

## Investigating the Delphi Method in Ranking Indicators of Health, Safety and Environmental Management of Municipal Waste Landfills (A Case Study)

### Fahime Javadi

\*Master's degree in Natural Resources Engineering - Environment, Pollution, Binaloud University of Mashhad, Environmental teacher, Mashhad, Iran.

(Corresponding Author):  
[Fjavadi97@yahoo.com](mailto:Fjavadi97@yahoo.com)

### Amin Alizadeh

Professor, Irrigation, Drainage and Meteorology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

### Mehri Rezaei

Ph.D. Environment, Pollution, Department of Environment, Mashhad, Iran.

Received: 2023/08/19

Accepted: 2024/02/10

Doi: 10.22038/jreh.2024.23855

### Abstract

**Background and Purpose:** This study aims to explore the application of the Delphi method in ranking health, safety, and environmental health safety environment management indicators at the municipal waste landfill in Mashhad.

**Materials and Methods:** Initially, relevant criteria and indicators were identified using the Delphi method and a survey of experts, who assigned scores ranging from 1 to 9. Subsequently, the criteria and indicators were prioritized by employing the Analytic Hierarchy Process and based on the opinions of 15 experts through pairwise comparisons. The analysis and synthesis of indicators were facilitated using statistical software, such as Expert Choice.

**Results:** The highest scores across all three categories pertained to the safety of the burial process, integrity of burial cells, management and treatment of sanitary sewage, leachate collection systems, soil contamination via leachate, control of traffic noise and operations, and adherence to slope guidelines. Conversely, the lowest scores across all categories were associated with the safety of facilities, training, safety of equipment, warning signs, gas collection, and extraction wells, prohibition of entry and animal presence, daily spraying operations aligned with wind direction, landfill gas management, gas collection systems, effluent management parameters, control of traffic noise, levels of odors, and the impact on the greenhouse effect.

**Conclusion:** This research indicates that the HSE conditions at the Mashhad landfill are suboptimal. Environmental and safety indicators, in particular, have been largely overlooked in landfill management practices. Establishing a dedicated HSE system within the waste management framework of Mashhad's municipal administration could significantly enhance these indicators.

**Keywords:** Landfill, Safety, Health, Environment, Delphi Technique

**Open Access Policy:** This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Citation:** Javadi F, Alizadeh A, Rezaei M. Investigating the Delphi Method in Ranking Indicators of Health, Safety and Environmental Management of Municipal Waste Landfills (A Case Study). *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Spring 2024; 10(1):65-76.

# بررسی روش دلفی در رتبه‌بندی شاخص‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست محل دفن پسماند شهری (یک مطالعه‌ی موردی)

## چکیده

**زمینه و هدف:** الگوی افزایشی رشد جمعیت و مصرف‌گرایی منجر به تولید بیشتر و متنوع‌تر پسماندها و زباله‌ها می‌گردد. هدف از انجام این پژوهش بررسی روش دلفی در رتبه‌بندی شاخص‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست محل دفن پسماند شهری شهر مشهد می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این پروژه ابتدا مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌های مرتبط بر اساس روش دلفی و نظرسنجی از متخصصان، با امتیازدهی بین ۱ تا ۹ مشخص شد و سپس با استفاده از تکنیک فرآیند سلسله‌مراتبی، بر اساس نظرات ۱۵ نفر از خبرگان و بر اساس مقایسه‌های زوجی، معیارها و شاخص‌ها اولویت‌بندی شدند. در نهایت تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی شاخص‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری مانند اکسپرت چویس انجام شد.

**یافته‌ها:** بیشترین امتیاز در هر سه حوزه، مربوط به ایمنی فرآیند دفن، ایمنی سلول‌های دفن، مدیریت و تصفیه فاضلاب بهداشتی، سیستم جمع‌آوری شیرابه، آلودگی خاک از طریق شیرابه، کنترل صدای ترافیک و عملیات و رعایت شیب است. کمترین امتیاز در هر سه حوزه، مربوط به ایمنی تأسیسات، آموزش، ایمنی تجهیزات، علائم هشداردهنده و چاه‌های جمع‌آوری و استخراج گاز و ممنوعیت ورود و نگهداری حیوانات و عملیات سمپاشی روزانه و برگشت به جهت باد، مدیریت گاز محل دفن زباله، سیستم جمع‌آوری گاز، پارامترهای مدیریت پساب و کنترل صداهای ترافیکی و میزان بوی نامطبوع و همچنین میزان اثر گلخانه‌ای بوده است.

**نتیجه‌گیری:** بر اساس این تحقیق، وضعیت دفن زباله مشهد از نظر شاخص‌های HSE نامطلوب گزارش شده است. شاخص‌های زیست‌محیطی و ایمنی کمترین توجه را در مدیریت دفن زباله به خود اختصاص داده است.

**کلیدواژه‌ها:** محل دفن زباله، ایمنی، بهداشت، محیط‌زیست، تکنیک دلفی

## فهیمة جوادی

\*کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی محیط زیست، آلودگی، دانشگاه بینالود مشهد، مشهد، ایران. (نویسنده مسئول):  
Fjavadi97@yahoo.com

## امین علیزاده

استاد، آبیاری، زهکشی و هواشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

## مهری رضایی

دکترای محیط زیست، اداره کل حفاظت محیط زیست خراسان رضوی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۱

## نوع مقاله: پژوهشی

استناد: جوادی ف، علیزاده ا، رضایی م. بررسی روش دلفی در رتبه‌بندی شاخص‌های مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست محل دفن پسماند شهری (یک مطالعه موردی). فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. بهار ۱۴۰۳؛ ۱(۱): ۶۵-۷۶.

