

# مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری براساس روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و پرامتی V به همراه برنامه‌ریزی صفر و یک (مطالعه موردی: شهرستان تبریز)

ابوالفضل رنجبر<sup>۱</sup>، سید علی ترابی<sup>۲</sup>، فرشاد حکیم‌پور<sup>۳\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی - گروه مهندسی نقشه‌برداری - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

(عضو هیات علمی دانشگاه تبریز)

abranjbar@tabrizu.ac.ir

<sup>۲</sup> استادیار گروه صنایع - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

satorabi@ut.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران

farshad0@gmail.com

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۲، تاریخ تصویب مرداد ۱۳۹۳)

## چکیده

سامانه اطلاعات مکانی می‌تواند به شکل موثری در جمع‌آوری، وزن‌دهی، تجزیه و تحلیل و نمایش داده‌های مکانی در جهت مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری کمک نماید. مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری دارای اهمیت فراوانی بوده و فرآیند آن پیچیده و مبتنی بر معیارهای کمی و کیفی متعددی است. لذا در این مقاله، یک روش ترکیبی برای تعیین مکان مناسب دفن پسماندهای شهری ارائه شده است. بر این اساس، ابتدا به روش AHP، وزن لایه‌های مورد نظر تعیین شده و سپس مکانهای مورد نظر به ۳ کلاس عالی، خوب و ضعیف طبقه‌بندی می‌شوند. در فاز آخر نیز ابتدا مناطق قرار گرفته در کلاس عالی به روش پرامتی V رتبه‌بندی شده و سپس با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملی مساله، نظیر محدودیت بودجه و روابط فی‌مابین آنها با حل یک مساله بهینه‌سازی صفر و یک، اقدام به تعیین بهترین منطقه (مناطق) جهت دفن پسماندها می‌شود. همچنین، رویکرد پیشنهادی بر روی شهرستان تبریز به عنوان مطالعه موردی اجرا شده و با توجه به تحلیل حساسیت انجام گرفته روی اوزان مشخص شده است که گزینه انتخاب شده مناسب بوده و دارای استحکام لازم می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای شهری، تحلیل سلسله مراتبی، پرامتی II و V، برنامه‌ریزی صفر و یک، آنالیز

حساسیت

\* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

دفن زباله‌های حاصل از زندگی شهرنشینی انتخاب گردد. به علت وجود تاثیر پارامترهایی چون مراکز جمعیت، وضعیت آب و هوایی، عمق و بافت خاک منطقه، عمق آبهای زیرزمینی، شناسایی و تعیین محدودیت‌های مکانی محل‌های دفن زباله و اثرات آنها بر محیط‌زیست، امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد. لذا با توجه به مشکلات دفع پسماندهای شهری و کاهش پیامدهای مختلف آن، نیاز به مکان‌یابی اصولی و صحیح بر طبق معیارهای محیط‌زیست می‌باشد. لذا در این تحقیق نظرات کارشناسان خبره در زمینه مکان‌یابی دفن پسماندهای شهر تبریز استخراج و طبق جدول شماره ۱ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود ۱۲ معیار توسط کارشناسان خبره معرفی شده است که هر معیار نیز به سه زیرمعیار با کلاس عالی، مناسب و نامناسب تقسیم شده اند [۲۵].

مکان‌یابی دفن پسماندها همواره بعنوان یکی از مشکلات اولیه مسئولین خدمات شهری محسوب شده است. مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی دفن پسماندهای شهری بدلیل ارتباط آن با زندگی بشر، نیاز به کنترل و اعمال سیستم مدیریت ویژه‌ای دارد که با افزایش جمعیت این پیچیدگی‌ها بیشتر می‌شود [۲۵]. رشد روزافزون جمعیت و گسترش شهرنشینی و به تبع آن افزایش پسماندهای شهری باعث بوجود آمدن معضلات زیست‌محیطی فراوانی شده است. از این رو برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حفظ سلامت شهروندان ضروری است تا با بررسی‌های دقیق در جهت از بین بردن زباله‌های شهری با سعی در هر چه کم کردن مشکلات ناشی از دفن پسماندها، بهترین و مناسبترین مکان را برای

جدول ۱- معیارهای ارزیابی مناطق اولویت دار برای دفن پسماندهای شهری [۲۵]

شماره معیار	معیارها	کلاس A (نامناسب یا ضعیف)	کلاس B (مناسب یا خوب)	کلاس C (مناسبترین یا عالی)
۱	کاربری اراضی	زراعی	مرتع	بایر
۲	فاصله از فرودگاه (کیلومتر)	< 3	3-5	> 5
۳	فاصله از روستا (کیلومتر)	< 2	2-3	> 3
۴	زمین شناسی	رسوبات کواترنری، آبرفت و رسوبات منفصل	ماسه، سنگ، کنگلومرا، مارن، گچ، سلیت، آهک اربیتولین دار	سنگهای آذرین
۵	فاصله از مناطق تحت مدیریت محیط زیست (کیلومتر)	< 5	5-8	> 8
۶	فاصله از مراکز صنعتی و خدماتی (کیلومتر)	< 2	2-4	> 4
۷	عمق آب زیرزمینی (متر)	0-10	10-20	> 20
۸	شیب (درصد)	> 20	5-20	0-5
۹	فاصله از رودخانه (متر)	< 500	500-1000	> 1000
۱۰	فاصله از غسل (کیلومتر)	< 1	1-2	> 2
۱۱	فاصله از محدوده شهر (کیلومتر)	< 5 & > 25	5-15	15-25
۱۲	فاصله از جاده های آسفالتی (متر)	< 500	500-1000	> 1000

مکانی<sup>۱</sup> به عنوان تکنیک پردازش اطلاعات وارد شده در مکان‌یابی و پهنه‌بندی محل دفن پسماندهای شهری استفاده شده است [۲۱]. لذا تمامی لایه‌ها توسط سیستم اطلاعات مکانی پردازش و تهیه می‌شوند [۸].

انتخاب مکان بهینه برای دفن پسماندهای شهری یکی از کارهای پیچیده و زمان‌بر می‌باشد که به ارزیابی چندین

در حال حاضر یکی از معضلات مهم زیست‌محیطی در شهرها شیوه انتخاب مکان مناسب جهت دفن پسماندها می‌باشد. با توجه به تعدد پارامترهای موثر در انتخاب محل دفن، انتخاب مکان مناسب به شیوه‌های سنتی و صحرایی دشوار و در برخی موارد غیرممکن است. لذا برای انتخاب یک مکان مناسب دفن پسماندها با منظور نمودن معیارهای زیست‌محیطی، از فناوری سیستم اطلاعات

<sup>۱</sup> Geospatial Information System

استراتژیهای مختلف دفن پسماندها به کمک روشهای آنالیز چند متغیره اقدام به تعیین استراتژی مهم با استفاده از روش Electre III با مشخص نمودن آستانه‌های وتو<sup>۴</sup>، ترجیح<sup>۵</sup> و بی‌تفاوتی<sup>۶</sup> نموده‌اند. برای اینکار نه‌گزینه با هشت معیار متفاوت در نظر گرفته‌اند [16].

