Archive of SID

Journal of Research in Environmental Health

Volume 9, Issue 1, Spring 2023

Risk management of waste landfill in operation Phase with Bow-tie technique (case study: Saravan city of Rasht)

Talieh Abdolkhani Nezhad
* PhD in Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Talieh_abdolkhani2011@yahoo.com

Seyed Masoud Monavari
Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received:2022/10/23
Accepted: 2023/02/14

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and purpose: The study aims to examine the risks associated with waste landfill projects during the operational phase, with a focus on improving performance and reducing resulting injuries. Conducting environmental risk assessment studies is essential to better comprehend the hazardous criteria and their impact on the environment, as well as to propose effective solutions for control and management. As the central city of Gilan, Rasht receives over 750 tons of waste daily at the Saravan landfill.

Materials and Methods: This research utilizes Delphi techniques, network analysis process (ANP), and TOPSIS to prioritize and rank the most significant risks in the operational phase of the Rasht waste landfill. The Bow-Tie model is employed to develop control and mitigation strategies.

Results: Environmental risks pose the greatest challenges in the Saravan Rasht landfill. Prioritization results, based on safety-sanitary criteria, reveal that the excessive use of repellants, such as insecticides, in the Saravan landfill is of utmost priority. Regarding the environmental criterion, seepage from the bottom of the landfill takes precedence, while the economic-social criterion emphasizes the high costs associated with controlling and developing the waste landfill's health engineering.

Conclusion: Identifying and prioritizing risks in the landfill site facilitates the implementation of appropriate solutions for their reduction and control. The criteria influencing risk assessment are subject to constant change. The selection of an appropriate risk identification method enhances the efficiency of the chosen approach and ensures accurate determination of risks within the waste landfill. The bowtie method provides a more realistic understanding of the relationship between factors influencing risk occurrence, resulting consequences, and barriers that can hinder risks during the operational phase.

Keywords: Assessment, Safety-Sanitary, Economic-Social, ANP, TOPSIS

Citation: Abdolkhani Nezhad T, Monavari SM, Khorasani N, Robati M, Farsad F. Risk management of waste landfill in operation Phase with Bow-tie technique (case study: Saravan city of Rasht). *Journal of Research in Environmental Health*. 2023; 9(1):92-107.

www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت ریسک محل دفن پسماند مرحله بهره‌برداری با تکنیک Bow-tie

(مطالعه موردی: شهر سراوان رشت)

طلیعه عبدالخانی‌نژاد

✱ دکتری محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول):
Talieh_abdolkhani2011@yahoo.com

سید مسعود منوری

دانشیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۰۱

تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۱/۲۵

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: مطالعه ریسک و مدیریت پروژه‌های مکان‌یابی محل دفن پسماندها، به‌منظور بهبود عملکرد و کاهش صدمات امری ضروری است. انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی در جهت شناخت بیشتر معیارهای مخرب و اثرات ناشی از آن‌ها، ارائه راهکارهای مفید برای کنترل و مدیریت صحیح لازم است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی ریسک محل دفن پسماند در مرحله بهره‌برداری با تکنیک Bow-tie است.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های دلفی (Delphi)، فرآیند تحلیل شبکه (ANP) و TOPSIS اقدام به اولویت‌بندی و رتبه‌دهی مهم‌ترین ریسک‌ها در فاز بهره‌برداری محل دفن شهر رشت شد. مدل Bow-Tie جهت ارائه راهکارهای کنترلی و کاهشی استفاده شد.

یافته‌ها: در محل دفن پسماند سراوان رشت، بیشترین ریسک‌ها جزء ریسک‌های زیست‌محیطی بود. نتایج اولویت‌بندی در معیار ایمنی- بهداشتی نشان داد که استفاده بیش از اندازه از دفع‌کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها در مکان دفن پسماند سراوان اولویت اول، در معیار محیط‌زیستی، نفوذ شیرابه از کف محل دفن اولویت اول و در معیار اقتصادی- اجتماعی، هزینه‌های بالای کنترل و توسعه محل دفن پسماند مهندسی بهداشتی اولویت اول است.

نتیجه‌گیری: شناسایی و اولویت‌بندی مخاطرات محل دفن نشان می‌دهد که می‌توان راهکارهای مناسبی برای کاهش و کنترل آنها اعمال کرد. معیار مؤثر در ارزیابی ریسک هموار در حال تغییر هستند. انتخاب درست روش شناسایی ریسک به کارایی روش انتخابی جدید و تعیین دقیق ریسک‌ها در محل دفن پسماند می‌انجامد. روش پاپیون، درک واقع‌بینانه‌تری از رابطه بین عوامل مؤثر در بروز خطرات، پیامدها و موانع ایجاد می‌کند که می‌تواند از بروز خطرات در مرحله بهره‌برداری جلوگیری کند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی، اقتصادی- اجتماعی، ایمنی- بهداشتی، ANP، TOPSIS

◀ **استناد:** عبدالخانی‌نژاد ط، منوری س م، خراسانی ن، رباطی م، فرساد ف. مدیریت ریسک محل دفن پسماند مرحله بهره‌برداری با تکنیک Bow-tie (مطالعه موردی: شهر سراوان رشت). *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. بهار ۱۴۰۲؛ ۹ (۱): (۱۰۷-۹۲).

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

افزایش سریع جمعیت در کشورهای درحال توسعه منجر به پسماندهای جامد قابل‌توجهی شده که در نتیجه آن، یک چالش محیط‌زیستی محلی و جهانی ایجاد شده است (۱). مدیریت ریسک، یکی از فرآیندهای حیاتی در بهبود ایمنی و کاهش میزان خطرات احتمالی است. یک خطا ممکن است هزینه زیادی را برای سیستم داشته باشد. این خطرات و منابع مربوط به آن‌ها باعث اختلال در عملکرد سیستم‌ها می‌شوند (۲). ارزیابی ریسک تحت تأثیر قضاوت‌های شخصی افراد است. استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند در اهمیت و اولویت‌بندی پارامترها کاربرد داشته باشد (۳). ارزیابی ریسک در محل دفن باعث افزایش اثرات ایمنی- بهداشتی می‌شود (۴). به‌علت فعل و انفعالات بیولوژیکی و شیمیایی درون محل دفن پسماند و تجزیه میکروبی، حجم بالایی از شیرابه تولید می‌گردد که باعث آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. پارامترهای مؤثر در تولید شیرابه از جمله بارندگی، شاخص حرارت سالانه، رواناب، تبخیر و تعرق بالقوه و واقعی، بازچرخش، تبخیر از سطح حوضچه‌های بازچرخش، میزان آب مصرف‌شده در تولید گاز و همچنین حجم شیرابه درون لندفیل در نظر گرفته می‌شود (۵).

مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره[1] (MCDM) رویکردهای یکپارچه‌ای هستند که امکان ارزیابی صحیح ریسک‌های زیرساخت‌های را فراهم می‌کند (۶). بسیاری از روش‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر شناسایی خطرات، تعیین اقدامات مداخله‌ای و اولویت‌بندی برای کاهش ریسک در شرایط خاص توسعه یافته‌اند (۷). جهت به حداقل رساندن تأثیر قضاوت کارشناسان، می‌توان از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری با روش‌های ارزیابی ریسک استفاده کرد (۸-۱۰). نتایج تحقیق رستم‌زاده و همکاران نشان داد خطرات ماشین‌آلات و تجهیزات، خرابی تأمین‌کنندگان کلیدی، مسائل اقتصادی و نفوذ فاضلاب، غالب‌ترین زیرمعیارهای شناسایی شده ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین پایدار و چرخه اقتصادی هستند (۱۱). مدل پاپیونی Bow-tie تکنیک ساختار یافته‌ای به‌منظور ارزیابی ریسک در مواردی که رویکردهای کیفی به لحاظ عملکرد، ناممکن و یا نامناسب به‌نظر می‌رسند، می‌باشد. آنچه متدلوژی Bow-tie را در زمینه ارزیابی شناسایی، تعیین، مخاطرات و ریسک‌ها با روش‌های دیگر متمایز می‌کند، دید جامع این روش از تهدیدات تا لحظه خروج شرایط از حالت نرمال و روند رسیدن آن به نتایج و عواقبی است که می‌تواند تحت عنوان شرایط اضطراری یک سیستم مطرح گردد. نتایج مطالعه منوری و همکاران نشان داد مهم‌ترین ریسک‌های محیط زیستی تهدید سلامت ساکنین محل، آلودگی خاک اطراف محل دفن و کاهش امنیت زیستگاه‌ها است (۱۲). نتایج پژوهش سعادت و لاری بقال نشان داد که بیشترین احتمال ریسک در بهره‌برداری، وقوع ریسک مربوط به پارامترهای محل اجرای طرح است (۱۳). اهداف کلی در این تحقیق، شناسایی و مدیریت ریسک محل دفن پسماند شهری در مرحله بهره‌برداری است. بر اساس موارد فوق، در مواجهه با شهر رشت و مسائل اقتصادی، اجتماعی، ایمنی- بهداشتی و محیط‌زیستی آن‌ها این سؤالات مطرح می‌شود که مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر بحران ریسک در محل دفن پسماند شهری چیست؟ با نتایج این تحقیق می‌توان ریسک محل دفن پسماند را در مرحله بهره‌برداری کاهش داد و علاوه بر استفاده مؤثر از منابع، حفظ سلامت و بهبود بهره‌وری ساکنین، اثرات مخرب محیط‌زیستی را کاهش داد. از نوآوری این تحقیق می‌توان گفت که در حوزه مدیریت ریسک محل‌های دفن پسماند و زمان‌بندی پروژه، مطالعات بسیار اندکی صورت گرفته است که کمبودهای قابل توجهی در ارزیابی ریسک و پاسخ‌گویی به ریسک‌ها وجود دارد. پروژه‌های هر صنعتی به‌ویژه در کشور ما دارای عدم قطعیت‌های زیادی هستند. در این تحقیق مدلی یکپارچه جهت ارزیابی و مدیریت ریسک و زمان‌بندی در شرایط عدم قطعیت با توجه به شرایط خاص محل دفن پسماند در کشور و وضعیت اسفناک محل دفن سراوان رشت ارائه می‌شود. بنابراین مهم‌ترین جنبه نوآوری، ارائه مدل‌هایی مطابق با شرایط دنیایی واقعی می‌باشد. از دیگر جنبه‌های نوآوری می‌توان به توسعه ساختار مناسب در مرحله بهره‌برداری جهت طبقه‌بندی ریسک‌ها در پروژه‌های محل دفن پسماند و در نظر گرفتن وابستگی بین معیارهای مختلف ارزیابی ریسک‌ها اشاره کرد. محل‌های دفن به‌دلیل ذات و ماهیت پسماند، با خطرات بسیاری مواجهه هستند.

[1]Multi criteria decision making-MCDM

www.SID.ir

Archive of SID

الگوی پاپیونی قادر به ترکیب علل و پیامد حوادث است؛ همچنین این روش قادر به نمایش اقدامات لازم برای پیشگیری از وقوع حوادث (اقدامات پیشگیرانه یا موانع) و کاهش پیامدها (اقدامات بهبود) در محل‌های دفن است. با توجه به اینکه هر یک از روش‌های ارزیابی ریسک، ویژگی‌ها و معیارهای منحصر به‌فردی دارند و اینکه تنها با استفاده از یک روش ارزیابی ریسک نمی‌توان همهٔ خطرات و ریسک‌های موجود در محل دفن را شناسایی و ارزیابی کرد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش‌های تلفیقی فرآیند تحلیل شبکه (ANP)[1] و TOPSIS[2] با Bow-tie می‌تواند نتایج بهتر و دقیق‌تری را ارائه کند.

روش‌کار

اولین گام جهت شناخت دقیق نحوه، نوع و میزان تأثیرگذاری فعالیت‌های هر پروژه، تعیین محدوده مطالعاتی است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی به دو منطقه محل اجرا و محدوده محیط زیستی طبقه‌بندی می‌شود. محدوده اجرا عبارت است از منطقه‌ای از طرح که تحت اثر مستقیم عملیات اجرای و پیامدهای آن قرار می‌گیرد. محدوده محیط زیستی به محدوده‌ای

از بین شهرهای مهم شمال کشور، شهر رشت با مساحت ۱۳۶ کیلومتر مربع و جمعیت ۵۶۰ هزار نفر، روزانه بیش از ۷۵۰ تن زباله تولید می‌کند. میانگین وزنی پسماندهای تولید شده هر شهروند روزانه ۹۵۰ گرم است که این مقدار از میانگین کشوری که حدوداً ۷۵۰ گرم می‌باشد، خیلی بالاتر است؛ بنابراین افزایش این حجم وسیع تولید پسماند، مشکلات دفنی آن‌ها را نیز افزایش می‌دهد. عدم توجه به مشکلات دفن پسماند باعث افزایش معضلات زیست‌محیطی، بهداشتی- ایمنی، اقتصادی- اجتماعی و زیباشناختی خواهد شد. در شهر رشت دفن پسماندها به روش دفن بهداشتی انجام می‌پذیرد. مهم‌ترین آلاینده‌های ناشی از محل دفن، تولید شیرابه ناشی از پسماند است. با توجه به میانگین تولید ۵۰۰ لیتر شیرابه از هر تن پسماند و نظر به اینکه نفوذ این شیرابه‌ها به آب‌های سطحی، زیرزمینی و خاک، موجبات اطلاق می‌گردد که هرچند الزاماً اجرای طرح در تمامی آن صورت نمی‌گیرد، ولی این محدوده از اثرات اجرای طرح به‌صورت مستقیم و بدون واسطه متأثر می‌گردد. توانمندی روش‌های شناسایی ریسک‌ها برای شناسایی هرچه بیشتر و بهتر مخاطرات متفاوت است. اگرچه تکنیکی به نام بهترین یا بدترین تکنیک وجود ندارد، اما در بین روش‌های MCDM، روش ANP ارائه شده به‌دلیل جامعیت، انعطاف‌پذیری بالا و در نظر گرفتن روابط درونی بین متغیرها در زمینه‌های مختلف به‌منظور حل مسائل مورد استفاده قرار گرفته است (۱۴، ۱۵). در واقع فرآیند تحلیل شبکه‌ای، چارچوبی اجرایی برای تحلیل‌های عمومی و همکاری در تصمیم‌گیری‌ها ارائه می‌نماید (۱۶) و همه عوامل و معیارهای ملموس و غیرملموس را که تأثیر معناداری در ساخت بهترین تصمیم دارد، لحاظ و در نهایت اولویت‌های لازم را به‌منظور تصمیم‌گیری ارائه می‌کند (۱۷، ۱۸). در این تحقیق از روش TOPSIS به‌عنوان یک روش کاربردی که ریسک‌ها را با توجه به مقادیر داده‌های آن‌ها در هر معیار و وزن مورد مقایسه قرار می‌دهد، جهت ارزیابی ریسک دفن بهداشتی پسماندها استفاده شد. بنابراین در این پژوهش از روش پاپیونی به‌عنوان روش اصلی و از روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) و TOPSIS به‌عنوان روش‌های مکمل بهره گرفته شد.

