ذیل مورد نیاز می‌باشد :

- (۱) اسکن نمودن نقشه‌های اولیه موجود؛
- (۲) برگرداندن نقشه‌های زمینی اسکن شده به مختصات زمین؛
- (۳) رقومی نمودن نقشه‌ها و در نتیجه تولید نقشه‌های موضوعی رقومی برای هر یک از عوامل تاثیرگذار در مکان‌یابی؛
- (۴) قراردادن مکان مختصات GPS و وارد نمودن در پایگاه داده‌ها بصورت طول و عرض جغرافیایی؛
- (۵) تبدیل داده‌های طول و عرض جغرافیایی به داده‌های نقطه‌ای با کمک نرم افزار مربوطه؛
- (۶) اضافه نمودن داده‌های توصیفی به هر یک از موقعیت‌ها.

### ۳-۲- نقشه‌های بافر

در ادامه حداقل فاصله مجاز به هر یک از عوامل محدود کننده مکان‌یابی را تعیین شده و در نقشه‌های موضوعی نشان داده می‌شوند. این عمل که بصورت محدوده‌ای با ابعاد تعریف شده در اطراف هر یک از عوامل تاثیرگذار در نقشه‌ها نشان داده می‌شوند اصطلاحاً بافرگذاری نامیده می‌شود. بعنوان نمونه بافر رودخانه‌ها با فاصله ۱۵۰ متر بصورت نواری با عرض ۳۰۰ متر روی خط مرکزی رودخانه در نقشه موضوعی رودخانه‌ها می‌باشد که نشان دهنده حداقل فاصله مجاز برای ایجاد لندفیل می‌باشد. بطور مشابه بافر محدوده شهرها با فاصله ۵ کیلومتری، بصورت دایره‌ای با شعاع ۵ کیلومتر اطراف کلیه شهرها در نقشه موضوعی شهرها نشان داده می‌شود. انجام عملیات بافرزنی در محیط GIS براحتی قابل انجام می‌باشد. بعنوان نمونه شکل ۱ نمونه‌ای از بافرزنی عوارض مختلف که روی هم‌دیگر قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد. میزان بافر برای هر یک از عوامل تاثیرگذار براساس استاندارد های موجود و قوانین محلی به همراه شرایط محلی غالب تعیین می‌شوند. بعنوان مثال می‌توان زون‌های بافر برای عوارض ذیل را بدین شرح در نظر گرفت: دریاچه‌ها ۲۰۰ متر، رودخانه‌ها ۲۰۰ متر، جاده‌ها ۲۰۰ متر، مناطق مسکونی روستایی بسته به جمعیت از ۲/۵ کیلومتر تا ۵ کیلومتر، مناطق مسکونی شهری ۵ کیلومتر، منابع تأمین آب ۵۰۰ متر و خطوط گسل ۵۰۰ متر.



شکل ۱ نمونه بافر عوارض نقاط شهری و روستایی در سطح منطقه مورد مطالعه

پس از تعیین بافر برای کلیه عوامل و معیارهای مذکور، باید نقشه‌های موضوعی دارای بافر را که بصورت لایه‌های GIS تعریف شده‌اند روی هم‌دیگر قرار داد. از همپوشانی لایه‌ها، محدوده‌های دارای محدودیت ایجاد لندفیل حذف و محدوده‌های دیگر و بدون محدودیت (مجاز) شناسایی می‌شوند. کلیه نقاطی که بدین نحو شناسایی شده‌اند پتانسیل ایجاد لندفیل را دارند و می‌توانند یک سایت مناسب و بدون محدودیت برای تاسیس لندفیل باشند. اما از آنجا که ممکن است نقاط بیشماری دارای این ویژگی باشند می‌بایست طی یک فرآیند سیستماتیک، نقاط با ارجحیت بیشتر را شناسایی نمود. برای انجام این کار از تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده می‌شود که در ادامه توصیف می‌شود.

#### ۴- تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره

کلیه عوامل ذکر شده در بخش قبلی که برای زون‌های بافر ممنوعه استفاده شدند نیز می‌توانند جزو عوامل و معیارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره مورد استفاده قرار گیرند. جدای از این معیارها ممکن است معیارهای دیگری نیز در این بخش افزوده شود نظیر دوری به مراکزی تولید زباله در شهرها و روستاها، احتمال وقوع سیلاب در محل لندفیل، دسترسی آسان از نظر حمل و نقل، قیمت اراضی، محدودیت‌های تامین مصالح ساخت سایت، معیارهای زیباشناختی چون چشم‌انداز لندفیل، قابلیت استفاده از لندفیل پس از بسته شدن و نظایر آن.