در تحقیق دیگری برای مکان‌یابی دفن پسماندهای شهری از ۳۶ معیار (معیارهای اقتصادی، فنی، اجتماعی و جغرافیایی) و ۴ گزینه استفاده شده است. برای انتخاب بهترین سایت از FAHP<sup>۷</sup> با تابع عضویت مثلثی براساس یکسری معیارهای ذکر شده، استفاده نموده‌اند. چراکه برای فرد تصمیم‌گیرنده مناسبتر است که مقادیر مربوط به گزینه‌ها را به صورت زبانی ارائه دهد. نویسندگان این تحقیق از دو فاز برای تعیین مکان مناسب جهت دفن پسماندها استفاده نموده‌اند. اول اینکه مکانهای مناسب جهت دفن پسماندها براساس قیده‌های تعیین شده و در مرحله دوم رتبه‌بندی مکانهای کاندیدا بدست آمده براساس اطلاعات اصلی به روش FAHP انجام شده است. تاکید این تحقیق بر در نظر گرفتن قوانین و مقررات و نظریه فنی کارشناسان جهت تعیین مکانهای مناسب دفن پسماندهای شهری بوده است [۱۴].

در تحقیقی که توسط Hafezi و همکارانش ارائه شده است؛ به علت مکان‌یابی دفن پسماندها در کل استان خراسان رضوی و کم کردن هزینه و زمان مطالعه در سه بخش به کلیات مساله پرداخته شده است. در مرحله اول مناطق تحت حفاظت محیط زیست، رودخانه‌ها، مناطق شهری و روستایی و غیره توسط GIS شناسایی و حذف شده‌اند. پس از حذف این مناطق ۲۰ درصد مساحت استان جهت مطالعه باقی ماند. در مرحله دوم ۴۱ مکان مناسب توسط روش AHP بدست آمد که با در نظر گرفتن حدود ۴ در ۴ کیلومتر مربع مکان مناسب جهت دفن فقط ۹ نقطه منتخب مشخص شدند. در مرحله سوم ۴ مکان مناسب از نظر اقتصادی انتخاب و به تصمیم‌گیر ارائه شد تا بهترین گزینه را انتخاب کند [۹].

Pires و همکارانش از روش AHP برای تعیین فاکتورهای وزنی استفاده نموده و برای رتبه‌بندی گزینه‌ها از روش Topsis استفاده کرده‌اند. همچنین جهت مدیریت

فاکتور با واحدهای اندازه‌گیری مختلف به طور همزمان سر و کار دارد که این معیارها می‌تواند شامل شرایط محیطی و اقتصادی باشد [۸، ۱۴]. لذا از روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره یا شاخصه جهت رتبه‌بندی<sup>۱</sup> و کلاسه‌بندی گزینه-ها<sup>۲</sup> و تعیین بهترین گزینه مکان دفن پسماندهای شهری بهره گرفته شده است [۱۴]. در نتیجه ادغام GIS و روشهای MADM به تصمیم‌گیر کمک می‌کند که توابع آنالیز تصمیم نظیر رتبه‌بندی گزینه‌ها را برای انتخاب گزینه برتر جهت دفن پسماندهای شهری را انجام دهد [۱].

تحقیقات زیادی در مکان‌یابی مراکز دفن پسماندهای شهری انجام شده که در ذیل به آنها اشاره می‌شود. در پژوهشی با عنوان مکان‌یابی محل دفن زباله در اطراف شهر رانسی با استفاده از GIS و 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 غیره با استفاده از این سیستم‌ها و وزن‌دهی به شاخص‌ها از طریق مقایسه‌های زوجی ۵ محل مجزا در اندازه‌های مختلف را برای دفن زباله این شهر ۸۰۰ هزار نفری انتخاب کردند [۲۲].

Guiqin و همکارانش برای مکان‌یابی دفن پسماندها از ۸ فاکتور محیطی و ۲ فاکتور اقتصادی به روش AHP<sup>۳</sup> میزان اثرگذاری هر لایه را بدست آوردند. سایت‌های منتخب پس از محاسبه جمع جبری معیارهای وزن‌دار به سه کلاس عالی، خوب و نامناسب تقسیم شدند. در نهایت از مکانهای عالی بدست آمده، مناسبترین مکان توسط معیاری که مشخص کننده مقدار دفن پسماندهای شهری با رویکرد ۲۵ ساله مشخص کردند [۸].

Sener و همکارانش در انتخاب محل مناسب دفن پسماندهای شهری ویژگیهای محیطی، اقتصادی و سیاسی را در نظر گرفته‌اند. لذا ۱۰ معیار را برای محل دفن پسماندها در نظر گرفته و پس از انجام مقایسات زوجی به روش AHP اقدام به وزن‌دهی لایه‌ها کرده‌اند. سپس با روش مدل وزنی این لایه‌ها را با هم جمع کرده و نقشه مناسب مکانی منطقه را جهت دفن پسماندها بدست آورده‌اند [۲۱]. Roussat و همکارانش جهت مقایسه

۴ Veto threshold

۵ Preference

۶ Incomparable

۷ Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)

۱ Ranking

۲ Alternative

۳ Analytical Hierarchy Process

## ۲-۱- تحلیل سلسله مراتبی

روش AHP توسط ساعتی در دهه ۱۹۸۰ پیشنهاد شد. این روش یکی از پرکاربردترین روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه است. چرا که امکان فرموله کردن مساله را به صورت سلسله مراتبی دارد تا اولویتها، بر پایه اهداف، دانش و تجربه تنظیم شوند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیر معیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. [۲۴].

در ماتریس مقایسات زوجی، سطر نام با ستون نام مقایسه می‌شود [۱۸]. بنابراین همه عناصر قطر اصلی این ماتریس عدد یک می‌باشد. همچنین هر مقدار زیر قطر اصلی، معکوس مقدار بالای قطر است. همچنین مقادیر کیفی مطابق جدول ۲ به مقادیر عددی تبدیل می‌گردد.

جدول ۲- مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی ساعتی [۱۸]

مقدار عددی	تعریف ترجیحات
۱	اهمیت یکسان
۳	برتری متوسط
۵	برتری زیاد
۷	برتری بسیار زیاد
۹	برتری فوق العاده زیاد
۲، ۴، ۶، ۸	ارزشهای بینابین

مراحل اصلی این روش شامل توسعه ماتریس مقایسه در هر سطح سلسله مراتب، مقایسه وزنها برای هر جزء سلسله مراتب و برآورد نرخ سازگاری تصمیم‌گیری می‌باشند. بر مبنای اجزاء مساله، ترجیحات و مقایسات خلاصه می‌شوند به نحوی که به هر جزء یک اهمیت نسبی تعلق می‌گیرد. روش مقدار ویژه روشی متداول در رسیدن به وزن پارامترها از یک ماتریس مقایسه زوجی می‌باشد که در آن مقادیر ویژه یک ماتریس مقایسه زوجی از رابطه شماره ۱ بدست می‌آید [۱۸]:

$$|A - \lambda I| = 0 \quad (1)$$

در این رابطه A یک ماتریس مقایسه،  $\lambda$  مقادیر ویژه ماتریس A و I ماتریس همانی می‌باشد. وزنها نهایی از

عدم قطعیتها در تصمیم‌گیریها جهت رتبه‌بندی گزینه‌ها از فازی استفاده نموده‌اند [۱۵].