آلودگی این منابع را فراهم می‌آورد؛ در صورت رهاسازی آن در طبیعت، بحران زیست‌محیطی بزرگی ایجاد و آب‌های زیرزمینی آلوده خواهند شد. محل دفن پسماند شهر رشت در ۱۵ کیلومتری این شهر در جنوب غربی آن در منطقه جنگلی سراوان واقع شده است. شیرابه ناشی از این محل دفن به سمت یکی از شاخه‌های سیاهرورد به نام رودخانه کچا که در پایین‌دست محل جریان دارد، حرکت کرده و وارد آن می‌شود. رودخانه کچا پس از پیوستن به رودخانه سیاهرود با نام زرجوب، با اتصال به رودخانه گوهررود در منطقه پیربازار، وارد بخش شرقی تالاب انزلی می‌شود. این رودخانه بارِ آلودگی ناشی از شیرابه پسماند به‌همراه دیگر آلاینده‌های شهری، صنعتی و کشاورزی که در طول مسیر دریافت می‌کند، در تالاب انزلی تخلیه می‌شود. محل دفن سراوان رشت به‌مدت ۲۴ سال است که محل دپو و دفن پسماندهای

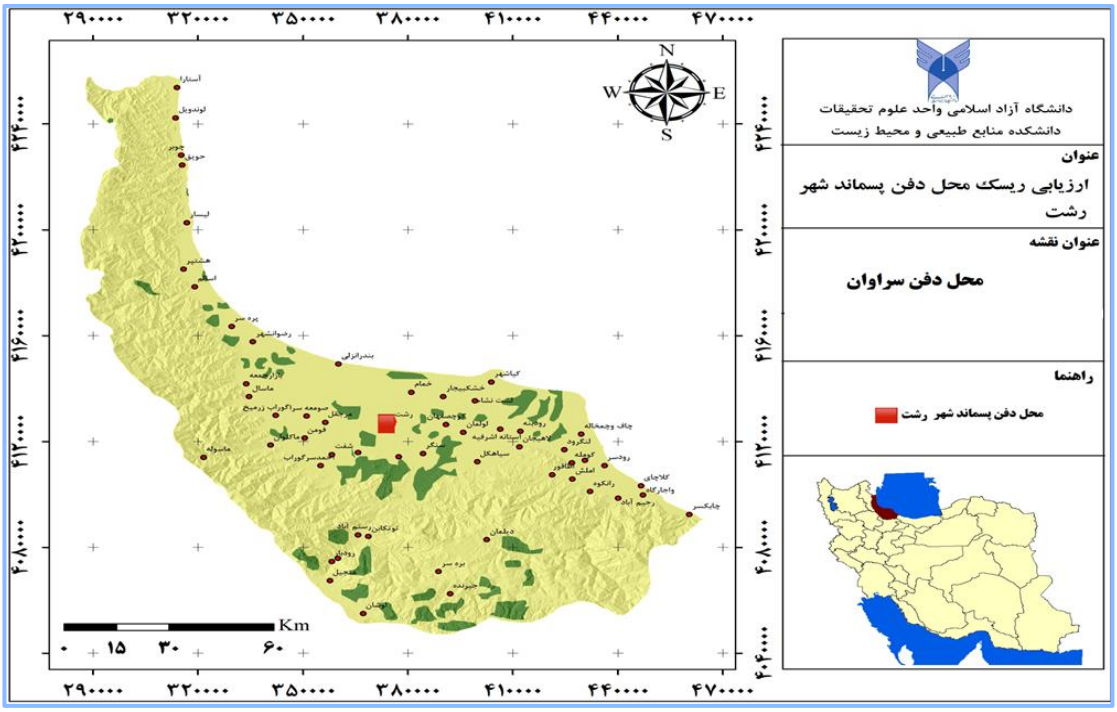
[1] Analytical network process

[2] Technique for order preference by similarity to ideal solution

www.SID.ir

Archive of SID

شهری است. این محل دفن هیچ المانی از یک مکان دفن بهداشتی معمولی را دارا نیست. در این منطقه به‌طور متوسط ۱۰ تن نخاله و زائدات یعنی مجموعاً حدود ۷۰-۶۵ تن نخاله در محل دفن سراوان دپو می‌شود که گاهاً به‌عنوان خاک پوششی از آن استفاده می‌شود. همچنین پسماندهای کشتارگاه‌های دام و طیور مخصوصاً از خشکبیجار و لشت نشاء مخلوط با پسماندهای شهری به این محل آورده و در این محل تخلیه می‌شود که این امر باعث گسترده شدن آلودگی در این منطقه شده است.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

روش دلفی

هدف از تکنیک دلفی، جمع‌آوری اطلاعات و نظرات از حضار و کارشناسان به‌منظور تسهیل فرآیند حل معضل، تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی است.

مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP)

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) یکی از روش‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره است و در مسائلی که وابستگی‌های آن‌ها دوطرفه باشند، تشکیل یک شبکه یا سیستم غیرخطی می‌دهد. با توجه به اینکه در ارزیابی ریسک معیارهای اثرگذار زیادی هستند، این معیارها دارای روابط داخلی با یکدیگر هستند و استفاده از روش ANP بسیار اثربخش است (۱۹).

- ساخت مدل شبکه: اگر سیستم از N جزء تشکیل شده باشد، عناصری که در هر خوشه هستند، از همه یا برخی از عناصر خوشه‌های دیگر اثر می‌پذیرند و یا روی آن‌ها اثر می‌گذارند. البته این اثرپذیری یا اثرگذاری باید با توجه به ویژگی و معیارهای کنترلی کل سیستم مورد بررسی قرار گیرد (۲۰). وزن‌ها و اهمیت معیارها با استفاده از رابطه (۱) تعیین می‌شود. در این رابطه، n بیانگر تعداد معیارها/گزینه‌ها و N_c بیانگر تعداد مقایسات زوجی است. در ترسیم مدل شبکه، نمره ریسک به‌وسیله سه پارامتر شدت پیامد، میزان مواجهه و احتمال وقوع ریسک رتبه‌بندی صورت می‌گیرد.

معادله (۱) $N_c = n.(n-1)/2$

- ماتریس‌های مقایسات زوجی: کارشناسان تمایل دارند ترجیحات خود را به‌صورت عبارات زبان طبیعی خود مشخص کنند. متغیر زبانی، متغیری است که جنبه‌های مختلفی از زبان

www.SID.ir

Archive of SID

انسان را منعکس می‌کند که در این پژوهش مطابق رابطه (۲) برای هر متخصص محاسبه شد.

$$A = \begin{bmatrix} 1 a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots 2n \\ a_{n1} & a_{1n} & \dots 1 \end{bmatrix} = [a_{ij}] \, , \, ij = 1.2.3. \dots$$ معادله (۲)

- محاسبه سوپر ماتریس غیرموزون: در این مرحله با استفاده از اوزان به‌دست آمده در مرحله قبل، سوپرماتریس غیرموزون بر اساس وابستگی در شبکه ساخته می‌شود. سوپر ماتریس، نشانگر روابط بین اجزای شبکه بر اساس بردارهای وزن به‌دست آمده از مرحله پیش مطابق با رابطه (۳) است. در این رابطه w_{21} بیانگر برداری است که اثر هدف را بر روی هر یک از معیارها مشخص می‌کند. بردار w_{22} بیانگر رابطه داخلی معیارها و بردار وزن w_{32} نشانگر اثر هریک از معیارها بر روی گزینه‌ها است.

$$w = \begin{matrix} \text{Goal} \\ \text{Criteria} \\ \text{Alternative} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} \\ 0 & w_{32} & 1 \end{bmatrix}$$ معادله (۳)

در این ساختار سطح صفر، هدف تصمیم‌گیری و سطح اول، شامل معیارهای اصلی ریسک یعنی میزان احتمال ریسک، میزان پیامد (شدت)، میزان تماس و محدوده تحت تأثیر ریسک‌ها قرار می‌گیرد؛ از تمام درایه‌های ماتریس‌های به‌دست‌آمده از دلفی خبرگان، میانگین هندسی مطابق با رابطه (۴) گرفته شود.

$$A_{ij} = \prod_{k=1}^{n} (a_{ij}^{k})^{1/n}$$ معادله (۴)

در ادامه با استفاده از رابطه (۵) و با گرفتن میانگین حسابی هریک از سطرهای ماتریس گروهی، وزن نرمال به‌دست آمد. r_{ij} بیانگر درایه نرمال شده است که هر درایه متناظر با یک سطر از ماتریس مقایسات زوجی است (۲۱).

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} a_{ij}}$$ معادله (۵)

- محاسبه سوپر ماتریس وزن‌دهی شده: در واقع ستون‌های سوپرماتریس مرحله قبل، از چند بردار ویژه تشکیل می‌شود که جمع هرکدام از بردارها برابر ۱ است؛ بنابراین این امکان وجود دارد که جمع هر ستون سوپر ماتریس غیرموزون بیش از ۱ باشد.