الگوی افزایشی رشد جمعیت و مصرف‌گرایی منجر به تولید بیشتر و متنوع‌تر پسماندها و زباله‌ها می‌گردد. از طرفی مواد زائد به عنوان یکی از آلاینده‌های اصلی محیط زیست مورد توجه می‌باشند. پس لزوم هدایت پسماندها و مدیریت مواد زائد به محل دفن مناسب با رعایت اصول بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیست امری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. دفن آخرین مرحله از مدیریت مواد زائد جامد و مکمل تمام روش‌های دفع محسوب می‌شود. محل‌های دفن زباله به دلیل ماهیت و نوع فعالیت با مخاطرات مختلفی از نظر ایمنی، سلامت، بهداشت و محیط‌زیست همراه می‌باشند. در نتیجه امکان آسیب به انسان، تجهیزات و محیط‌زیست در صورت وقوع حادثه وجود دارد (۱). سیستم مدیریت اچ اس ای<sup>۱</sup> ابزار مدیریتی برای کنترل و بهبود عملکرد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در برنامه‌های توسعه یا تشکیلات سازمانی بوده است و سبب تأمین ایمنی همه جانبه کارکنان، تجهیزات و تأسیسات و به صفر رساندن حوادث و آسیب‌های ناشی از کار می‌شود. از این رو برای استقرار یک سیستم مدیریتی یکپارچه در جهت کاهش تلفات ابتدا باید برنامه‌های HSE متناسب با نیازمندی‌های هر سازمان شناسایی گردد. انواع گوناگونی از خطرات در زمینه‌ی سلامت و ایمنی و محیط‌زیست در مدیریت پسماند وجود دارد. این خطرات در مراحل قرارگیری در معرض پسماند تا کار با تجهیزات سنگین وجود دارند. داشتن علم و آگاهی در ارتباط با هر یک از عوامل خطر برای سلامت شغلی ضروری است تا از صدمات و آثار مخرب روی سلامتی کارکنان جلوگیری شود. لذا با پیشگیری از بروز حوادث، بیماری‌های ناشی از کار و معضلات زیست‌محیطی با در نظر گرفتن سلامت و ایمنی کارگران، مستلزم به‌کارگیری ملاحظات بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیست و نهادینه کردن آن در مدیریت اجرایی پسماندها می‌باشد و هدف نیز ایمن‌سازی محیط کار و صیانت از نیروی انسانی و منابع مادی و پیشگیری از حوادث ناشی از کار در محل‌های دفن زباله پسماندهای عادی می‌باشد. (۲)

در ایران ۸ درصد پسماندهای شهری بازیافت، کمپوست و استفاده مجدد می‌شود. در حالی که ۹۲ درصد مواد زائد دفن می‌شوند حدود ۲۵ درصد پسماندها دفن اصولی و تقریباً

بهداشتی شده و مابقی به شکل غیربهداشتی دفن و تلبار می‌شود. (۳)

مروری بر مطالعات گذشته نشان می‌دهد که روش‌هایی جهت رتبه‌بندی، ارزیابی و اولویت‌بندی پارامترها به صورت ریاضی و ذهنی ایجاد شده‌اند. پارامترها را می‌توان با رتبه‌بندی عددی اهمیت کمی کرد (به عنوان مثال ۱ کمتر از ۲ است) یا بر اساس فاکتورهای اجتماعی طبقه‌بندی می‌شوند که کمی‌سازی آن‌ها دشوار است. (۴) چندین روش تصمیم‌گیری برای استفاده در زمینه‌ی محیط‌زیست در دسترس هستند از جمله: روش ماتریکس (۵)، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (۶) و روش ماتریس (۴). روش ماتریس در تعدادی از سناریوهای تصمیم‌گیری برای بررسی تأثیرات محیط‌زیستی پروژه‌های حمل و نقل و توسعه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (۵). ای اچ پی<sup>۲</sup> شاهد استفاده گسترده‌ی تعدادی از سناریوهای تصمیم‌گیری از جمله سیاست، امور مالی و شاخص‌های عملکرد در زمینه‌ی محیط‌زیست است (۷) (۴). روش ماتریس نیز در مکان‌یابی محل دفن زباله کاربردهایی پیدا کرده است (۸). هدف از انجام این تحقیق ارائه مدل تصمیم‌گیری جدیدی جهت مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست محل‌های دفن زباله می‌باشد. هدف از این تحقیق تلفیق تکنیک دلفی به‌منظور شناسایی و غربال مهم‌ترین شاخص‌های تصمیم‌گیری و تکنیک AHP به منظور رتبه‌بندی و تعیین اهمیت شاخص‌ها در زمینه‌ی مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست محل‌های دفن زباله شهری شهر مشهد می‌باشد.

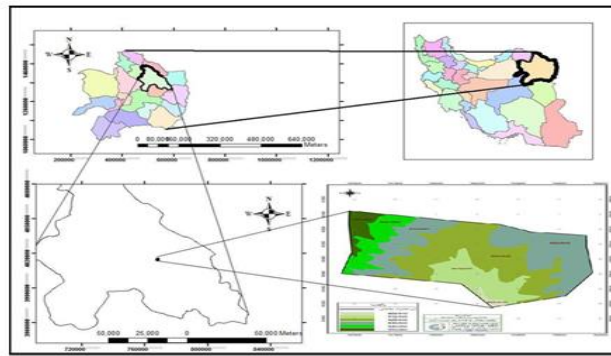
## روش کار

### محل دفن زباله جدید مشهد

محل دفن زباله جدید مشهد در شرق شهرستان مشهد و واقع در محور ارتباطی مشهد- میامی واقع شده است. وسعت کل منطقه مورد مطالعه ۱۰۳ هکتار، محیط ۳۹۳۴ مترمربع و ارتفاع از سطح دریا ۹۵۰ متر است. موقعیت منطقه مطالعاتی (وضعیت کنونی لندفیل مشهد) در شکل ۱ نشان داده شده است.

<sup>۲</sup> Analytical Hierarchy Process

<sup>۱</sup> Health Safety Environment



شکل ۱- وضعیت کنونی لندفیل مشهد

معادل ۱۱۸۴ نفر می‌باشند. فاصله این مکان تا زیارتگاه میامی حدود ۱۱ کیلومتر است.