به طور کلی رویکردی که در ادبیات این مقالات به چشم می‌خورد، به این صورت می‌باشد که ابتدا مکانهای نامناسب با استفاده از توابع GIS شناسایی و حذف می‌شوند تا محدوده مطالعاتی کوچکتر شود. سپس با در نظر گرفتن معیارها و شرایط فنی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و قوانین و مقررات موجود و با استفاده از روش AHP اقدام به مقایسات زوجی نموده و در نهایت به لایه‌های مساله وزنی اختصاص داده می‌شود و سپس با محاسبه جمع جبری وزنها نقشه‌ها، نقشه مناسب مکانی جهت دفن پسماندها مشخص می‌شود. سپس این نقشه به سه کلاس عالی، خوب و ضعیف تقسیم‌بندی می‌شود، لذا تا به این مرحله تعداد محدودی از مکانهای منتخب باقی می‌ماند. سپس از بین کلاسهای عالی بدست آمده، تصمیم‌گیر اقدام به انتخاب یک گزینه برتر می‌نماید و یا با استفاده از روشهای Topsis<sup>۱</sup> و FAHP اقدام به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های منتخب نموده و مناسبترین مکان جهت دفن پسماندها را معرفی کرده‌اند. در نتیجه در تحقیقات قبلی اشاره‌ای اعمال محدودیت بودجه پروژه‌ها و محدودیت‌های عملی در انتخاب بهترین گزینه در نظر گرفته نشده است.

در سال‌های اخیر روش پرامتی به عنوان روش تصمیم‌گیری مناسب و توانمند مورد توجه محققان در مسائل مکان‌یابی قرار گرفته است [۲۷]. چرا که امکان در نظر گرفتن محدودیت‌های مساله، امکان استفاده از طرح گرافیکی مدلسازی و امکان تحلیل حساسیت را به صورت ساده دارد. [۲۷، ۲۸] در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش پرامتی<sup>۲</sup> اقدام به رتبه‌بندی مکانهای بدست آمده در کلاس عالی توسط جریان خالص پرداخته و سپس با استفاده از روش پرامتی<sup>۳</sup> اقدام به تشکیل یک مدل ریاضی صفر و یک<sup>۳</sup> (با اضافه کردن محدودیت‌های عملی و بودجه) شده است و لذا بهترین مکان برای دفن پسماندها در کلاس عالی بدین شکل در این تحقیق انتخاب می‌شود.

## ۲- مواد و روش‌ها

<sup>۱</sup> Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

<sup>۲</sup> PROMETHEE

<sup>۳</sup> Zero-one programming

$$p_j(d(a,b)) = p_j[f_j(a) - f_j(b)] \quad (5)$$

که در آن  $p_j(d(a,b))$  بیانگر تفاوت اندازه‌ها در شاخص زام است.

لذا در این روش رتبه‌بندی گزینه‌ها با مقایسه زوجی گزینه‌ها در هر شاخص، انجام می‌شود. گامهای روش پرامتی عبارتند از [۷]:

قدم ۱: تصمیم‌گیرنده بایستی نوع شاخص، نوع تابع برتری، آستانه‌های بی‌تفاوتی و برتری را برای هر شاخص باید تعیین کند.

قدم ۲: تعیین میزان تفاوت هر گزینه با گزینه‌های دیگر

قدم ۳: میزان برتری هر گزینه نسبت به گزینه‌های دیگر با استفاده از تابع برتری تعریف شده در گام اول

قدم ۴: محاسبه شاخص ترجیحی ادغامی برای هر زوجی از گزینه‌ها

درجه ترجیح کلی  $a$  بر  $b$  براساس تمامی معیارها مطابق رابطه شماره ۶ محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} \pi(a,b) = \sum_{j=1}^k p_j(a,b) \cdot w_j \\ \pi(b,a) = \sum_{j=1}^k p_j(b,a) \cdot w_j \quad \forall (a,b) \in A \times A \quad (\sum_{j=1}^k w_j = 1) \\ 0 \leq \pi(a,b) + \pi(b,a) \leq 1 \end{cases} \quad (6)$$

که  $w_j$  وزن شاخص زام می‌باشد.

قدم ۵: محاسبه جریانهای تسلط ضمنی گزینه‌ها بر هم<sup>۳</sup> در صورتی که مقایسات زوجی بیشتر از دو مورد شود، رتبه‌بندی پایانی به وسیله مجموع مقادیر مقایسات زوجی بدست می‌آید:

$$\varnothing^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x) \quad (7)$$

این جریان متوسط درجه  $a$  بر سایر گزینه‌ها را نشان می‌دهد و بیان می‌کند که گزینه  $a$  چقدر بر گزینه‌های دیگر ارجعیت دارد. لذا پس هر چقدر  $\varnothing^+(a)$  بیشتر باشد برتر بودن  $a$  بر سایر گزینه‌ها (قدرت تسلط  $a$  بر سایر گزینه‌ها) را نشان می‌دهد.

$$\varnothing^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a) \quad (8)$$

این جریان متوسط درجه سایر گزینه‌ها بر  $a$  را نشان می‌دهد و بیان می‌کند که گزینه‌های دیگر چقدر بر گزینه

قرار دادن مقدار ویژه بیشینه از رابطه شماره ۲ قابل محاسبه خواهد بود.

$$AW = \lambda_{\max} W \Rightarrow (A - \lambda_{\max} I)W = 0 \quad (2)$$

به منظور اندازه‌گیری نرخ سازگاری<sup>۱</sup> (CR) در ابتدا شاهد سازگاری<sup>۲</sup> (CI) بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (3)$$

در این رابطه  $n$  تعداد معیارها یا ابعاد ماتریس  $A$  و  $\lambda_{\max}$  بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس  $A$  می‌باشد. سپس نرخ سازگاری به صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

اگر CR کوچکتر از ۰،۱۰ باشد در اینصورت، در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه داد. اگر نه، تصمیم‌گیرنده باید در مقایسات زوجی بازنگری کند [۲۳].

مقدار RI را نیز Saaty و Vargas در سال ۱۹۹۱ برای ماتریسهای در ابعاد مختلف آماده کرده‌اند. این اعداد در جدول شماره ۳ آورده شده است [۱۷].

جدول ۳- شاخص ناسازگاری تصادفی [۱۷]

n	RI	n	RI	n	RI
1	0.00	6	1.24	11	1.51
2	0.00	7	1.32	12	1.48
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.90	9	1.45	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.59

## ۲-۲- روش پرامتی

این روش، یک روش ساختار یافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها می‌باشد. این روش به جدول تصمیم، بردار اوزان معیارها ( $w_j$ ) و توابع ترجیح هر معیار  $p_j(a,b)$  نیاز دارد. روش پرامتی معیار تعمیم یافته رابطه شماره ۵ را برای تعریف تابع برتری در اختیار تصمیم‌گیرنده قرار می‌دهد که قابل استفاده به تفکیک هر معیار می‌باشد.