- به‌دست آوردن سوپر ماتریس حدی: در این مرحله سوپر ماتریس وزن‌دهی مرحله قبل طبق رابطه به توان حدی می‌رسد تا عناصر ماتریس همگرا شده و مقادیر سطری آن با هم برابر شوند. بر اساس ماتریس به‌دست آمده، بردار وزن عمومی از رابطه (۶) مشخص می‌شود.

$$\bar{w} = \lim_{n \to \infty} w^{t}$$ معادله (۶)

- محاسبه وزن نهایی: در آخرین مرحله با ضرب وزن خوشه‌ها (اهمیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها) در سوپر ماتریس حدی، وزن نهایی معیارها محاسبه می‌شود.

مدل (TOPSIS) کم‌ترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل

در این روش نیز m گزینه به‌وسیله n معیار، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اساس این تکنیک، بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر معیار، به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$P_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}} \quad ; \forall \, i.j$$ معادله (۷)

گام اول: کمّی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی از بی‌مقیاس‌سازی نرمال استفاده می‌شود. توزیع احتمال ریسک هر عنصر (P_{ij}) از ماتریس تصمیم محاسبه می‌شود. رابطه a_{ij} نشان‌دهنده امتیاز کسب شده گزینه i در معیار j است و از رابطه (۸) محاسبه می‌گردد.

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij}$$ معادله (۸)

گام دوم: به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V)

برای به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که وزن معیارهای میزان پیامد، میزان احتمال ریسک و محدوده تحت تأثیر را داشته باشیم. به این منظور، ماتریس بی‌مقیاس شده در

www.SID.ir

Archive of SID

ماتریس مربعی ($w_{n\times n}$) که عناصر قطر اصلی آن اوزان معیارها و دیگر عناصر آن صفر است، ضرب می‌شود (رابطه ۹).

$$V = N \times w_{n\times n}$$ معادله (۹)

گام سوم: تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی

با توجه به اینکه هدف، اولویت‌بندی ریسک‌ها از نظر اهمیت می‌باشد، بنابراین برای ایده‌آل مثبت بیشترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌آل منفی، کمترین مقدار عددی هر ستون مربوط به ماتریس بی‌مقیاس موزون در نظر گرفته می‌شود.

گام چهارم: به‌دست آوردن میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی

فاصله اقلیدسی هر گزینه ایده‌آل مثبت (d_j^+) و هر گزینه تا ایده‌آل منفی (d_j^-)، بر اساس رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود.

معادله (۱۰)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left(V_{ij} - V_j^-\right)^2}, i = 1,2,\ldots..m d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^+)^2}, i = 1,2,\ldots..m$$

گام پنجم: تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) هر گزینه (ریسک) به راه‌حل ایده‌آل

در مرحله بعدی نزدیکی نسبی A_i به راه‌حل ایده‌آل به‌صورت زیر محاسبه گردید.

$$Cl = \frac{di^-}{di^- + di^+} \ (i = 1,2,\ldots,n)$$ معادله (۱۱)

اگر $A_i = A_i^+$ باشد، آنگاه $d_i^+ = 0$ و $Cl_i^+ = 1$ می‌شود و درصورتی‌که $A_i = A_i^-$ باشد، آنگاه $d_i^- = 0$ و $Cl_i^+ = 0$ خواهد شد، بنابراین هر ریسک A_i به راه‌حل ایده‌آل نزدیک‌تر باشد، مقدار Cl_i^+ آن به ۱ نزدیک‌تر خواهد بود.

گام ششم: رتبه‌بندی گزینه‌ها (ریسک‌ها):

هر گزینه‌ای که CL آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است (۱۷).

اوزان به‌دست‌آمده از روش ANP در گام قبل، در رابطه (۱۲) قرار داده می‌شود تا بتوان نمره ریسک (R) هر یک از منابع خطرآفرین (واحدها یا فعالیت‌های موردبررسی در محل دفن پسماند در مرحله بهره‌برداری که ریسک‌زا هستند) را محاسبه و رتبه‌بندی برای ارزیابی و آنالیز ریسک محل‌های دفن پسماند مورد بحث به‌وجود آید.

$$R = W_C \times C \times W_E \times E \times W_P \times P$$ معادله (۱۲)

مدل پیشنهادی روش پاپیونی

یکی از قوی‌ترین و معروف‌ترین مدل‌های ارزیابی ریسک شیوه Bow-Tie است که مدیریت ریسک را به شکل گره کراواتی شرح می‌دهد. تهدید موضوعات مهم محیط‌زیستی به تصویر کشیده می‌شود (درک تهدید) که یک یا چند جنبه می‌تواند عامل به‌وجود آمدن آن باشد. موانعی برای حفاظت در برابر این تهدیدات ایجاد می‌شود. برای پیشگیری از رخ دادن وقایع یا شروع تهدیدات، در سمت چپ ورودی موضوعات مهم محیط‌زیستی، موانعی شناسایی می‌شوند. موانع قرار داده شده در سمت راست، نشان‌دهنده اقدامات و فعالیت‌هایی است تا در صورت وقوع حادثه اثرات تهدید پایدار آن در سلامت انسان و یا خسارات را کاهش دهد. درجهت تعیین تعداد خبره‌های مورد نیاز به‌صورت پیش‌آزمون، تعداد ۱۵ پرسشنامه توسط ۵ کارشناس خبره تکمیل گردید. با توجه به انحراف معیار به‌دست آمده، درجه آزادی ۱ و حدود اطمینان ۰/۹۲ توسط رابطه کوکران مقدار ۹/۲ به‌دست آمد که در جهت افزایش دقت، ۱۰ نفر به‌عنوان خبره (تعداد نمونه) منظور گردید. پایایی پرسشنامه‌ها توسط ضریب آلفای کرونباخ ۰/۹۲ محاسبه شد، لذا می‌توان آن را پایا قلمداد کرد. جهت مدیریت و کنترل ریسک محل دفن با استفاده از مفاهیم روش پاپیونی و نرم‌افزار مربوط به آن، چارچوبی طراحی و موانعی جهت ممانعت از وقوع مخاطرات احتمال ریسکی پیش‌بینی شده در روش‌های ANP و TOPSIS در نظر گرفته شد. در مطالعه حاضر هدف از استفاده مستقل و جداگانه از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، افزایش دقت و کاهش خطا در شناسایی ریسک‌های حائز اهمیت در فرآیند دفن پسماندها و کاهش خطرات وارده بر محیط پیرامونی آن است (۲۲).

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌ها

پرسشنامه دلفی

به‌منظور تعیین معیار و طبقه‌بندی ریسک‌های محل دفن شهر سراوان رشت در فاز بهره‌برداری، فهرستی از آن‌ها به‌صورت پرسشنامه تهیه و در اختیار گروهی از خبرگان رشته‌های مرتبط قرار گرفت. با توجه به فعالیت‌های شناسایی شده به‌منظور مشخص نمودن ریسک‌های حائز اهمیت با استفاده از پرسشنامه دلفی، ریسک‌های مهم شناسایی شد. قابل ذکر است از ۳۴ ریسک شناسایی شده در مرحله بهره‌برداری، ۳۲ ریسک به‌عنوان ریسک معیار شناخته شده و ۲ ریسک انباشته پسماندهای بهداشتی و صنعتی در محل و ایجاد ترافیک جاده‌ای فاقد اثرات معیار شناسایی گردیدند.