### روش مورد مطالعه

دلفی فازی: برای غربالگری و پیش‌بینی شاخص‌های موثر بر مکان‌یابی غرفه بازیافت. روش دلفی فرایندی ساختار یافته برای جمع‌آوری و طبقه‌بندی دانش موجود در نزد گروهی از کارشناسان و خبرگان است که از طریق مصاحبه و توزیع پرسشنامه‌هایی در بین افراد و بازخورد کنترل‌شده-ی پاسخ‌ها و نظریه‌های دریافتی صورت می‌گیرد. (آدر و زیگیو<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶) این روش را می‌توان در مراحل گوناگون فرایند یک پژوهش مانند دستیابی به یک دیدگاه نظری برای پژوهش‌گزینش متغیرها، تخمین مقدماتی روابط علی میان متغیرها و تعریف سازه‌ها بکار برد (پائولوسکی و اوکلی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴) روش دلفی رویکرد یا روش سیستماتیک در تحقیق برای استخراج نظرات یک گروه از متخصصین در مورد یک موضوع یا یک پرسش است (جان لاندنتا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶) با توجه به ضعف‌های روش سنتی دلفی پژوهشگران به دنبال ارائه روشی بودند که بتواند از کارایی بهتری برخوردار باشد. بر همین اساس اولین بار در سال ۱۹۸۸ روش دلفی فازی توسط کافمن و گوپتا معرفی شد. در روش دلفی فازی سعی شده است روش دلفی سنتی با مفاهیم تئوری فازی ترکیب شود (کافمن و گوپتا<sup>۴</sup>) همچنین ایشیکاوا و همکاران در سال ۱۹۹۳ به توسعه تکنیک دلفی با اعداد فازی مثلثی پرداخت. در حقیقت تفاوت اصلی روش دلفی فازی با روش دلفی معمولی در

مساحت کل زمین اختصاص یافته به طرح محل دفن جدید زباله مشهد، ۴۹۴ هکتار است که ۱۰۰ هکتار برای عرصه (سایت) اصلی محل دفن کنار نهاده شده و ترانشه‌های مرحله اول پهنه ۱۲ هکتاری را می‌پوشانند. روزانه حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ تن از زباله‌های شهر مشهد از ایستگاه‌های خدمات شهری به محل دفن جدید واقع در کیلومتر ۲۵ جاده میامی با مساحت ۴۹۴ هکتار منتقل می‌شوند. روش دفن در این محل بیشتر به صورت ترانشه‌ای و سرایشی است. ابتدا در محل، ترانشه‌هایی حفر شده و سپس زباله‌ها در محل، تخلیه و توسط یک دستگاه لودر با خاک پوشش داده می‌شود و در نهایت توسط غلتک کوبیده و فشرده می‌شوند. لوله‌گذاری در محل دفن زباله‌ها همزمان با عملیات دفن پسماند صورت می‌گیرد. خاک‌پوششی نیز از محل حفر ترانشه‌های قبلی تهیه می‌شود. قابل ذکر است که ابتدا ترانشه‌ها در محل‌های پست و گود انتخاب شده و عملیات دفن از این مکان‌ها آغاز می‌گردد. (۳)

### بررسی ویژگی‌های اجتماعی منطقه مورد مطالعه

محل دفن نزدیک به روستای اکبرآباد چوپانک می‌باشد که این مکان نیز در فاصله حدود ۳۴ کیلومتر بعد از محدوده خدماتی شهر مشهد و ۳ کیلومتر بعد از محل دفن جدید زباله شهرداری مشهد واقع شده است. جمعیت این روستا شامل ۱ خانوار مشتمل بر ۳ نفر جمعیت است که آن‌ها نیز به‌عنوان سرایدار و نگهبان محل دفن زباله مشغول بکار هستند. علاوه بر آن، روستای چنارک که در فاصله ۴ کیلومتری آن واقع شده است دارای ۲۶۴ خانوار و جمعیتی

<sup>3</sup> Jon Landeta

<sup>4</sup> Kaufmann & Gupta

<sup>1</sup> Adler & Ziglio

<sup>2</sup> Okoli & Pawlowski

این روش نمونه‌گیری هدفدار یا قضاوتی به کار می‌رود. این روش در صورتی کاربرد دارد که اطلاعات پژوهشگر درباره جامعه پژوهش برای گزینش اعضا کافی باشد. پنل مورد نظر بر اساس ترکیبی از خبرگان (اساتید دانشگاه) با تخصص‌های گوناگون تعیین گردید و از نمونه‌ای به حجم ۱۵ نفر استفاده شد. این تحلیل بر اساس دیدگاه ۱۵ نفر از خبرگان و بر اساس مقایسه‌های زوجی با استفاده از پرسشنامه خبره با مقیاس ساعتی صورت گرفت.

### روش دلفی

یکی از روش‌های کسب دانش گروهی مورد استفاده، روش دلفی است که این فرآیند دارای ساختاری برای پیش‌بینی و کمک به تصمیم‌گیری طی مراحل پیمایشی، جمع‌آوری اطلاعات و در نهایت، اجماع گروهی است (۹) این روش را داکی و هلمر در سال ۱۹۶۴ معرفی کردند. در روش دلفی، افراد هیچ‌گاه به‌صورت گروهی در یک جلسه دور یک میز جمع نمی‌شوند. رئیس گروه تمام ایده‌های پیشنهادی را برای تک‌تک اعضا ارسال می‌کند و از آن‌ها می‌خواهد که نسبت به ایده‌های پیشنهادی دیگران فکر کنند و اگر ایده‌ی جدیدی به نظرشان می‌رسد به آن اضافه نمایند. این عمل چندین بار تکرار می‌شود تا در نهایت اتفاق آرا به دست آید. بنا بر نظر برکهوف در شرایط آرمانی، حتی گروه‌های چهارنفره هم می‌توانند عملکرد مناسبی داشته باشند. (۱۰) هدف از روش دلفی، جمع‌آوری اطلاعات و نظرات از حضار و کارشناسان برای تسهیل فرآیند حل مشکل تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی است. بر این اساس مهم‌ترین اجزا و عناصر اصلی این روش عبارت‌اند از:

پرسشنامه، سؤال‌های پرسشنامه و کارشناسان (۱۱).

### تشکیل گروه دلفی

برای تعیین اهمیت و وزن نسبی معیارها با روش دلفی، ابتدا پرسشنامه‌ی دلفی که توسط پژوهشگر از طریق منابع علمی با توجه به هدف تحقیق و با انجام آزمون روایی تهیه و بین این متخصصان توزیع شد. سپس یک پنل دلفی ۱۵ نفره تشکیل شد و از متخصصان خواسته شد تا با توجه به نظراتشان برای هر معیار و برحسب اهمیتی که دارد از ۱ تا ۹ عددی اختصاص بدهند (جدول ۱). سپس پرسشنامه‌ها از متخصصان جمع‌آوری شد و در مرحله‌ی بعد، میانگین از نمرات گرفته شد.