<sup>۱</sup> Consistency Ratio

<sup>۲</sup> Consistency Index

<sup>۳</sup> Outranking flows

$$\begin{cases} \emptyset(a) = \emptyset^+(a) - \emptyset^-(a) \\ \emptyset(b) = \emptyset^+(b) - \emptyset^-(b) \end{cases} \quad (12)$$

سپس براساس تشکیل دو رابطه  $I^{\text{II}}$  و  $P^{\text{II}}$ ، رتبه‌بندی کامل<sup>۱</sup> را انجام می‌دهد:

$$\begin{cases} a P^{\text{II}} b \text{ iff } \emptyset(a) > \emptyset(b) \\ a I^{\text{II}} b \text{ iff } \emptyset(a) = \emptyset(b) \end{cases} \quad (13)$$

$$-1 \leq \emptyset(a) \leq 1, \sum_{x \in a} \emptyset(a) = 0$$

$\emptyset(a) > 0$ ، یعنی تسلط  $a$  بر سایر گزینه‌ها بیشتر از شدت تسلط سایر گزینه‌ها بر آن است. همچنین اثبات شده است که از رابطه‌های زیر می‌توان جهت محاسبه جریان خالص  $\emptyset(a)$  استفاده نمود [۱۳]:

$$\begin{cases} \emptyset(a) = \sum_j \emptyset_j(a) \cdot w_j \\ \emptyset_j(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} [p_j(a, x) - p_j(x, a)] \end{cases} \quad (14)$$

روش پرامتی  $V$ ، امکان انتخاب چندگانه از گزینه‌ها را تحت شرایط خاص مساله فراهم می‌نماید [۵، ۶].

### روش سوم: پرامتی $V$

در این روش امکان افزودن یک سری محدودیت‌های واقعی، نظیر محدودیت بودجه، نیروی انسانی، روابط داخلی بین پروژه‌ها و غیره را می‌توان در نظر گرفته و با توجه به خروجی روش پرامتی  $II$  و تشکیل یک مدل ریاضی صفر و یک عملاً مکان پروژه‌های مناسب را انتخاب نمود.

$$x_i = \begin{cases} 1 & \text{if Alternative } a_i \text{ is selected} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

لذا قدم‌های روش پرامتی  $V$  به صورت زیر می‌باشد [۵، ۶]:  
 قدم یک: تعیین رتبه یا کیفیت یا ارزش هر گزینه به روش پرامتی  $II$   
 قدم دوم: تشکیل یک مدل ریاضی صفر و یک<sup>۲</sup> خالص با اضافه کردن محدودیت‌های عملی در انتخاب بهترین سبد پروژه‌ها  
 با توجه به مطالب گفته شده، باید جهت رتبه بندی کامل از روش پرامتی  $II$  و جهت انتخاب سبدي از پروژه‌ها با توجه به محدودیت‌های مطرح در مساله از روش پرامتی  $V$  استفاده شده است.

$a$  اولویت دارند. لذا پس هر چقدر  $\emptyset^-(a)$  بیشتر باشد، بدتر بودن  $a$  نسبت به سایر گزینه‌ها (قدرت بیشتر تسلط سایر گزینه‌ها به  $a$ ) را نشان می‌دهد.

قدم ۶: تهیه بردار رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها  
 نوع رتبه‌بندی، بستگی به نوع روش پرامتی دارد که تصمیم‌گیر انتخاب می‌نماید.

روش پرامتی  $I$  برای رتبه بندی جزئی و پرامتی  $II$  جهت رتبه بندی کامل توسط Brans در سال ۱۹۸۲ پیشنهاد شد [۷].

### روش اول: پرامتی $I$

روش پرامتی  $I$  با تعریف سه رابطه  $P^I, I^I, R^I$  به ترتیب حالت ارجحیت، بی‌تفاوتی و غیر قابل مقایسه بودن گزینه‌ها را به صورت روابط ۹ الی ۱۱ تعریف می‌کند:

$$a P^I b \Leftrightarrow \begin{cases} \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \\ \text{or} \\ \emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \\ \text{or} \\ \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \end{cases} \quad (9)$$

$$a I^I b \Leftrightarrow \begin{cases} \emptyset^+(a) = \emptyset^+(b) \\ \emptyset^-(a) = \emptyset^-(b) \end{cases} \quad (10)$$

$$a R^I b \Leftrightarrow \begin{cases} \emptyset^+(a) > \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) > \emptyset^-(b) \\ \text{or} \\ \emptyset^+(a) < \emptyset^+(b) \text{ and } \emptyset^-(a) < \emptyset^-(b) \end{cases} \quad (11)$$

حالت سوم وقتی اتفاق می‌افتد که گزینه  $a$  روی مجموعه معیارهایی که گزینه  $b$  ضعف دارد، قوی است و در مقابل گزینه  $b$  در معیارهای دیگر نسبت به گزینه  $a$  قویتر می‌باشد، لذا روش پرامتی  $I$  توان رتبه‌بندی کامل را ندارد.

### روش دوم: پرامتی $II$

تصمیم‌گیران همیشه خواهان رتبه‌بندی کامل هستند، لذا جهت غلبه بر مشکل پرامتی  $I$  این روش با محاسبه جریان خالص  $\emptyset(a)$  (این جریان حاصل توازن میان جریانهای رتبه‌بندی مثبت و منفی است) صورت رابطه بالاتر نشان دهنده گزینه برتر است) به صورت رابطه شماره ۱۲ کیفیت یا ارزش هر پروژه را با توجه به مجموعه‌ای از معیارهای کمی و کیفی محاسبه می‌کند:

<sup>۱</sup> Complete ranking

<sup>۲</sup> Zero-one programming

### ۳- کار عملی

#### ۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه (شهرستان تبریز)

شهرستان تبریز از شمال به شهرستان ورزقان از جنوب به شهرستان مراغه و اسکو، از شرق به شهرستان بستان آباد و هریس و از غرب به شهرستان شبستر محدود می‌شود. بلندترین نقطه شهرستان تبریز مربوط به ارتفاعات قله آتشفشانی سهند واقع در جنوب شرقی شهرستان با ارتفاع ۳۶۰۰ متر می‌باشد و پست‌ترین نقطه آن در نواحی غربی با ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. این شهرستان با میانگین بارش در حدود ۲۴۰ میلی-متر و طبق اقلیم نمای امبرژه جزء نواحی سرد و خشک محسوب می‌گردد.

#### ۳-۲- معرفی نرم افزارهای مورد استفاده

در این تحقیق از توابع نرم‌افزار ArcGIS 10 جهت پردازش داده‌ها نظیر Spatial Analysis، Model Builder، Query Builder و Raster calculator استفاده شده است. همچنین جهت پردازشهای AHP، از نرم‌افزار Expert

Choice و برای پردازش‌های لازم روش پرامتی از نرم افزار Decision lab و جهت حل مدل ریاضی صفر و یک از نرم-افزار بهینه‌سازی Gams استفاده شده است.

#### ۳-۳- کار عملی انجام شده به روش AHP

ابتدا تصمیم‌گیرنده شاخصها را دو به دو با هم مقایسه می‌کند به خاطر وجود ده شاخص در فاکتور محیطی، تعداد مقایسات زوجی برابر خواهد بود با:

$$\binom{n}{2} = \binom{10}{2} = \frac{10!}{2!(10-2)!} = 45 \quad (16)$$

همچنین به خاطر وجود دو شاخص در فاکتور اقتصادی، تعداد مقایسات زوجی برابر خواهد بود با:

$$\binom{n}{2} = \binom{2}{2} = \frac{2!}{2!(2-2)!} = 1 \quad (17)$$

لذا جداول ۴ الی ۷ جدول مقایسات زوجی معیارها را نسبت به هدف مساله و گزینه‌ها را نسبت به معیارها نشان می‌دهد. همچنین در جدول شماره ۸ وزن نهایی تمام فاکتورهای موثر در مکان‌یابی دفن پسماندها آورده شده است.