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

جدول ۱. وزن ریسک‌های محل دفن پسماند شهری سراوان رشت در فاز بهره‌برداری

وزن معیارها	زیرمعیارهای ریسک	وزن نسبی	وزن نهایی
ایمنی و بهداشتی ۰/۲۸۹۰۵۲	استفاده بیش از اندازه از دفع کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها	۰/۱۲۳۷۴	۰/۰۳۵۹۶۷۵
	مسدود شدن مجاری جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۱۰۵۱۳	۰/۰۳۰۳۸۸۹
	مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۰۹۸۶۵۲	۰/۰۲۸۵۱۵۵
	شیوع و انتقال بیماری‌ها	۰/۱۱۰۴۵۰	۰/۰۳۱۹۲۵۸
	برخورد ماشین‌آلات حمل و دفن پسماند با لوله‌های سیستم هدایت سیستم شیرابه	۰/۰۹۹۳۱۱	۰/۰۲۸۷۰۶۱
	وقوع حوادث جاده‌ای	۰/۰۷۵۳۱۴	۰/۰۲۱۷۶۹۸
	واژگون شدن ماشین‌آلات از روی دیواره‌ها	۰/۰۶۵۲۳۵	۰/۰۱۸۸۵۶۳
	عدم کارکرد پمپ‌های بازچرخش شیرابه	۰/۰۸۱۷۲۱	۰/۰۲۳۶۲۱۸
	آسیب‌های تنفسی و بروز عوارض پوستی	۰/۰۸۵۵۴۳	۰/۰۲۴۷۲۶۳
	سقوط کارکنان در حوضچه بازچرخش شیرابه	۰/۰۶۸۴۲۲	۰/۰۱۹۷۷۷۶
	برخورد ماشین‌آلات با تجهیزات و کارگران و کارکنان	۰/۰۷۲۹۱۵	۰/۰۲۱۰۷۶۳
	افزایش مگس، حشرات و جوندگان	۰/۰۶۱۴۲۰	۰/۰۱۷۷۵۳۵
محیط‌زیستی ۰/۳۸۵۴۶۳	انحلال، تعلیق مواد و فرآورده‌های حاصل از تغییرات بیولوژیکی در شیرابه	۰/۱۰۴۹۰۳	۰/۰۴۰۴۳۶۲
	نفوذ شیرابه از کف محل دفن	۰/۱۱۷۱۲۵	۰/۰۴۵۰۴۷۳
	بخار شدن ترکیبات شیمیایی و آب در گازهای حاصل از پسماندها	۰/۰۹۲۹۱۰	۰/۰۳۵۸۱۳۳
	ورود شیرابه به منابع آب‌های سطحی	۰/۰۹۶۲۳۲	۰/۰۳۷۰۹۳۸
	نشت روغن و مواد نفتی (سوخت)	۰/۰۸۸۱۰۱	۰/۰۳۳۹۵۹۶
	کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه	۰/۱۰۵۱۲۳	۰/۰۴۰۵۲۱۰
	جذب ترکیبات آلی فرار و نیمه فرار به درون پسماندها	۰/۱۰۸۳۵۳	۰/۰۴۱۷۶۶۰
	افزایش فلزات سنگین	۰/۰۹۳۱۴۳	۰/۰۳۵۹۰۳۱
	انسداد سیستم جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۰۸۲۳۱۴	۰/۰۳۱۷۲۹۰
	نشست محل دفن پسماند موجب شکاف و پارگی در سطح و پوشش	۰/۰۸۲۲۴۱	۰/۰۳۱۷۰۰۸
	شکستگی و به هم خوردن تنظیمات تأسیسات و تجهیزات	۰/۰۶۵۲۰۱	۰/۰۲۵۱۳۲۵
	مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۰۷۴۲۱۳	۰/۰۲۸۶۰۶۳
	افزایش آلودگی هوا	۰/۱۰۱۱۷۵	۰/۰۳۸۹۹۹۲
اقتصادی، اجتماعی ۰/۳۲۵۴۸۵	ایجاد تنش برای زیستگاه پرندگان مهاجر و بومی، احشام	۰/۰۸۹۱۲۳	۰/۰۳۴۳۵۳۶
	هزینه‌های بالای کنترل و توسعه محل دفن پسماند مهندسی بهداشتی	۰/۱۰۹۸۸۶	۰/۰۳۵۶۶۶۲
	عدم پوشش مناسب مدیریت	۰/۰۹۵۲۲۳	۰/۰۳۰۹۹۳۶
	کاهش محدودیت‌های مکانی	۰/۱۰۵۶۶۵	۰/۰۳۴۳۹۲۳
	بروز درگیری‌های محلی	۰/۰۹۶۸۷۱	۰/۰۳۱۵۳۰۰
	شکست طرح	۰/۱۰۹۴۵۴	۰/۰۳۵۶۲۵۶
	ایجاد تنش‌های روحی و روانی بین کارگران و کارکنان	۰/۰۸۴۹۳۵۶	۰/۰۲۷۶۴۵۲

www.SID.ir

Archive of SID

اولویت‌بندی ریسک‌های ایمنی بهداشتی، محیط‌زیستی، اقتصادی- اجتماعی مرحله بهره‌برداری

بر اساس نتایج اولویت‌بندی ریسک در فاز بهره‌برداری معیار ایمنی- بهداشتی، استفاده بیش از اندازه از دفع‌کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها در مکان دفن پسماند سراوان با وزن ۰/۰۳۵۹ در اولویت اول بود. اولویت‌بندی ریسک‌ها در فاز بهره‌برداری معیار محیط‌زیستی، نفوذ شیرابه از کف محل دفن با وزن ۰/۰۴۵۰ اولویت اول بود و در معیار اقتصادی- اجتماعی، هزینه‌های بالای کنترل و توسعه محل دفن پسماند مهندسی بهداشتی با وزن ۰/۰۳۵۶ اولویت اول بود.

جدول ۲. اولویت‌بندی ریسک‌های ایمنی- بهداشتی و محیط‌زیستی فاز بهره‌برداری

ریسک‌های ایمنی بهداشتی	میزان پیامد	میزان احتمال ریسک	میزان تماس
استفاده بیش از اندازه از دفع‌کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها	۰/۱۵۴	۰/۰۹۸	۰/۰۵۶
مسدود شدن مجاری جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۱۳۸	۰/۰۸۵	۰/۱۳۵
مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۱۱۲	۰/۰۵۸	۰/۱۱۲
شیوع و انتقال بیماری‌ها	۰/۱۱۳	۰/۱۱۳	۰/۰۶۹
برخورد ماشین‌آلات حمل و دفن پسماند با لوله‌های هدایت سیستم شیرابه	۰/۰۷۴	۰/۰۹۴	۰/۱۰۵
وقوع حوادث جاده‌ای	۰/۰۶۵	۰/۰۷۶	۰/۰۹۸
واژگون شدن ماشین‌آلات از روی دیواره‌ها	۰/۰۵۷	۰/۰۵۸	۰/۰۸۲
عدم کارکرد پمپ‌های بازچرخش شیرابه	۰/۰۵۸	۰/۱۴۵	۰/۰۷۴
آسیب‌های تنفسی و بروز عوارض پوستی	۰/۰۷۴	۰/۰۵۹	۰/۰۵۶
سقوط کارکنان در حوضچه بازچرخش شیرابه	۰/۰۴۷	۰/۰۷۵	۰/۰۶۲
برخورد ماشین‌آلات با تجهیزات و کارگران و کارکنان	۰/۰۵۳	۰/۰۶۸	۰/۰۸۷
افزایش مگس، حشرات و جوندگان	۰/۰۸۶	۰/۰۷۱	۰/۰۶۴
ریسک‌های محیط زیستی	**میزان پیامد**	**میزان احتمال ریسک**	**محدوده تحت تأثیر**
بخار شدن ترکیبات شیمیایی و آب در گازهای حاصل از پسماندها	۰/۰۸۴	۰/۰۸۴	۰/۰۴۷
نفوذ شیرابه از کف محل دفن	۰/۱۱۴	۰/۰۵۲	۰/۰۷۶
ورود شیرابه به منابع آب‌های سطحی	۰/۱۰۳	۰/۰۵۵	۰/۰۸۱
انحلال، تعلیق مواد و فرآورده‌های حاصل از تغییرات بیولوژیکی شیرابه	۰/۰۷۱	۰/۰۷۸	۰/۱۰۴
نشت روغن و مواد نفتی (سوخت)	۰/۰۵۳	۰/۰۴۲	۰/۰۶۶
کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه	۰/۰۶۳	۰/۱۱۷	۰/۰۶۵
جذب ترکیبات آلی فرّار و نیمه‌فرّار به درون پسماندها	۰/۰۵۲	۰/۰۶۹	۰/۰۵۷
افزایش فلزات سنگین	۰/۰۷۳	۰/۰۴۷	۰/۱۱۹
انسداد سیستم جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۰۴۵	۰/۰۷۱	۰/۰۴۳
نشست محل دفن پسماند موجب شکاف و پارگی در سطح و پوشش	۰/۰۸۳	۰/۱۰۹	۰/۰۶۲
شکستگی و به هم خوردن تنظیمات تأسیسات و تجهیزات	۰/۰۴۱	۰/۰۴۶	۰/۰۵۳
مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۰۳۱	۰/۰۳۳	۰/۰۵۷
افزایش آلودگی هوا	۰/۰۹۵	۰/۱۰۳	۰/۱۲۸
ایجاد تنش برای زیستگاه پرندگان مهاجر و بومی، احشام	۰/۰۹۲	۰/۰۹۴	۰/۰۴۴