از بین روش‌های MCDM موجود روش وزن‌دهی ساده یکی از پایه‌ای‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در اینجا از آن استفاده می‌شود. در تصمیم‌گیری چندمعیاره حاضر دو رده تصمیم‌گیری معیارها و گزینه‌ها وجود دارد که در هر دو مرتبه از روش وزن‌دهی استفاده می‌شود. در رده اول یا تراز بالاتر معیارها قرار دارند که باید نسبت به یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی شوند. مقایسه معیارها با یکدیگر باید توسط کارشناسان و متخصصین انجام شود. در روش AHP که یکی از روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد این عمل با استفاده از مقایسه زوجی معیارها انجام شود [۴]. اما در روش وزن‌دهی، این عمل با استفاده از تخصیص وزن بین محدوده ۱ تا ۱۰ برای هر یک از معیارها قابل انجام می‌باشد که آن را  $C_k$  می‌نامیم. در صورتیکه وزن‌دهی توسط چندین مدیر یا کارشناس انجام شود می‌توان از میانگین هندسی مجموع آنها بعنوان وزن معیارها استفاده نمود [۴]. در تراز بعدی یا پایین‌تر، گزینه‌ها وجود دارند که باید نسبت به یکدیگر مقایسه و وزن‌دهی شوند. در روش وزن‌دهی پیشنهادی این کار با استفاده از دوری یا نزدیکی به هر یک از معیارهای مورد نظر انجام می‌شود. بعنوان مثال هرچه فاصله تا معیار ممنوعه مورد نظر بیشتر باشد وزن بیشتری برای آن نقطه در نظر گرفته می‌شود. برای انجام عملی این روش لازم است فاصله از هر یک از معیارهای ذکر شده را در محدوده دامنه مشخصی تعریف نموده و سپس برای هر دامنه فاصله، وزن مشخصی تعریف شوند که آن را  $RC_{ijk}$  می‌نامیم. نمونه‌ای از اعمال وزن‌دهی برای برخی از معیارها در جدول ۱ نشان شده‌است. بدین ترتیب انجام وزن‌دهی برای کلیه نقاط مجاز روی نقشه همپوشانی برای هر یک از نقشه‌های موضوعی که مشخص‌کننده یک معیار مشخص می‌باشند، با داشتن وزن اهمیت معیار ( $C_k$ ) و وزن نقطه رتبه‌بندی  $RC_{ijk}$  بر اساس رابطه ذیل قابل محاسبه می‌باشد:

$$W_{ij} = \sum_{k=1}^N C_k \times RC_{ijk} \quad (1)$$

که در آن  $W_{ij}$  وزن نهایی نقطه مورد نظر با مختصات  $j, i$ ،  $C_k$  وزن اهمیت معیار  $k$ ام،  $RC_{ijk}$  وزن رتبه‌بندی نقطه با مختصات  $j, i$  نسبت به معیار  $k$ ام و نیز  $N$  تعداد معیارها می‌باشد.

#### ۴-۱- شناسایی محل بهینه برای ساخت محل دفن مواد زائد جامد

بر اساس رابطه (۱) برای کلیه نقاط مجاز در محدوده مورد مطالعه، وزن نهایی آنها بر اساس فاصله با هر یک از عوارض بدست می‌آید. بدین ترتیب نقاط با وزن نهایی بالاتر دارای اولویت بیشتری برای ساخت لندفیل می‌باشند و می‌توانند مورد توجه قرار گیرند. البته پس از انجام این مرحله لازم است مناسب‌ترین سایت‌های شناسایی شده در نقشه GIS بصورت میدانی نیز بازدید شود تا از عدم وجود هر گونه معارض خارجی اطمینان حاصل گردد. برای این منظور می‌توان بخشی از مناطق با امتیاز بالاتر از یک مقدار مشخص بعنوان شاخص نقاط برتر جهت بازدید میدانی معرفی شوند.

جدول ۱ نمونه‌ای از دسته‌بندی فاصله‌ای برای معیارها و اعمال وزن‌دهی برای نقاط دور از معیارها