جدول ۴- فلوجارت معیارهای محیطی و اقتصادی

Goal A	Hierarchy B	Hierarchy C
	فاکتورهای محیطی (B1)	کاربری اراضی (C1) فاصله از فرودگاه (C2) فاصله از روستا (C3) زمین شناسی (C4) فاصله از مناطق تحت مدیریت محیط زیست (C5) فاصله از مراکز صنعتی و خدماتی (C6) عمق آب زیرزمینی (C7) شیب (C8) فاصله از رودخانه (C9) فاصله از گسل (C10)
	دفعن پسماندهای شهری	
	فاکتورهای اقتصادی (B2)	فاصله از محدوده شهر (C11) فاصله از جاده های آسفالت (C12)

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی A-B1, B2

	B1	B2	$W_i$
B1	1	$\frac{1}{3}$	0.25
B2		1	0.75

CR=0

جدول ۶ - ماتریس مقایسات زوجی B1-C1,C10

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	$W_i$
C1	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	3	2	2	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{1}{5}$	2	0.061
C2		1	1	2	2	4	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{5}$	2	0.089
C3			1	6	2	7	1	7	$\frac{1}{2}$	8	0.192
C4				1	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{7}$	2	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{2}$	0.029
C5					1	2	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{1}{3}$	3	0.071
C6						1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	0.027
C7							1	7	1	7	0.214
C8								1	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	0.033
C9									1	7	0.243
C10										1	0.040

$$CR = 0.07 \leq 0.1$$

جدول ۷ - ماتریس مقایسات زوجی B2-C11,C12

	C11	C12	$W_i$
C11	1	2	0.67
C12		1	0.33

$$CR=0$$

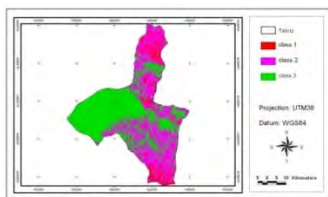
جدول ۸ - وزن نهایی تمام فاکتورهای موثر در مکان یابی دفن پسماندها

Goal A	Hierarchy B	Hierarchy C	$W_i$
A	B1	C1	0.015
		C2	0.022
		C3	0.048
		C4	0.007
		C5	0.018
		C6	0.007
		C7	0.054
		C8	0.008
		C9	0.061
		C10	0.010
	B2	C11	0.502
		C12	0.248

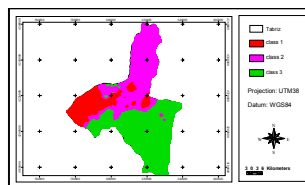
جدول شماره ۱ در نرم افزار ArcGIS 10 ترسیم شده اند که در اشکال ۱ الی ۱۲ آورده شده اند.

نقشه های کلاسه بندی شده طبق معیارهای موجود در

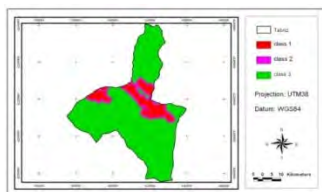




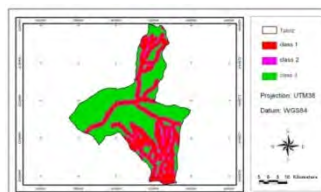
شکل ۲- نقشه شیب کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



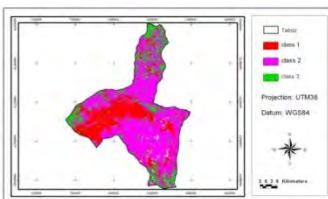
شکل ۱- نقشه عمق آب کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



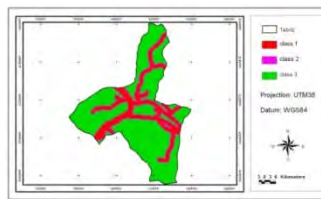
شکل ۴- نقشه گسل های اصلی و فرعی کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



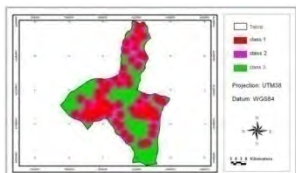
شکل ۳- نقشه شبکه زهکشی کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



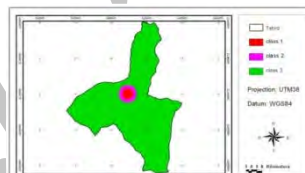
شکل ۶- نقشه کاربری اراضی کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



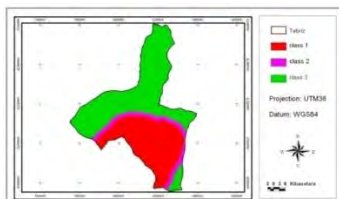
شکل ۵- نقشه جاده های آسفالت کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



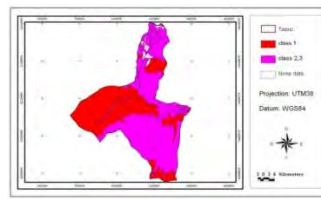
شکل ۸- نقشه فاصله از روستاها کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



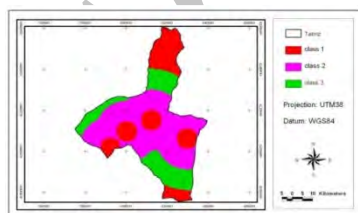
شکل ۷- نقشه فاصله از فرودگاه کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



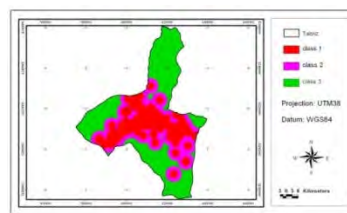
شکل ۱۰- نقشه فاصله از مناطق تحت مدیریت محیط زیست کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



شکل ۹- نقشه زمین شناسی کلاسه بندی شده شهرستان تبریز



شکل ۱۲- نقشه فاصله از مراکز شهری



شکل ۱۱- نقشه فاصله از مراکز صنعتی کلاسه بندی شده شهرستان تبریز

جدول ۹- وزن نهایی زیر فاکتور تمام لایه های کلاسه بندی شده طبق جدول ۱

	A	B	C	$W_i$
A	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	0.164
B		1	$\frac{1}{2}$	0.297
C			1	0.539

با توجه به اینکه کل ۱۲ نقشه فوق الذکر طبق جدول شماره ۱ به سه کلاس با وزنهای برابر کلاسه بندی شده اند لذا وزن هر کلاس به ترتیب برابر خواهد شد با: ۱،  $\frac{1}{2}$  و  $\frac{1}{3}$ . لذا ماتریس مقایسه و وزنهای معنی دار برای هر نقشه به صورت جدول شماره ۹ خواهد بود.

نقشه نهایی شکل شماره ۱۳ رسید. همانگونه که در شکل شماره ۱۳ مشخص است رنگ سبز نشانگر مکان‌های کاندیدا (کلاس عالی) برای مکان‌های دفن پسماندهای شهر تبریز می‌باشند. سه منطقه موجود در کلاس عالی باید به روش پرامتی و برنامه‌نویسی صفر و یک رتبه‌بندی باید شوند.

### ۳-۴- کار عملی انجام شده توسط روش پرامتی V

تعدادی توابع ترجیحی برای تعریف تابع برتری گزینه‌ها نظیر خطی، گوسی، V شکل و U شکل معرفی شده‌اند [۳]. در این مقاله از توابع ترجیحی V شکل با مشخصات جدول شماره ۱۰ استفاده شده است.