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول ۲ ماتریس مقایسه ریسک‌های ایمنی بهداشتی نسبت به معیار میزان پیامد، ریسک استفاده بیش از اندازه از دفع‌کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها با وزن ۰/۱۵۴ در اولویت اول و بقیه موارد در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. در ماتریس مقایسه ریسک‌های ایمنی بهداشتی فاز بهره‌برداری نسبت به معیار میزان احتمال ریسک، عدم کارکرد پمپ‌های بازچرخش شیرابه با وزن ۰/۱۴۵ در اولویت اول بودند. ریسک‌های ایمنی بهداشتی نسبت به معیار میزان تماس، مسدود شدن مجاری جمع‌آوری و هدایت شیرابه با وزن ۰/۱۳۵ در اولویت اول و بقیه موارد در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. در ماتریس مقایسه ریسک‌های محیط زیستی نسبت به معیار میزان پیامد ریسک نفوذ شیرابه از کف محل دفن با وزن ۰/۱۱۴ در اولویت اول قرار گرفتند. کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه با وزن ۰/۱۱۷ اولویت اول را به‌خود اختصاص داد. معیار ریسک افزایش آلودگی هوا با وزن ۰/۱۲۸ در میان سایر ریسک‌ها اولویت اول را از نظر محدوده تحت تأثیر به‌خود اختصاص داد. بر اساس نتایج اولویت‌بندی ریسک‌های اقتصادی، اجتماعی در فاز بهره‌برداری محل دفن پسماند سراوان رشت، ریسک کاهش محدودیت‌های مکانی با وزن ۰/۳۲۷ از نرخ تخریبی بیشتری برخوردار بود، بنابراین نسبت به میزان پیامد اولویت اول را در مقایسه با سایر ریسک‌ها به خود اختصاص داد. در ماتریس مقایسه ریسک‌های اقتصادی - اجتماعی نسبت به معیار میزان احتمال ریسک، ریسک هزینه‌های بالای کنترل و توسعه محل دفن پسماند مهندسی بهداشتی با وزن ۰/۳۸۵ در اولویت اول و بقیه موارد در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند.

اولویت‌بندی معیارهای فاز بهره‌برداری و نسبت به میزان احتمال ریسک و میزان پیامد

در محل دفن پسماند سراوان رشت بیشترین ریسک‌ها جزء ریسک‌های محیط زیستی بود. به‌ترتیب بالاترین میزان پیامد در معیار محیط‌زیستی ۰/۵۶۷، معیار اقتصادی- اجتماعی ۰/۲۷۱ و معیار ایمنی و بهداشتی ۰/۱۶۲ بود. احتمال ریسک به‌ترتیب در معیار محیط‌زیستی ۰/۶۴۳، معیار اقتصادی- اجتماعی ۰/۲۲۵ و در معیار ایمنی و بهداشتی ۰/۱۳۲ بود.

جدول ۳. اولویت‌بندی ریسک‌های ایمنی - بهداشتی، محیط زیستی، اقتصادی- اجتماعی در فاز بهره‌برداری

مرحله	ریسک‌ها	معیارها	اولویت‌بندی
بهره‌برداری	میزان پیامد	ایمنی - بهداشتی	۰/۱۶۲
		محیط‌زیستی	۰/۵۶۷
		اقتصادی- اجتماعی	۰/۲۷۱
	میزان احتمال ریسک	ایمنی - بهداشتی	۰/۱۳۲
		محیط‌زیستی	۰/۶۴۳
		اقتصادی- اجتماعی	۰/۲۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

اولویت‌بندی ریسک‌های محل دفن بر اساس اهمیت، با استفاده از روش TOPSIS

جدول ۴. فاصله هر گزینه تا راهکار ایده‌آل مثبت و منفی و ضریب نزدیکی هر گزینه در مرحله بهره‌برداری