بخش تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده است. در روش دلفی فازی معمولاً خبرگان نظرات خود را در قالب حداقل مقدار ممکن‌ترین مقدار و حداکثر مقدار اعداد فازی (مثلی ارائه می‌دهند سپس میانگین نظرات خبرگان و میزان اختلاف نظر هر فرد خبره از میانگین محاسبه می‌شود. در مرحله بعد این اطلاعات برای اخذ نظرات جدید به خبرگان ارسال می‌شود. سپس هر فرد خبره بر اساس اطلاعات حاصل از مرحله قبل نظریه جدیدی را ارائه می‌دهد یا نظر قبلی خود را اصلاح می‌کند. این فرایند تا زمانی ادامه می‌یابد که میانگین اعداد فازی به اندازه کافی با ثبات شود (آذر و فرجی)

در این قسمت بر پایه مطالعات انجام یافته و برداشت‌های حاصل شده در مصاحبه‌های تخصصی ضمن طرح موضوع به تهیه فرضیات تحقیق و مطالعات نظری آن پرداخته شد. ضمن اینکه از نشریات، کتب مرتبط در این زمینه استفاده شده است. به این ترتیب مجموعه‌ای از زیرمعیارها و شاخص‌ها برای هر یک از این پارامترهای بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست شناسایی گردید و درگام بعدی با اخذ نظر کارشناسان مرتبط پارامترها نهایی گردید. سپس جمع‌بندی نظرات کارشناسان در قالب پرسشنامه بین خبرگان توزیع و بر اساس نظرسنجی آن‌ها بر اساس روش دلفی معیارها و شاخص‌ها از ۱ تا ۹ امتیازدهی شدند. پس از گردآوری پرسشنامه‌ها، میانگین نمرات گرفته شد و سپس با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اقدام به اولویت‌بندی به معیارهای اصلی و شاخص‌های شناسایی شده برای مدیریت محیط‌زیست، ایمنی و بهداشت گردید. در این روش اعضا باید متخصصانی در حوزه پژوهش باشند که به این محدودیت‌ها افزوده می‌شود. از دیگر سو ایجاد توافق میان اعضای یک پانل با افزایش آنان دشوار می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعداد اعضای پانل در پژوهش‌هایی که تاکنون با کاربرد این روش به انجام رسیده‌اند متغیر بوده است (پاوول<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). با وجود این، هنگامی که میان اعضا تجانس وجود داشته باشد حدود ۱۵ عضو توصیه شده است. معمولاً انتخاب اعضا بصورت غیراحتمالی صورت می‌گیرد و به منظور استفاده از دانش آنان در مسئله‌ای خاص و بر مبنای شاخص‌هایی برگزیده می‌شوند که از ماهیت موضوع و مسئله پژوهش سرچشمه گرفته است از

<sup>1</sup> Powell

جدول ۱- مقیاس درجه‌ی اهمیت برای مقایسات زوجی

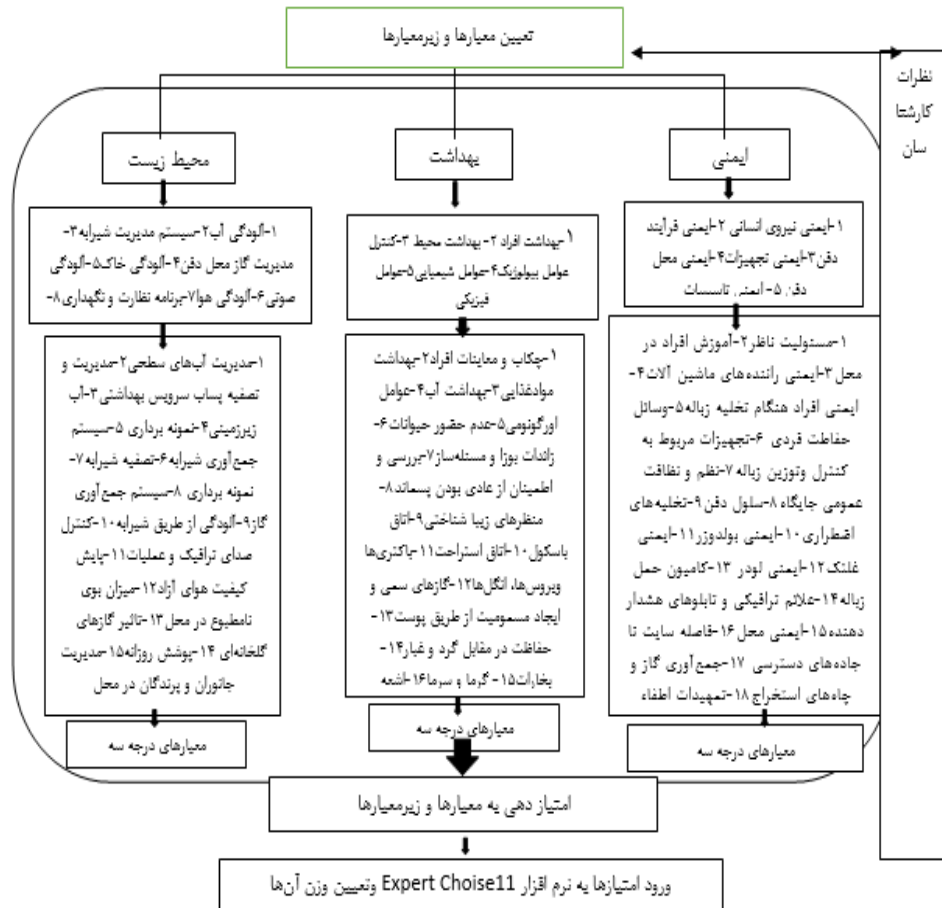
۱/۹	۱/۷	۱/۵	۱/۳	۱	۳	۵	۷	۹
فوق العاده	خیلی قوی	قوی	متوسط	برابر	متوسط	قوی	خیلی قوی	فوق العاده

### Choice 11 صورت گرفته است.

این نرم‌افزار دارای توانایی‌های زیادی بوده و علاوه بر امکان طراحی نمودار سلسله مراتبی تصمیم‌گیری و طراحی سؤالات، تعیین ترجیحات و اولویت‌ها و محاسبه وزن نهایی، قابلیت تحلیل حساسیت تصمیم‌گیری نسبت به تغییرات در پارامترهای مسئله را نیز دارد. از همه مهم‌تر آنکه در بسیاری از موارد از نمودارها و گراف‌های مناسب جهت ارائه نتایج و عملکردها سود جسته و ارتباطی ساده و دوستانه را با کاربر ایجاد می‌نماید. این نرم‌افزار مورد حمایت پروفیسور ساعتی، بنیان‌گذار روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است (شکل ۲).