جهت رتبه‌بندی ۳ منطقه موجود در کلاس عالی طبق شکل شماره ۱۳ از روش پرامتی II استفاده شده است. لذا برای اینکار ابتدا نوع شاخص، نوع تابع برتری، آستانه‌های بی‌تفاوتی و برتری را برای هر شاخص طبق جدول شماره ۱۱ تعیین شد. لازم به ذکر می‌باشد که از ۱۲ معیار، ۴ معیار تاثیرگذار با ضریب ۸۶/۷ درصد که عبارتند از عمق آب در منطقه، فاصله از رودخانه، فاصله از محدوده شهر و فاصله از جاده‌های آسفالتی در نظر گرفته شدند.

طبق روابط ذکر شده پرامتی II جریان خالص گزینه را طبق جدول شماره ۱۲ محاسبه می‌شوند.

یعنی در این روش علاوه بر در نظر گرفتن وزن لایه‌ها، کلاسهای نقشه‌ها نیز با امتیازات اختصاص یافته‌شان در عملیات تلفیق شرکت داده می‌شوند. لذا در این روش دیدگاههای متخصصان درباره اهمیت لایه‌ها و کلاسها تواما ترتیب اثر داده می‌شود [۲۴].

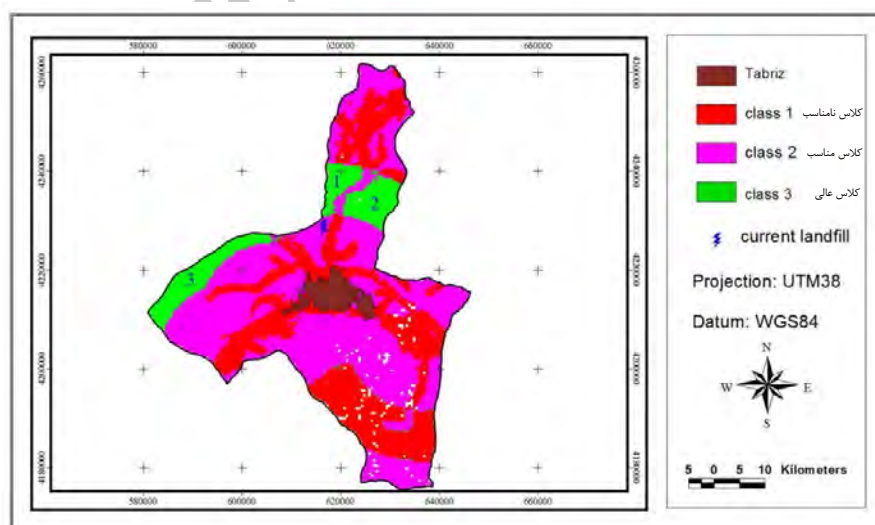
برای محاسبه وزن نهایی در AHP غالباً از روش ترکیب وزنی ساده<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. حالا طبق رابطه شماره ۱۸ نقشه ایندکس مناسبیت دفن پسماندها بدست می‌آید [۲۰].

$$LSI = \sum_{i=1}^{12} Map_i c_{w_i} \times Map_i sc_{w_i} \quad (18)$$

که در آن i تعداد لایه‌ها،  $Map_i c_{w_i}$  وزن معیار نقشه کلاس ام طبق جدول شماره ۷ و  $Map_i sc_{w_i}$  وزن زیر معیار نقشه کلاس ام طبق جدول شماره ۸ می‌باشند. در این روش فرض بر این است که ارتباط بین مقادیر، خطی بوده و استقلال بین لایه‌ها وجود دارد [۱۱]. نقشه مناسبیتی که تهیه شده ارزشی بین 0.186 الی 0.540 دارد لذا با توجه به وجود سه کلاس نامناسب، مناسب و عالی، فاصله کلاسها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{0.540 - 0.186}{3} = 0.118 \quad (19)$$

لذا با کلاس‌بندی نقشه مناسبیت مکانی به سه کلاس با فواصل 0.186-0.304 (کلاس نامناسب)، 0.304-0.422 (کلاس مناسب) و 0.422-0.540 (کلاس عالی) می‌توان به



شکل ۱۳- نقشه مناسبیت مکانی به روش AHP

<sup>۱</sup> Simple Additive Weighting

جدول ۱۰- توابع ترجیعی [۳]

نام تابع ترجیعی	شکل	رابطه	توضیح
v-shaped criteria		$p(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	با نوسان امتیازات در بازه صفر تا p میزان اولویت خطی تغییر می‌کند. اگر تفاوت بیشتر از p باشد، گزینه اولویت کامل دارد.
v-shaped with indifference threshold linear- criteria		$p(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	اگر تفاوت امتیازات دو گزینه کمتر از q باشد هیچ تفاوتی وجود ندارد. اگر تفاوت بین p و q باشد، میزان اولویت به گونه خطی تغییر می‌کند و اگر تفاوت بیش از p باشد اولویت کامل وجود دارد.

جدول ۱۱- نوع شاخص، نوع تابع برتری، آستانه های بی تفاوتی و برتری در روش پرامتی II

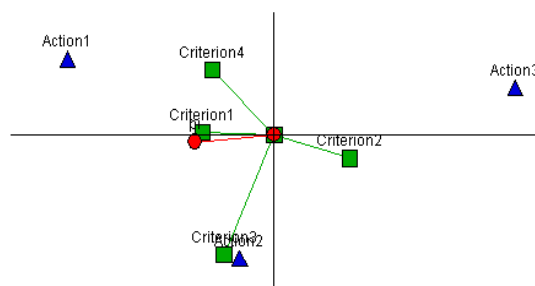
	Createrion1 (m) متوسط عمق آب در منطقه	Createrion2 (km) متوسط فاصله از رودخانه	Createrion3 (km) متوسط فاصله از محدوده شهر	Createrion4 (km) متوسط فاصله از جاده های آسفالته
<b>Max/Min</b>	Max	Max	Min	Min
<b>Weight</b>	0.063	0.071	0.579	0.287
<b>Preference Function</b>	v-shaped criteria	v-shaped criteria	v-shaped with indifference threshold linear- criteria	v-shaped criteria
<b>Indifference Threshold</b>	-	-	1	-
<b>Preference Threshold</b>	4	0.5	3	1
<b>*Action1</b>	16.0	0.2	22.3	3.4
<b>*Action2</b>	13.0	3.1	19.8	5.0
<b>*Action3</b>	4.0	12.7	27.9	5.4

\* منظور از Action محل های بدست آمده در کلاس عالی می باشد.

جدول ۱۲- محاسبه جریان خالص

	$\emptyset^+(a)$	$\emptyset^-(a)$	$\emptyset(a)$
<b>Action1</b>	0.63	0.29	0.34
<b>Action2</b>	0.63	0.20	0.43
<b>Action3</b>	0.07	0.84	-0.77

نزدیکتر می باشد و لذا در اولویت اول قرار می گیرد. همین مطلب از جدول شماره ۱۲ نیز مشخص است چرا که جریان خالص گزینه دوم بیشتر بوده و در اولویت اول جهت دفن پسماندهای شهر تبریز قرار می گیرد.



شکل ۱۴- روش GAIA

آنالیز حساسیت به دو دلیل انجام می گیرد [۲۶]:

### ۳-۵- تحلیل هندسی برای کمک متقابل<sup>۲</sup> و آنالیز حساسیت

روش GAIA برای افزایش کارایی روشهای پرامتی مطرح شده و به آن قابلیت های گرافیکی و تشریحی اضافه می نماید. زیرا در مسائل چند شاخصه، بسیار مهم است که تصمیم گیرنده را در مورد مخالف شاخص ها و برخورد وزن شاخص ها روی نتایج پایانی را داشته باشیم. در واقع روش GAIA نشان دهنده دید دو بعدی ترجیحات تصمیم گیر می باشد [۱۲].