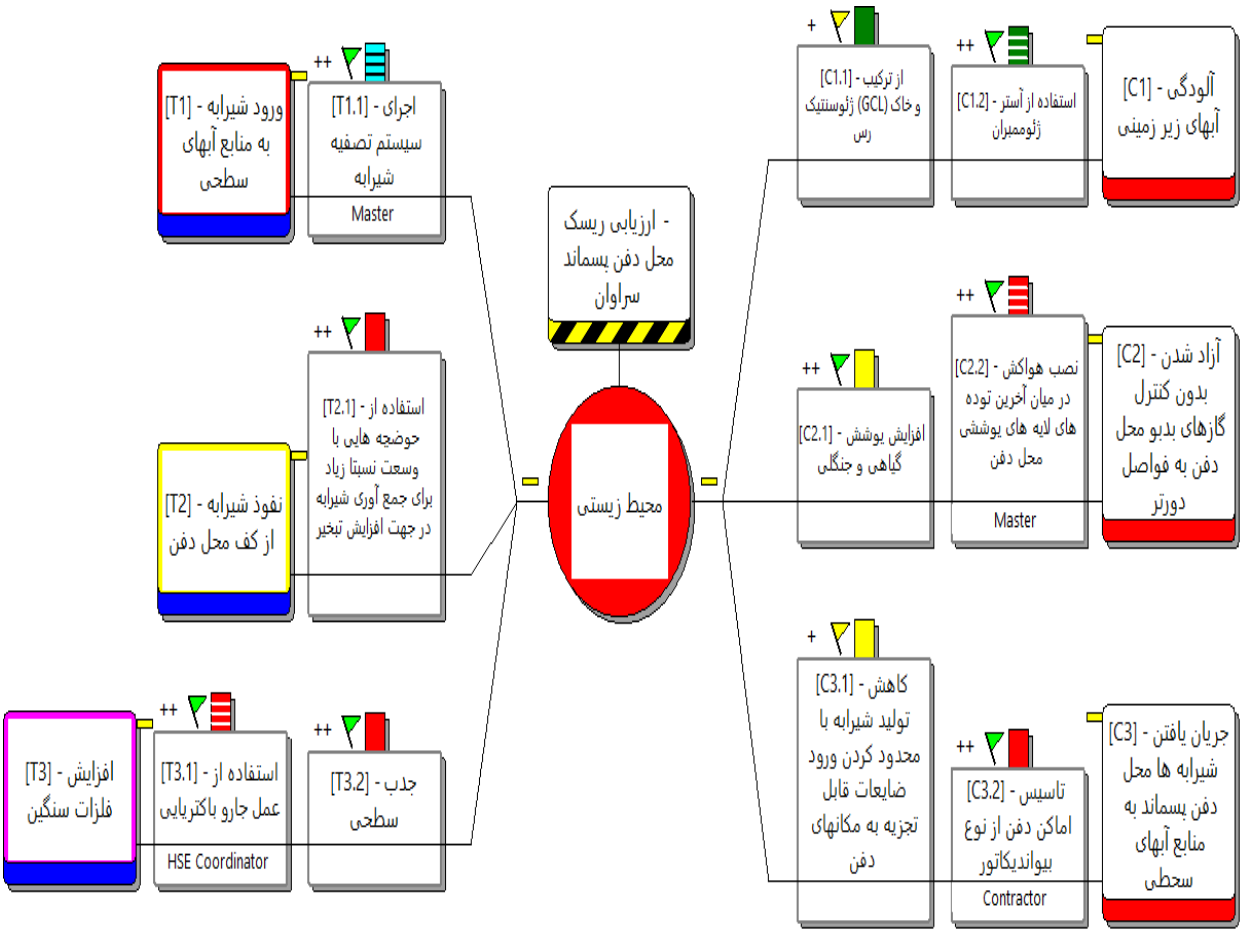
	ریسک‌های بحرانی محل دفن سراوان رشت	(d_i^+)	(d_i^-)	(CL^*)	رتبه
ایمنی و بهداشتی	استفاده بیش از اندازه از دفع کننده‌ها مانند حشره‌کش‌ها	۰/۰۲۲۳	۰/۱۶۴۴	۰/۸۵۲۶	۱
	عدم کارکرد پمپ‌های بازچرخش شیرابه	۰/۰۸۹۴	۰/۱۳۱۷	۰/۵۹۵۳	۲
	مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۰۸۳۶	۰/۱۰۵۱	۰/۵۵۷۰	۳
	شیوع و انتقال بیماری‌ها	۰/۱۰۹۱	۰/۱۰۶۲	۰/۴۹۳۲	۴
	برخورد ماشین‌آلات حمل و دفن پسماند با لوله‌های هدایت سیستم شیرابه	۰/۱۰۱۵	۰/۰۸۶۵	۰/۴۶۰۱	۵
	افزایش مگس، حشرات و جوندگان	۰/۱۱۳۶	۰/۰۹۱۳	۰/۴۴۵۷	۶
	واژگون شدن ماشین‌آلات از روی دیواره‌ها	۰/۱۳۰۱	۰/۰۹۶۳	۰/۴۲۵۳	۷
	مسدود شدن مجاری جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۱۲۱۸	۰/۰۸۹۰	۰/۴۲۲۳	۸
	آسیب‌های تنفسی و بروز عوارض پوستی	۰/۱۳۲۸	۰/۰۸۳۷	۰/۳۸۶۶	۹
	سقوط کارکنان در حوضچه بازچرخش شیرابه	۰/۱۳۰۶	۰/۰۷۵۵	۰/۳۶۶۳	۱۰
	برخورد ماشین‌آلات با تجهیزات و کارگران و کارکنان	۰/۱۴۴۹	۰/۰۶۴۱	۰/۳۰۶۸	۱۱
	وقوع حوادث جاده‌ای	۰/۱۵۴۷	۰/۰۵۶۰	۰/۲۶۵۹	۱۲
محیط زیستی	نفوذ شیرابه از کف محل دفن	۰/۱۲۶۱	۰/۱۷۵۲	۰/۵۸۲۵	۱
	افزایش فلزات سنگین	۰/۱۴۹۴	۰/۱۷۵۴	۰/۵۴۲۷	۲
	بخار شدن ترکیبات شیمیایی و آب در گازهای حاصل از پسماندها	۰/۱۵۲۸	۰/۱۴۶۰	۰/۴۵۸۵	۳
	ورود شیرابه به منابع آب‌های سطحی	۰/۱۸۱۶	۰/۱۴۴۳	۰/۴۴۲۸	۴
	نشت روغن و مواد نفتی (سوخت)	۰/۱۸۳۵	۰/۱۲۹۳	۰/۴۱۳۴	۵
	کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه	۰/۱۵۱۱	۰/۰۹۵۲	۰/۳۸۶۵	۶
	جذب ترکیبات آلی فرّار و نیمه‌فرّار به درون پسماندها	۰/۱۷۶۹	۰/۰۹۶۵	۰/۳۴۸۷	۷
	انحلال، تعلیق مواد و فرآورده‌های حاصل از تغییرات بیولوژیکی در شیرابه	۰/۱۸۴۵	۰/۰۸۳۲	۰/۳۱۰۹	۸
	انسداد سیستم جمع‌آوری و هدایت شیرابه	۰/۱۹۷۵	۰/۰۷۳۲	۰/۲۷۰۴	۹
	ایجاد تنش برای زیستگاه پرندگان مهاجر و بومی، احشام	۰/۲۱۸۴	۰/۰۴۴۲	۰/۲۴۹۴	۱۰
	شکستگی و به هم خوردن تنظیمات تأسیسات و تجهیزات	۰/۱۹۹۷	۰/۰۶۵۹	۰/۲۲۶۱	۱۱
	افزایش آلودگی هوا	۰/۱۵۶۵	۰/۰۸۱۵	۰/۱۹۵۲	۱۲
	مسدود شدن مجاری هوادهی	۰/۱۴۴۳	۰/۰۴۷۹	۰/۱۶۸۴	۱۳
	نشست محل دفن پسماند موجب شکاف و پارگی در سطح و پوشش	۰/۱۷۵۶	۰/۰۱۸۹	۰/۰۹۷۳	۱۴
اقتصادی، اجتماعی	هزینه‌های بالای کنترل و توسعه محل دفن پسماند مهندسی بهداشتی	۰/۰۵۳۸	۰/۱۵۷۴	۰/۷۵۳۷	۱
	عدم پوشش مناسب مدیریتی	۰/۱۱۷۶	۰/۱۵۴۸	۰/۵۶۸۴	۲
	افزایش هزینه‌های محافظت و اجرایی در محل دفن پسماند	۰/۱۴۰۴	۰/۰۷۷۶	۰/۳۵۶۲	۳
	بروز درگیری‌های محلی	۰/۱۵۹۵	۰/۰۷۸۵	۰/۳۲۹۳	۴
	شکست طرح	۰/۱۴۴۳	۰/۰۴۷۹	۰/۲۴۹۱	۵
	ایجاد تنش‌های روحی و روانی بین کارگران و کارکنان	۰/۱۶۵۵	۰/۰۱۷۸	۰/۰۹۷۳	۶

www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت ریسک روش BOW-TIE:

پس از شناسایی، رتبه‌دهی و اولویت‌بندی ریسک‌های محیط‌زیستی در مرحله بهره‌برداری از مطالعات اثرات محیط‌زیست، لازم است که استراتژی‌های مناسب برای اقدام، بهبود، اصلاح، کاهش و کنترل آن‌ها ایجاد شود. نمودار پاپیونی عملیات محل دفن پسماند در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲. ریسک‌های محیط‌زیستی محل دفن سراوان رشت در محیط نرم‌افزار Bow-Tie