بعد از جمع‌آوری نظرات نهایی متخصصین در خصوص اهمیت هر کدام از معیارها، اقدام به مقایسه دودویی این پارامترها در نرم‌افزار اکسپورت چویس<sup>۱۱</sup> شد. بعد از تعیین وزن و اهمیت نسبی معیارها برای بررسی قابل قبول بودن مقایسات صورت گرفته از شاخص ناسازگاری  $i$  استفاده شد. در صورتی که این شاخص از  $0/1$  کمتر باشد وزن‌دهی به معیارها درست بوده و در غیر این صورت باید در وزن‌دهی به معیارها تجدیدنظر شود ( $10$ ). همه مقایسات با نرخ ناسازگاری کمتر از  $0/1$  وزن‌دهی شدند. در این تحقیق محاسبه وزن معیارها با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از طریق نرم‌افزار Expert

<sup>1</sup> Expert Choice 11

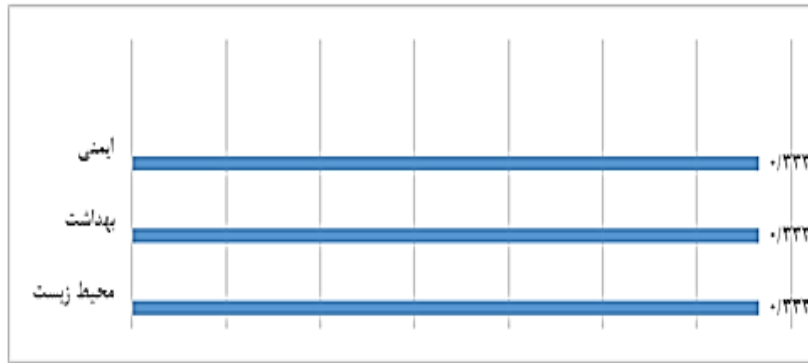


شکل ۲- معیارها و شاخص‌های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست

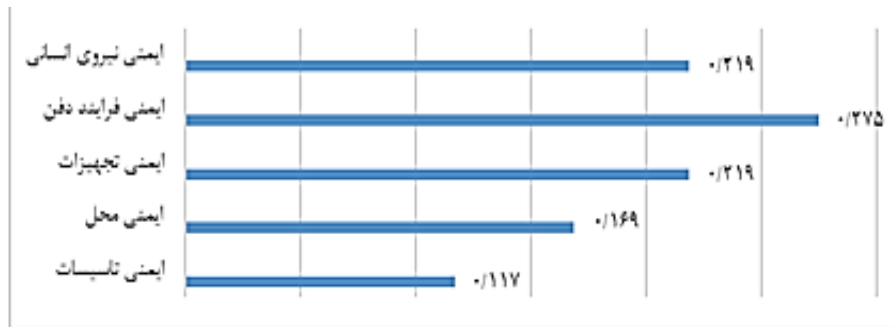
## یافته‌ها

طبق نمودار ۴ و فرآیند سلسله مراتبی، معیارهای درجه ۱ محیط‌زیست، و مشاهده نتایج در نرم افزار Expert Choice 11 نشان داد پارامتر آلودگی خاک با وزن ۰/۳۴۹ بیشترین وزن و پارامتر مدیریت گاز محل دفن با عدد ۰/۰۷۶ کمترین وزن را دارا می‌باشند. به همین صورت با مقایسه زوجی معیارها در فرآیند سلسله مراتبی، در نرم افزار Expert Choice 11 هر یک از معیارها در شاخص‌های درجه ۲ و درجه ۳ ایمنی و بهداشت و محیط زیست نیز صورت گرفت که در قسمت بحث به اختصار به موارد پرداخته شده است.

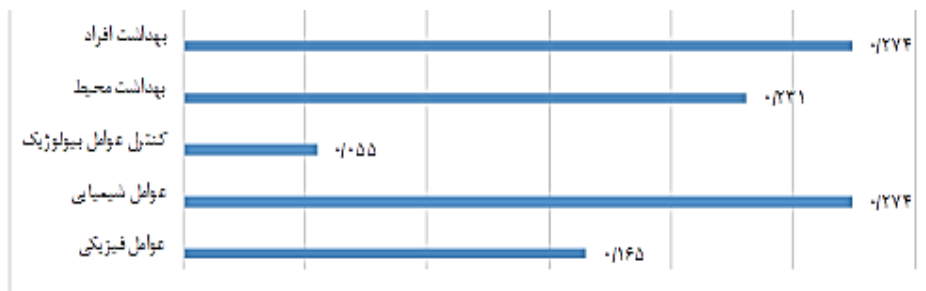
وزن هر کدام از معیارهای اصلی ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در نمودار ۱ بر اساس نتایج در نرم افزار Expert Choice 11 نشان داد دارای وزنی برابر می‌باشند. در نمودار ۲ وزن هر یک معیارهای درجه ۱ ایمنی آورده شده است. بر این اساس پارامتر ایمنی فرایند دفن با ۰/۲۷۵ بیشترین وزن و پارامتر ایمنی تأسیسات با ۰/۱۱۷ کمترین وزن را دارا می‌باشند. در نمودار ۳ وزن هر یک از معیارهای درجه ۱ بهداشت نشان داده شده است. بر این اساس پارامترهای، بهداشت افراد و عوامل شیمیایی با عدد ۰/۲۷۴ بیشترین وزن و کنترل عوامل بیولوژیک با ۰/۰۵۵ کمترین وزن را دارد.