همانگونه که از شکل ۱۴ مشخص است، محور قرمز رنگ محور تصمیم گیری بوده و لذا گزینه دوم نسبت به گزینه های دیگر، به معیار تصمیم گیری و جریان خالص

<sup>۱</sup> Geometrical Analysis for Interactive Assistance (GAIA)

مربوط به بودجه در اختیار و هزینه‌های ایجاد هر پروژه و محدودیت دوم بیانگر این واقعیت است که حداقل یکی از مناطق باید جهت دفن پسماندهای شهر تبریز انتخاب شود و محدودیت سوم بیانگر این است که اگر منطقه دوم ( $x_2$ ) انتخاب شود، دیگر نیازی نیست که منطقه سوم ( $x_3$ ) انتخاب شود.

Model:

$$\begin{aligned} \max \quad & 0.34x_1 + 0.43x_2 - 0.77x_3 \\ \text{s.t.} \quad & 60x_1 + 70x_2 + 80x_3 \leq 150 \\ & x_1 + x_2 + x_3 \geq 1 \\ & x_2 > x_3 \\ & x_i \in \{0, 1\} \end{aligned} \quad (20)$$

لذا کد نوشته شده جهت حل مدل بالا در نرم افزار Gams به صورت زیر می‌باشد:

```
sets
i numbers/1,2,3/;
parameter
c(i) objective coefficient
/1 .34
2 .43
3 -.77/
b(i) budget coefficient
/1 60
2 70
3 80/
a(i) coefficient
/1 1
2 1
3 1/;
variables
x(i)
z objective function;
positive variables x(i);
equations
c1
c2
c3
ob;
ob.. z=e=sum(i,c(i)*x(i));
c1.. sum(i,b(i)*x(i))=l=150;
c2.. sum(i,a(i)*x(i))=g=1;
c3.. x('2')-x('3')=g=0;
model sample /all/;
solve sample using lp maximizing z;
display x.l,z.l;
```

شکل ۱۵- کد نوشته شده در نرم افزار Gams

نتیجه برنامه‌ریزی صفر و یک بالا انتخاب گزینه دوم از گزینه‌های موجود در کلاس عالی به عنوان مکان دفن پسماندهای شهر تبریز می‌باشد. همانگونه که مشاهده می‌شود گزینه دوم در روش پرامتی نیز دارای جریان خالص بیشتر بوده و در اولویت اول جهت دفن پسماندهای شهر تبریز قرار می‌گیرد.

اول به دلیل ماهیت پروسه MCDM می‌باشد که دارای سطحی از عدم قطعیت در پارامترهای مختلف مدل می‌باشد، دوم اینکه آنالیز حساسیت اجازه بررسی بیشتر روی داده‌ها، مدل و غیره را می‌دهد.

لذا تصمیم‌گیر ممکن است نسبت به وزن یک معیار تردید داشته باشد که در اینجا می‌تواند با تغییر آن وزن، نتیجه را مشاهده و بررسی نماید یا یک معیار را حذف و یا اضافه نماید. لذا پس از تعیین رتبه مربوط به هر گزینه، با تحلیل حساسیت می‌توان میزان استحکام گزینه‌های ارائه شده را تعیین نمود. تحلیل حساسیت به چگونگی تغییر در خروجی‌ها نسبت به تغییر در ورودی‌ها می‌پردازد. اگر تغییرات نتوانند به صورت قابل توجهی بر روی خروجی‌ها تاثیر بگذارند، گفته می‌شود که رتبه‌بندی مورد نظر دارای استحکام می‌باشد [۲۶]. بازه ای به نام بازه پایدار<sup>۳</sup> برای هر معیار در روش پرامتی تعریف می‌شود. چنانچه وزن معیار در این بازه تعریف شود، رتبه پایانی در روش پرامتی II عوض نمی‌شود. لذا این ابزار برای انجام تحلیل حساسیت بسیار مفید می‌باشد. با توجه به بازه‌های ارائه شده برای وزن معیارها در جدول شماره ۱۳ حاکی از آن است که که گزینه انتخاب شده، مناسب بوده و دارای استحکام لازم می‌باشد.

جدول ۱۳- آنالیز حساسیت در وزن معیارها

Criterion	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
Criterion1	0.0630	0.0000	0.1762	6.30%	0.00%	15.83%
Criterion2	0.0710	0.0000	0.6287	7.10%	0.00%	40.36%
Criterion3	0.5790	0.4658	Infinity	57.90%	52.53%	100.00%
Criterion4	0.2870	0.0000	0.3523	28.70%	0.00%	33.07%

### ۳-۶- برنامه‌ریزی صفر و یک

در مرحله آخر جهت اعمال محدودیتهای بودجه پروژه‌ها و محدودیت‌های عملی در انتخاب بهترین گزینه از برنامه‌ریزی صفر و یک استفاده شده است. با این واقعیت که ۱۵۰ واحد بودجه در اختیار داریم و هزینه‌های لازم جهت احداث مکان دفن اول مستلزم ۶۰ واحد هزینه، مکان دوم مستلزم ۷۰ واحد هزینه و مکان سوم نیاز به ۸۰ واحد هزینه می‌باشد. لذا در مدل ذیل محدودیت اول

<sup>۱</sup> Stability Intervals

#### ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همچنین روش‌های پرامتی، یک روش ساختار یافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی‌سازی ارزیابی‌ها می‌باشند. در روش پرامتی تابع برتری که تصمیم‌گیر برای معیارها انتخاب می‌کند، می‌تواند متفاوت باشد که این یکی از مزایای مختص روشهای پرامتی می‌باشد. علاوه بر این امکان در نظر گرفتن محدودیت‌های مساله، امکان استفاده از طرح گرافیکی مدلسازی و امکان تحلیل حساسیت را به صورت ساده دارد. لذا در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش پرامتی II اقدام به رتبه‌بندی مکانهای بدست آمده در کلاس عالی توسط جریان خالص پرداخته و سپس با استفاده از روش پرامتی V اقدام به تشکیل یک مدل ریاضی صفر و یک با اضافه کردن محدودیت‌های عملی و بودجه در نظر گرفته شده در انتخاب بهترین مکان برای دفن پسماندها اقدام شده است. همچنین تحلیل حساسیت انجام گرفته روی وزن‌ها و بررسی روش GAIA مشخص کرد که وزن‌ها و گزینه انتخاب شده، مناسب بوده و مکان انتخاب شده نهایی دارای استحکام می‌باشد. برای کارهای آینده پیشنهاد می‌شود مکان‌یابی دفن پسماندها با سایر روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره نظیر TOPSIS، ELECTRE<sup>۱</sup> و ANP<sup>۲</sup> انجام و نتایج آنها با هم مقایسه شود.