امتیاز تخصیص یافته	فاصله از عوارض یا معیار	عوارض یا معیار
-	کمتر از 50 متر غیر مجاز	نزدیکی به مناطق مسکونی
3	فاصله 2.5 کیلومتر تا 3 کیلومتر	
5	فاصله 3 کیلومتر تا 4 کیلومتر	
7	فاصله 4 کیلومتر تا 5 کیلومتر	
10	فاصله بیش از 5 کیلومتر	
-	کمتر از 200 متر غیر مجاز	نزدیکی به شبکه جاده
3	فاصله 200 تا 300 متر	
5	فاصله 300 تا 400 متر	
7	فاصله 400 تا 500 متر	
10	فاصله بیش از 500 متر	
-	کمتر از 500 متر غیر مجاز	نزدیکی به زمین کشاورزی و در حال توسعه در آینده
3	فاصله 500 تا 700 متر	
6	فاصله 700 متر تا 1000 متر	
10	فاصله بیش از 1000 متر	
-	کمتر از 200 متر غیر مجاز	نزدیکی به منابع آب شامل قنوات، چشمه‌ها و آبندها
3	فاصله 200 تا 400 متر	
5	فاصله 400 تا 600 متر	
7	فاصله 600 تا 800 متر	
10	فاصله بیش از 800 متر	
-	کمتر از 500 متر غیر مجاز	نزدیکی به گسل‌ها و با شیب زیاد
3	فاصله 500 تا 750 متر	
5	فاصله 750 متر تا 1000 متر	
7	فاصله 1000 متر تا 1500 متر	
10	فاصله بیش از 1500 متر	
-	کمتر از 20 متر غیر مجاز	نزدیکی به تراز سطح آب در آبخوان‌ها
2	فاصله 20 تا 40 متر	
4	فاصله 40 تا 60 متر	
6	فاصله 60 تا 80 متر	
8	فاصله 80 تا 100 متر	
10	فاصله بیش از 100 متر	
-	کمتر از 200 متر غیر مجاز	نزدیکی به رودخانه‌ها و دریاچه‌ها
3	فاصله 200 تا 400 متر	
5	فاصله 400 تا 600 متر	
7	فاصله 600 تا 800 متر	
10	فاصله بیش از 800 متر	

επιπτώσεις από την ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού στην Ελλάδα

Η ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού στην Ελλάδα θα οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στην κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Οι επιπτώσεις αυτές είναι:

- 1) Αύξηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας της οικονομίας.
- 2) Αύξηση της απασχόλησης και της οικονομικής ανάπτυξης.
- 3) Αύξηση της ποιότητας ζωής και της ευημερίας του πληθυσμού.
- 4) Αύξηση της κοινωνικής αλληλεγγύης και της κοινωνικής δικαιοσύνης.
- 5) Αύξηση της βιωσιμότητας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

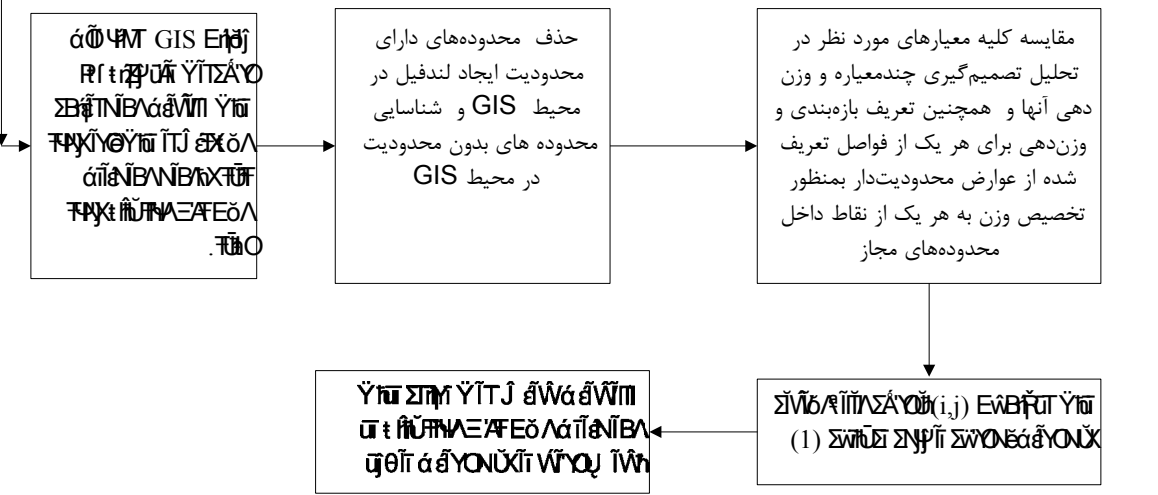
Εφαρμογή GIS στην ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού:

- Ανάλυση των δεδομένων
- Διαχείριση των δεδομένων
- Επεξεργασία των δεδομένων
- Πρωτόκολλα
- Υποστήριξη των δεδομένων
- Απεικόνιση των δεδομένων
- Αξιολόγηση των δεδομένων
- Αποθήκευση των δεδομένων

Τημολογήσεις και περιορισμοί για τους παράγοντες:

- Δρόμοι 200 μέτρα
- Ροδοί 200 μέτρα
- Γαίες 200 μέτρα
- Περιοχές κατοικιών σε απόσταση 2.5 χιλιομέτρων από 5 χιλιομέτρα
- Περιοχές κατοικιών σε απόσταση 5 χιλιομέτρων
- Πηγές νερού 500 μέτρα
- Χειμάρια 500 μέτρα