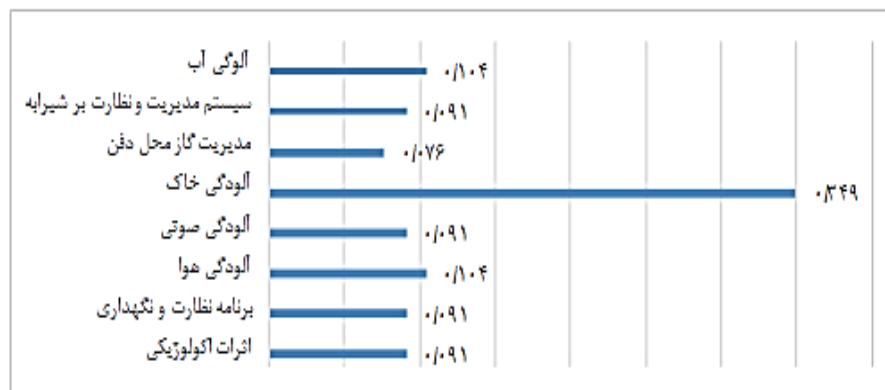
نمودار ۱: نمودار وزن هر یک از معیارهای اصلی



نمودار ۲: وزن هر یک از پارامترهای درجه ۱ ایمنی



نمودار ۳: وزن هر یک از پارامترهای درجه ۱ بهداشت



نمودار ۴: وزن هر یک از پارامترهای درجه ۱ محیط زیست



بر اساس فرضیه این پژوهش، وضعیت زباله‌گاه مشهد به لحاظ شاخص‌های HSE نامطلوب گزارش می‌گردد. شاخص‌های زیست محیطی و ایمنی کمترین میزان توجه را در مدیریت دفن‌گاه‌ها به خود اختصاص داده‌اند که با توجه به نتایج به دست آمده به کمک مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی مشخص شد که در پارامترهای درجه یک ایمنی فرآیند دفن با ۰/۲۷۵ درصد بیشترین وزن و بهترین شرایط را دارا می‌باشد. زباله‌ها با استفاده از کامیون سرپوشیده مخصوص حمل زباله به محل دفن حمل و تخلیه و سپس توسط غلطک-بولدوزر پاچه‌بزی مخصوص، جاگذاری می‌شود. عمل تراکم زباله حجم مفید قابل استفاده در مدفن را بالا می‌برد. همچنین به ازاء هر ۸۰ کامیون زباله که به محل دفن مراجعه می‌نمایند یک دستگاه کمپکتور و یک دستگاه منتقل‌کننده خاک مورد نیاز است. وجود وسائل یدکی و لوازم تعمیر برای پسماندهای غیرمترقبه نیز در محل از ضروریات است. از طرفی ایمنی تأسیسات با ۰/۱۱۷ درصد (کمترین وزن) بدترین شرایط را دارا می‌باشد. در داخل محوطه مدفن باید یک محوطه دفن با تعمیرگاه و انبار وجود داشته باشد. در پارامترهای درجه یک بهداشت، عوامل شیمیایی و بهداشت افراد با ۰/۲۷۴ درصد (بیشترین وزن) که با حضور روزانه یک کارشناس بهداشت این شاخص می‌تواند در این شرایط خوب باقی بماند. از طرفی کنترل عوامل بیولوژیک با ۰/۰۵۵ درصد (کمترین وزن) را دارد که وجود تانکر آب مجهز به آب پخش‌کن برای جلوگیری از انتشار گرد و خاک و نیز دستگاه پخش قوی برای آب‌پاشی و ایجاد رطوبت در زباله به منظور تراکم بهتر و همچنین عملیات آهک‌پاشی و سم‌پاشی به صورت روزانه مورد نیاز می‌باشد. بر اساس نتایج مطالعه در باب توسعه مدل دفن زباله برای اولویت‌بندی اهداف طراحی و عملیاتی مشخص گردید که مسائل بهداشتی و ایمنی بیشترین اولویت را دارند که این نتیجه با نتیجه مطالعه حاضر مغایرت دارد زیرا در این مطالعه هر سه معیار بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست وزن یکسانی دریافت کردند. در پارامترهای درجه یک محیط‌زیست پارامتر آلودگی خاک با ۰/۳۴۹ درصد، بیشترین وزن و از آنجایی که جنس خاک مشهد بیشتر از نوع خاک رس و دارای چسبندگی بالایی

است، باعث می‌شود نفوذ شیرابه‌ها به لایه‌های زیرین بسیار کاهش یابد و در صورتی که استانداردهای لازم برای کف‌سازی محل دفن انجام گیرد، نفوذپذیری شیرابه به حدود کمتر از ۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه خواهد رسید. پارامتر مدیریت گاز محل دفن با ۰/۰۷۶ درصد، کمترین وزن را دارا می‌باشند. به‌طور کلی مهم‌ترین منبع اولیه و اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل اماکن دفن زباله می‌باشد. طبق گزارش آی پی سی سی<sup>۱</sup> حداقل ۳۰ درصد از کل انتشار گاز متان به اماکن دفن زباله مربوط می‌شود؛ بنابراین اساسی‌ترین روش کاهش انتشار گاز متان از اماکن موجود دفن زباله در کشور می‌تواند جمع‌آوری بیوگاز تولیدشده در این اماکن و سوزاندن آن‌ها باشد. همگام با این فرآیند، تبدیل پسماندهای فسادپذیر و آلی از طریق سایر روش‌های دفع زباله‌ها و در نتیجه کاهش حجم و مساحت محل‌های دفن، می‌تواند اثرات قابل توجهی در راستای کاهش تدریجی انتشار آتی گازهای گلخانه‌ای ایفا نماید.

وزن در پارامترهای درجه دو ایمنی در سلول‌های دفن با ۰/۰۸۹ درصد (بیشترین وزن) و پارامترهای آموزش افراد در محل، ایمنی لودر، علائم ترافیکی و تابلوهای هشداردهنده و جمع‌آوری گاز و چاه‌های استخراج با ۰/۰۳۷ درصد (کمترین وزن) را دارا می‌باشند. گازهای متان به مقدار زیاد و دی‌اکسیدکربن و سایر گازها به مقدار کم، در مدفن‌های زباله تولید می‌شود. در مدفن‌های مهندسی به علت پوشیده شدن مدفن، این گازها محبوس شده و در صورت عدم جمع‌آوری، تهویه و امحاء مناسب، خطر انفجار و آتش‌سوزی را در مدفن بالا می‌برد.