به طور کلی رویکردی که در ادبیات این تحقیق به چشم می‌خورد به این صورت می‌باشد که ابتدا مکانهای نامناسب توسط GIS شناسایی و حذف شده‌اند تا محدوده مطالعاتی کوچکتر شود. سپس با در نظر گرفتن معیارها و شرایط فنی، اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و قوانین و مقررات موجود و با استفاده از روش AHP اقدام به مقایسات زوجی نموده و به لایه‌های مساله وزنی اختصاص داده می‌شود و سپس نقشه مناسب مکانی جهت دفن پسماندها مشخص کرده‌اند که این نقشه به سه کلاس عالی، خوب و ضعیف تقسیم‌بندی می‌شود [۸، ۱۵، ۲۱] و لذا تا به این مرحله با تعداد انگشت‌شماری از مکانهای کاندیدا مواجه هستیم. سپس از بین کلاسهای عالی بدست آمده، تصمیم‌گیر اقدام به انتخاب یک گزینه برتر می‌نماید [۹] و یا با استفاده از روشهای Topsis و FAHP اقدام به رتبه‌بندی نهایی گزینه‌های کاندیدا نموده و مناسبترین مکان جهت دفن پسماندها را معرفی کرده‌اند [۱۴، ۱۵]. در نتیجه این روشها محدودیت بودجه پروژه‌ها و محدودیت‌های عملی در انتخاب بهترین گزینه را در نظر نگرفته‌اند.

#### مراجع

- [1] Banar, M., Köse, B. M., Özkan, A. and Acar, I. P., (2007), "Choosing a Municipal Landfill Site by Analytic Network process, "Environmental Geology, 52, 747-751.
- [2] Brans J.P. and Mareschal, B., (2002), "PROMETHEE-GAIA, Une Méthodologie d'Aide à la Décision en Présence de Critères Multiples, " Ellipses, Paris, France.
- [3] Brans, J.P. and Mareschal B., Edited by FIGUEIRA J., GRECO S., and EHRGOTT M., (2005), "Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, " Chapter 5, PROMETHEE METHODS, 163-195.
- [4] Brans, J.P. and Mareschal, B., (1994), "The PROMCALC and GAIA decision support system for multicriteria decision aid, " Decision Support Systems, 12(4-5), 297-310.
- [5] Brans, J.P. and Mareschal, B., (1992), "Promethee V MCDM Problems with Segmentation Constraints, "INFOR, 30(2):85-96.
- [6] Brans, J.P. and Mareschal, B., (1995), "The PROMETHEE VI procedure. How to Differentiate Hard From Soft Multi criteria Problems, "Journal of Decision Systems, 4, 213-223.
- [7] Brans. J.P. (1982), "Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE. In R. Nadeau and M. Landry, " editors, L'aide à la décision: Nature, Instruments et Perspectives d'Avenir, pages 183-213, Québec, Canada.
- [8] Guiqin, W., Li, Q., Guoxue, L. and Lijun, C., (2009), "Landfill Site Selection Using Spatial Information Technologies and AHP: A Case Study in Beijing, China, " Journal of Environmental Management 90, 2414-2421.

<sup>۱</sup> Elimination and Choice Translating Reality

<sup>۲</sup> Analytical Network Process

- [9] Hafezi Moghaddas N. and Hajizadeh Namaghi H., (2011), "Hazardous Waste Landfill Site Selection in Khorasan Razavi Province, Northeastern Iran," Saudi Society for Geosciences, Arab J Geosci, 4, 103–113.
- [10] Macharis, C., Brans, J.P., and Mareschal, B., (1998), "The GDSS PROMETHEE Procedure – A PROMETHEE-GAIA Based Procedure for Group Decision Support," Journal of Decision Systems, 7:283–307.
- [11] Malczewski, j., (1999), "GIS and Multi Criteria Decision Analysis," John wily and sons Inc.
- [12] Mareschal B. and Brans, J.P., (1988), "Geometrical Representations for MCDA. The GAIA Module, " European Journal of Operational Research, 34:69–77.
- [13] Mareschal, B., De Smet, Y. and Nemery, P., (2008), "Rank reversal in the PROMETHEE II method: Some new results, " In IEEE 2008 international conference on industrial engineering and engineering management, Singapore.
- [14] Nazari A., Salarirad M.M. and Aghajani Bazzazi A., (2011), "Landfill Site Selection by Decision-Making Tools Based on Fuzzy Multi-attribute Decision-Making Method, "Springer-Verlag, Environ Earth Sci, DOI 10.1007/s12665-011-1137-2.
- [15] Pires A., Chang N. and Martinho, G., (2011), "An AHP-Based Fuzzy Interval TOPSIS Assessment for Sustainable Expansion of the Solid Waste Management System in Setubal Peninsula, Portugal, " Resources, Conservation and Recycling 56,7–21.
- [16] Roussat N., Dujet, C. and Méhu, J., (2009), "Choosing a Sustainable Demolition Waste Management Strategy Using Multicriteria Decision Analysis, " Waste Management 29, 12–20.
- [17] Saaty, T.L. and Vargas, L.G., (1991), "Prediction, Projection and Forecasting, "Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 251.
- [18] Saaty, T.L., (1980), "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. " McGraw-Hill, New York, NY, 437.
- [19] Saaty, T.L., (1990), "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, " European Journal of Operational Research, North-Holland 48, 9-26.
- [20] Sener S., Sener E. and Karagüzel R., (2011), "Solid Waste Disposal Site Selection with GIS and AHP Methodology: A Case Study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey, " Springer Science + Business, Environ Monit Assess 173:533–554.
- [21] Sener, S., Sener, E. and Karagüzel R., (2010), "Solid Waste Disposal Site Selection With GIS and AHP Methodology: A Case Study in Senirkent–Uluborlu (Isparta) Basin, Turkey, " Springer Science+Business Media B.V. , Environ Monit Assess 173, 533–554.
- [22] Vastava, S. and Nathawat, (2003), "Selection of Potential Waste Disposal Sites Around Ranchi urban Complex Using Remote Sensing and GIS Techniques, " urban planning, map Asia conference.
- [23] Ying, X., Guang-Ming, Z., Gui-Qiu, C., Lin, T., Ke-Lin, W. and Dao-You, H., (2007), "Combining AHP with GIS in Synthetic Evaluation of Eco-environment Quality—A Case Study of Hunan Province, China, "Ecological Modeling, 209(2–4), 97–109.

- [۲۴] قدسی پور، س. ح. (۱۳۸۵)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، دانشگاه امیر کبیر، تهران، ایران.
- [۲۵] رنجبر، ا. و یعقوب زاده، ح. (۱۳۸۷)، پهنه بندی و مکان یابی دفن پسماندهای شهری با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی (GIS) (منطقه مورد مطالعه: شهرستان تبریز)، طرح پژوهشی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- [۲۶] قربانی، م. (۱۳۸۸)، طراحی و پیاده سازی یک سیستم حامی تصمیم مکانی (مطالعه موردی: تعیین شعب بهینه بانکی)، رساله کارشناسی ارشد، پردیس دانشکده های فنی، دانشگاه تهران.
- [۲۷] کفاش چرندابی، ن، آل شیخ، ع، کریمی، م، (۱۳۹۱)، جانمایی بهینه ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا با استفاده از روشهای فرارته‌بای، نشریه محیط شناسی دانشگاه تهران، سال ۳۸، شماره ۶۲، صفحه: ۸۲–۶۹.
- [۲۸] اصغری زاده، ع، نصراللهی، م، (۱۳۸۶)، رتبه‌بندی شرکتها براساس معیارهای مدل سرآمدی-روش PROMETHEE، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۱، شماره ۳، ص ۵۹ تا ۸۴.