Εφαρμογή GIS στην ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού



Σχήμα 2: Η εφαρμογή του GIS στην ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού στην Ελλάδα

5 - Αποτέλεσμα της έρευνας και προτάσεις

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την ανάλυση της επίδρασης της ανάπτυξης του Υπερ-αυτοματισμού στην Ελλάδα. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η ανάπτυξη του Υπερ-αυτοματισμού στην Ελλάδα θα οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στην κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον. Οι προτάσεις που προκύπτουν από την έρευνα είναι:

بطور کلی الگوریتم شناسایی مکان محل دفن بهینه در یک موقعیت شهری کلی در شکل ۲ نشان داده شده است. همانگونه که دیده می‌شود این الگوریتم شامل ۳ بخش می‌باشد. در بخش اول کلیه معیارهای کلیدی مورد نیاز برای مکان‌یابی در محدوده مورد مطالعه معرفی می‌شوند. بکارگرفته شده برای مکان‌یابی بهینه یک محل دفن مواد زائد در شکل ۲ نشان داده شده است. در گام اول مجموعه کلیدی از معیارهایی که حاکم بر مکان‌یابی یک محل دفن می‌باشند شناسایی می‌شوند. در گام بعدی، تحلیل داده‌ها باید در GIS انجام می‌شود و لایه‌های مورد نظر تهیه شوند و کلیه نقشه‌های بافر روی نقشه پایه روی هم قرار می‌گیرند و نواحی محدودیت که یک محل دفن مواد زائد نمی‌تواند ساخته شود شناسایی می‌شود. از همپوشانی لایه‌ها محدوده‌های غیرمجاز برای ایجاد لندفیل حذف شده و در نتیجه محدوده‌های مجاز شناسایی می‌شوند. سپس برای هر یک از فواصل عوارض، وزن مشخصی بر اساس میزان کم‌خطر بودن ایجاد لندفیل تخصیص می‌یابد. برای هر پیکسل  $n$  در نقشه پایه، وزن نهایی پیکسل برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد محاسبه می‌شود. همچنین الگوریتم بر اساس GIS مکان‌های بالقوه نامناسب انجام می‌دهد. الگوریتم با یک نقشه نهایی به پایان می‌رسد که در آن بهترین مکان‌ها برای توسعه یک محل دفن مواد زائد شهری بر اساس یک مجموعه از معیارهای کلیدی شناسایی شده، نشان داده شده است. وزن نهایی هر نقطه در محدوده‌های مجاز از ترکیب وزنی تاثیر اثر معیار در وزن فاصله از محدودیت‌ها تعیین می‌شود. در نهایت نیز نقاط دارای وزن بیشتر که نشان‌دهنده نقاط با اولویت بالاتر برای ایجاد لندفیل می‌باشند شناسایی و برای بازدید میدانی معرفی می‌شوند.

برتری روش پیشنهادی در انعطاف پذیری ذاتی آن در کاربردش برای مکان‌های مختلف با شرایط محلی گوناگون می‌باشد، هرچند که فاکتورهای پایه ای که برای توسعه مرکز دفن ارزیابی می‌شوند در مقیاس جهانی مشابه هستند اما سایت‌های مختلف ممکن است مجموعه از شرایط محلی متفاوت داشته باشند، به همین دلیل مجموعه معیارهای مهم باید به همراه درجه بندی میزان اهمیت و وزن دهی بر پایه شرایط ویژه محلی بهینه شوند.

## مراجع

- [۱] اصغرپور علی اصغر، تصمیم‌گیری چندمعیاره، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵
- [۲] قدسی‌پور سید حسن، تصمیم‌گیری چندمعیاره، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۴
- [۳] اردشیر عبدالله، گزارش نهایی مطالعات مکانیابی دفع پسماندهای ویژه استان قزوین، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۶
- [۴] قدسی‌پور سید حسن، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۱
- [5] Church, R.L., 2002. Geographic information system and location science. *Computers and Operation Research* 29, 541–562.
- [6] Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning* 62 (1), 3–65.
- [7] Fuertes, L., 1974. Solid waste management: equity trade-off models. *Journal of the Urban Planning and Development*, 155–171.
- [8] Leao, S., Bishop, I., Evans, D., 2001. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modeling in a GIS environment. *Resources Conservation and Recycling* 33, 289–313.
- [9] Sadek, S., El-Fadel, M., El-Hougeiri, N., 2001. Optimizing landfill siting through GIS application. In: *Seventeenth International Conference on Solid Waste Technology and Management*, Philadelphia, USA, October 21–24, 2001.
- [10] Eastman, J.R., 1997. *Idrisi for Windows, Version 2.0: Tutorial Exercises*, Graduate School of Geography—Clark University, Worcester, MA.
- [11] Malczewski, J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Wiley, New York.