در مورد پارامتر درجه دو بهداشت، پارامتر حفاظت در مقابل گردوغبار با ۰/۱۰۴ درصد، بیشترین وزن و پارامتر باکتری‌ها، انگل‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها با ۰/۰۱۱ درصد، کمترین وزن را دارا می‌باشند.

در پارامترهای درجه دو محیط‌زیست، پارامترهای مدیریت و تصفیه پساب سرویس بهداشتی، سیستم جمع‌آوری شیرابه، آلودگی خاک از طریق شیرابه، کنترل صدای ترافیک و عملیات با ۰/۰۸۵ درصد بیشترین وزن و پارامتر سیستم جمع‌آوری گاز با ۰/۰۳۸ درصد کمترین وزن را دارا می‌باشند.

<sup>1</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change

در پارامترهای درجه ۳ ایمنی پارامترهای توجه به جهت باد در هنگام تخلیه در روزهای طوفانی و عایق‌بندی کف و بدنه سلول بیشترین وزن با ۰/۰۳۰ درصد و پارامتر کمترین و بیشترین حد ایمنی بولدوزر و غلتک و لودر با ۰/۰۰۴ درصد و فاصله بیش از ۱۰۰ متر محل دفن تا جاده با ۰/۰۰۵ کمترین وزن را دارا می‌باشند. محل دفن نباید در محدوده‌هایی باشد که ماشین‌آلات جمع‌آوری زباله به‌طور مداوم مجبور به عبور از مناطق و خیابان‌های اطراف باشند. به‌طور طبیعی منطقه دفن بایستی دور از مناطق مسکونی و خارج از دید باشد.

در بخش پارامترهای درجه ۳ بهداشت نیز موارد دسترسی به آب لوله‌کشی و گواهی سلامت فیزیک و شیمیایی به‌صورت سالانه و ساعت کاری ۶ ساعت روزانه، ممنوعیت ورود و نگهداری از حیوانات، دفن در بستر سینه گودال و نزدیک به مرکز، پسماندهای پرتوزا از طریق وسایل مخصوص، ماسک ضد غبار و جایگاه شستشوی چشم با ۰/۰۳۸ درصد بیشترین وزن و پارامترهای درجه ۲ زیباشناختی و عملیات سم‌پاشی روزانه پشت به جهت باد با ۰/۰۱۱ درصد کمترین وزن را دارا می‌باشند.

در تحقیق قبلی توسط میرزایی و همکار، اولویت‌بندی عوامل موثر بر جانمایی غرف بازیافت در منطقه ۵ شهرداری تهران با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بررسی شده است و فقط ۴ معیار: تراکم خانوار، شعاع هم‌پوشانی، دسترسی و وجود هر غرفه در هر محله از اولویت‌های جانمایی تعیین گردیده است. در این پژوهش در پارامترهای درجه سه محیط‌زیست پارامترهای حد خوب مدیریت تصفیه و پساب سرویس بهداشتی و رعایت شیب حداقل ۲ درصد با ۰/۰۵۳ درصد بیشترین وزن و پارامترهای حد ضعیف مدیریت پساب و حد ضعیف کنترل صدای ترافیک و حد کم میزان وجود بوی نامطبوع و همچنین میزان کم تأثیر گلخانه‌ای و پر کردن حفره‌ها و سوراخ‌ها با ۰/۰۱۰ درصد کمترین وزن را دارا می‌باشند. در نتیجه این فرضیه ثابت می‌گردد.

فرهام امین شرعی و همکاران (۲) در پژوهشی با عنوان ارزیابی زیست محیطی و ایمنی در محل دفن پسماند شهر اندیشه ریسک‌های بهداشتی، محیط زیستی و ایمنی محل دفن پسماندهای شهر اندیشه، به دلیل عدم وجود یک روش معین برای ارزیابی ریسک محل‌های دفن از طریق ماتریس

منوری ۹۵-۲ پارامترهای بهداشتی و محیط زیستی این محل کمی شده و پارامترهای دارای نمره منفی به عنوان عوامل ریسک را معرفی شدند کفایی و همکاران (۵) اظهار کرده‌اند این روش‌ها عموماً برای هر ناحیه یک استراتژی تعیین می‌کنند در حالی که در دنیای واقعی باید استراتژی‌های متفاوتی برای ریسک‌های موجود در هر ناحیه در نظر گرفت. علاوه بر این ابزارها فقط دو معیار را در نظر می‌گیرند ولی بیشتر اوقات در مسائل عملی باید معیارهای متعددی بررسی شود. در ادبیات دفن پسماند مساله مدل بهینه‌سازی چند هدفه ارزیابی ریسک‌های بهداشت ایمنی و محیط زیست در منابع داخلی و خارجی مشاهده نشد. ملاتی و همکاران (۱۳) برای اولین بار با ارائه مدلی برای شناسایی هزینه‌های موثر مسیرهای حمل و نقل، ایستگاه‌های انتقال در مدیریت پسماند خطرناک که شامل مکان‌یابی تسهیلات و یا مسیریابی مواد می‌باشد به سه بخش کلی تقسیم کرد ۱- مدل‌هایی با توابع هدف بیشینه-کمینه ۲- مدل‌هایی با توابع هدف بیشینه، مجموع ۳- مدل‌های چند هدفه کمینه‌سازی ریسک، دو مورد از توابع هدفی هستند که کاربرد بیشتری داشته است.

سید حسام الدین ذگردی و همکاران با هدف مدل حداقل-سازی زیان مورد نظر ریسک‌ها به بررسی یک مدل بهینه-سازی که ساختار شکست کار، رخدادهای ریسک، اقدامات کاهش ریسک، ریسک‌های ثانویه و تأثیرات آن‌ها را به طور یکپارچه پرداختند. ضرایب تابع هدف مربوطه از طریق فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی تعیین شده است. نتایج مدل پیشنهادی، منجر به بهبود قابل توجه زمان، هزینه و کیفیت پروژه می‌شود.

ابیتسو و همکاران (۲۱) تلفیق تکنیک ویلیام فاین و مدل الکترون در محیط فازی، مدل‌سازی ارزیابی ریسک ایمنی در فرایند پردازش را بررسی کردند با توجه به این که تکنیک ویلیام فاین مقدار کمی دقیق برای عامل‌ها نمی‌توان در نظر گرفت از مدل فازی به صورت مدل ریاضی بررسی شده است. بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که تاکنون ابزارها و تکنیک‌های معدودی در زمینه ارزیابی و با ارائه یک چارچوب عملی بر مبنای تئوری بهینه‌سازی مربوط به سایت دفن پسماند انجام نشده بود ولی در سایر صنایع و خدمات انجام شده بود بر این اساس انجام این پژوهش لازم بود.

## نتیجه گیری

این مدل بر اساس شرایط محل دفن پسماندهای شهر مشهد طراحی گردیده است در صورتی که مناطقی با شرایط مشابه مشهد موجود باشد این مدل قابل استفاده در آن مناطق با لحاظ کلیه شروط مدل خواهد بود. پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی این مدل سازی با سایر روش های تصمیم گیری چند معیاره انجام گیرد. همچنین تکمیل و پایش فهرست پیشنهادی در این پژوهش توسط تیم ارزیابان در بدنه مدیریت پسماند باعث ارتقاء کیفی و کمی شاخص ها خواهد گردید و می تواند اولین و مهمترین گام در راستای ارتقای کیفی دفن بهداشتی پسماند در شهر مشهد باشد.

**تشکر و قدردانی:** تمامی افرادی که در تهیه این مقاله اعم از نویسندگان عزیز و کسانی که در تکمیل فرم پرسشنامه، از سازمان مپ مشهد و همچنین اداره کل سازمان حفاظت محیط زیست خراسان رضوی که این فرصت را دادند تشکر

و قدردانی نمایم.

**تعارض منافع:** نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می کنند.

**حمایت مالی:** این مقاله منتج از پایان نامه کارشناسی ارشد در بهمن ماه سال ۱۳۹۶ با کد رهگیری ۱۳۶۷۵۴۸ می باشد. برای این پژوهش هیچ گونه حمایت مالی از طرف هیچ نهادی دریافت نشده است.

**ملاحظات اخلاقی:** تمامی اصول اخلاقی در این مقاله در نظر گرفته شده است. نویسندگان در جریان هدف پژوهش و مراحل اجرای آن قرار گرفتند.

**مشارکت نویسندگان:** فهیمة جوادی، امین علیزاده، مهري رضایی در تمامی مراحل تحقیق مشارکت داشته اند.

## References

- 1) Jamshidi, Samaneh; Boyer Hosni Omid (2018) Development of a mathematical model for the location of green closed loop supply chain facilities considering the learning effect, Transportation Research Journal, No. 16 (2), pages 91-105
- 2) Dariabigi, Zand Ali Vaezi, Hir Azar (2018), the application of rapid impact assessment matrix and sustainability model to evaluate environmental effects and optimize management of waste transfer stations in Tehran, Health and Environment Magazine, 12th volume, number 3, page 514-501
- 3) Sharifi, Mohammad; Behroznia, Leila Mousavi, Aol Seyed Hashem (2019) Evaluation of the environmental effects of producing compost from urban solid waste with the life cycle assessment approach of the case study of Rasht city, Biosystem Engineering of Iran, Volume 51, Number 1, Pages 78-87
- 4) Shikhan, Nahid (2008) Locating the central waste incinerator system of hospital wastes in Tehran, Research Note of Environmental Science and Technology Journal, Series 37, Number 2, Pages 113-124
- 5) Ghafari Gilande Atta, Yazdani Mohammad Hassan, Gholami, Abdul Wahab. (2017) Analysis of suitability of land in locating compost production centers, a case study of Fars Province, Journal of

Geography and Environmental Planning, Volume 29, Number 1, Serial Number 69, Pages 152-127

6) Faraji, Mehriari Khadija Rafiei, Shahin Kihani Alireza Zahra Faraji, Mehriari Zahra (2018). The future status of solid waste production in Tehran using population-based regression analysis, Journal

of Health and Environment, Volume 12, Number 3, Pages 500-489

7) Firouzi, Mohammad Ali, Amanpour Saeed Mohammadi Abbas (2019) Locating the landfill site of urban waste using geographic information system (GIS), a case study of Lamard city, advanced applied geology, page 112-104.

8) Jouzi A, e.a., Safety, Health & Environmental Risk Assessment and Management of Ahwaz Pipe Manufacturing Company via "William Fine" Method. Journal of Ilam University of Medical Sciences, 2010: p. 9. (Persian)

9) Interior, M.o., Guidelines for safety, health and environment of waste transfer stations. 2014. (Persian)

10) Zarei A, E.A., "Locating, organizing and managing burial sites and waste disposal methods in Mashhad". 2012. (Persian)

- 11)Wall, D.K. and C. Zeiss, Municipal landfill biodegradation and settlement. *Journal of environmental engineering*, 1995. 121(3): p. 214-224.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(1995\)121:3\(214\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(1995)121:3(214)) ؛
- 12)Rau, J.G. and D. Wooten, Socioeconomic impact analysis. *Environmental Impact Analysis Handbook*, 1980: p. 2.1-2.78. ؛
- 13)Saaty, T.L., A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 1977. 15(3): p. 234-281.  
[https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5) ؛
- 14)Varis, O., The analysis of preferences in complex environmental judgements-a focus on the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Environmental Management*, 1989. 28(4): p. 283-294. ؛
- 15)Ohman, K., et al., Development of a landfill model to prioritize design and operating objectives. *Environmental monitoring and assessment*, 2007. 135(1): p. 85-97.  
<https://doi.org/10.1007/s10661-007-9715-1>  
PMid:17492360 ؛
- 16)Ahmadi F, e.a., Delphi Technique: a Tool in Research. *Journal of Education* 2008. (Persian) ؛
- 17)Sarvar R, e.a., Delphi technique in urban planning and management. *Quarterly journal of urban management studies*, 2011(2228-7868): p. 24. (Persian) ؛
- 18)Hekmatnia H, M.M., Application of geography model with emphasis on urban and regional planning. 2006: Novin Book. (Persian) ؛