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بر اساس نتایج، مهم‌ترین معیارهای ارزیابی ریسک برای انتخاب روش در لندفیل‌های شهری، توانایی یک روش برای شناسایی سطوح مختلف علل یک حادثه است. بر اساس اهمیت معیارهای به‌دست آمده در این مطالعه، روش Bow-tie به‌عنوان یک روش نسبتاً کارآمد و هماهنگ با معیارهای ارزیابی ریسک انتخاب شده، می‌تواند برای تجزیه و تحلیل خطرات احتمالی، کنترل رویدادهای ناخواسته و ارائه راهکارهای بهبود و اصلاح در محل‌های دفن پسماند شهری استفاده شود. آفت‌کش‌ها به دسته‌ای از مواد شیمیایی تعلق دارند که در سراسر جهان به‌عنوان علف‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، جونده‌کش‌ها و همچنین برای مراقبت‌های بهداشتی انسان و حیوانات استفاده می‌شوند. جنبه مثبت کاربرد آفت‌کش‌ها، باعث افزایش بهره‌وری محصول/غذا و کاهش شدید بیماری‌های منتقله از طریق ناقل می‌شود. با این‌حال، کاربردهای بی‌رویه استفاده از علف‌کش‌ها نگرانی‌های جدی را در مورد کل محیط‌زیست و به‌طور کلی سلامت انسان‌ها، پرندگان و حیوانات به‌طور خاص ایجاد کرده است. آفت‌کش‌ها به‌دلیل حلّالیت سریع در چربی و تجمع زیستی در موجودات غیرهدف، خطرات جدی برای سلامت سیستم‌های زنده ایجاد می‌کنند. حتی در غلظت کم، آفت‌کش‌ها ممکن است چندین اثر نامطلوب داشته باشند که می‌تواند در سطوح بیوشیمیایی، مولکولی یا رفتاری کنترل شود (۲۳). نفوذ زباله‌های آفت‌کش‌ها به جداول آب‌های زیرزمینی و سیستم‌های سفره‌های زیرزمینی، یک موضوع زیبایی‌شناختی نسبت به تداخل سلامت عمومی و زنجیره غذایی است (۲۴). عوامل مؤثر بر آلودگی آب با آفت‌کش‌ها و بقایای آنها شامل زهکشی، بارندگی، فعالیت میکروبی، دمای خاک، سطح تصفیه، میزان کاربرد و همچنین حلّالیت، تحرک و نیمه‌عمر آفت‌کش‌ها است (۲۳). اکثر آفت‌کش‌ها به‌دلیل بزرگ‌نمایی زیستی، عامل مشکلات محیطی جدی هستند. استفاده از این مواد شیمیایی مضر، ما را مجبور به اجرای فناوری‌های سبز جدید مانند زیست‌پالایی[1] و گیاه‌پالایی[2] کرده است. این فناوری‌های فوق‌العاده نوآورانه ممکن است به‌عنوان تسلیحاتی در برابر نبرد آلودگی با آفت‌کش‌ها عمل کنند. این فناوری تازه‌کار سازگار با محیط زیست، قابل مدیریت، مقرون به‌صرفه و روش‌های کشاورزی ایمن است. نتیجه زیست پالایی، کانی‌سازی کامل آلاینده‌ها به H_2O و CO_2 بدون تجمع مواد واسطه است (۲۵). مدیریت پسماند ضعیف در ذخیره، انبار، راه‌یابی شیرابه‌های پسماندهای دفن شده به مناطق حساس، دپو و دفن مواد زائد در سواحل دریای خزر و تشدید آلودگی به‌دلیل نفوذ شیرابه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌ویژه محل دفن پسماندهای بیمارستانی و صنعتی، انواع آلودگی‌های حاد میکربی ناشی از فاضلاب‌ها و بیمارستانی در مناطق تفریحی و نظیر آن‌که خطرآفرین‌ترین آن‌ها متوجه مناطق جنگلی سراوان است. از خساراتی که در بخش ایمنی- بهداشتی قابل‌توجه است، افزایش فلزات سنگین و خوردگی ناشی از محیط اسیدی است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پسماندهای مختلف متفاوت است (۲۶). واکنش‌های فلزات سنگین وابسته به pH محیط پذیرنده است. رفتارهای فلزات سنگین در پسماندها حالت کاتیونی داشته که این امر باعث انحلال‌پذیری و یا جذب کنترل‌کننده‌ها در محیط می‌شود. افزایش انحلال فازهای کانی پسماندها و کاهش جذب یون‌های کاتیونی انحلال پیدا کرده، موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در شرایط اسیدی محلول می‌شود. همچنان که pH کاهش می‌یابد، قدرت اسیدی افزایش پیدا می‌کند. محل دفن سراوان رشت باعث سرعت بخشیدن به تخریب زیستگاه‌ها در این منطقه شده است. یکی از راهکارهای ارائه‌شده در نرم‌افزار Bow-Tie، استفاده از ارزیابی هیدرولوژیکی با مدل HELP است که این روش برای دستیابی به طراحی بهتر در جهت تصفیه شیرابه محل دفن پسماند طراحی و اجرا می‌شود. همچنین برای بهره‌برداری اصولی، کارایی بالایی دارد (۲۷). نتایج اولویت‌بندی ریسک‌های محیط زیستی در فاز بهره‌برداری از نظر احتمال ریسک نشان می‌دهد کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه اولویت اول دارد. در تبیین این یافته پژوهشی بیان می‌شود بیشترین پارامتر مؤثر که در شکل‌گیری شیرابه نقش اساسی دارد میزان رطوبت در پسماندها است (۵).

بعد از میزان رطوبت، پارامتر بازچرخش، بارندگی و رواناب در رتبه مهم‌ترین پارامترهای در تولید شیرابه قرار دارد که در شهر سراوان رشت با توجه به بارندگی‌های فراوان و تولید رواناب در منطقه که در نتیجه آن افزایش رطوبت را نیز به‌همراه دارد، در

[1] Bioremediation

[2] Phytoremediation

www.SID.ir

Archive of SID

صورت کارکرد نامناسب سیستم بازچرخش شیرابه، آسیب بسیار جدی به مراکز دفن وارد می‌کند (۵، ۲۸). نتایج پژوهش روتارو و رایلینو نشان داد که ریسک نفوذ آلودگی آب زیرزمینی ناشی از مراکز ذخیره و جمع‌آوری پسماندها، از پرخطرترین عوامل ایجاد بیماری‌ها است (۲۹). همچنین جنس خاک، عمق آب زیرزمینی، غلظت عناصر در شیرابه و نزولات جوی، نقش مهمی در ریسک‌پذیری آلودگی آب زیرزمینی دارند. بر مبنای مطالعه‌ای که آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا[1] در ایالت کالیفرنیای شمالی با آب‌وهوایی مرطوب با خاک سیلتی- لومی برای بررسی میزان ریسک آلودگی آب زیرزمینی نسبت به ترکیبات آلی انجام دادند، پوشش ژئوسنتتیک، گزینه برتر برای محل دفن مورد مطالعه پیشنهاد شد (۲۹، ۳۰). نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطقی مانند سراوان رشت که سطح آب‌های زیرزمینی بسیار بالا و میزان بارندگی نیز بالاست، خاک نیز دارای نفوذپذیری بالایی است. بنابراین احتمال ریسک ناشی از نفوذ شیرابه به منابع آب‌های زیرزمینی افزایش می‌یابد. با مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از روش TOPSIS و ANP می‌توان چنین نتیجه گرفت که تعیین وزن پارامترهای ریسک و یکسان نبودن میزان اهمیت این پارامترها با توجه به نوع شاخص‌های مورد بررسی، میزان اولویت‌های به‌دست آمده از شرایط بهتری برخوردار هستند. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج پژوهش نوری و همکاران که در مطالعه خود ارائه نمودند عدم منظور نمودن وزن یکسان به پارامترهای ریسک می‌تواند ارزیابی واقعی‌تری از ریسک را دربرداشته باشد (۳۱)، مطابقت داشت. منوری و همکاران در مطالعه خود اشاره نمودند که یکی از مهم‌ترین مشکلاتی در ارزیابی‌های ریسک وجود دارد، تأثیر قضاوت‌های ارزیابی‌ها در نتایج ریسک است که لازم است این مشکل را به حداقل رساند. در شهر رشت در مرحله بهره‌برداری، بیشترین ریسک‌ها جزء ریسک‌های محیط‌زیستی است. با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه مشخص شد که در شهر رشت تمام عوامل اکولوژیک، بیولوژیک و محیط‌های فیزیکی، دارای ارزش خاص محیط‌زیستی بوده و در این مکان دفن صدمات وارده به محیط، در بخش آب، خاک و هوا به حداکثر می‌رسد، بنابراین خسارات بیشتری به محیط‌زیست وارد می‌گردد. با بهره‌گیری از نتایج ریسک‌های شناسایی شده در طی این پژوهش، جمع‌بندی می‌شود که فرضیه این تحقیق مبنی بر اینکه در محل‌های دفن پسماند بیشترین ریسک‌ها، مربوط به ریسک‌های محیط‌زیستی است، مورد تأیید است که یافته این تحقیق با نتایج مطالعه وینتی و همکاران و سادات و همکاران که بیان کردند بیشترین احتمال وقوع ریسک در بهره‌برداری مربوط به بخش ایمنی و بهداشتی است (۴، ۱۳) غیرهمسو بود، ولی با نتایج مطالعه منوری و همکاران و عبدالخانی و همکاران همسو بود (۱۲، ۲۲، ۳۲). وزن و اهمیت هر معیار در مقایسات زوجی در هر محدوده با توجه به شریط اقلیمی، اجتماعی، فرهنگی و زیرساخت‌های مهندسی وابسته است. به‌همین دلیل وزن و اهمیت معیارها در مناطق گوناگون و تحقیقات مختلف بر مبنای اهمیت شرایط با یکدیگر متفاوت هستند (۳۳). در حقیقت با در نظر گرفتن شرایط بومی در هر منطقه می‌توان بهترین تصمیم را در مورد میزان اهمیت معیارهای دخیل در تصمیم‌گیری برای احداث محل دفن اتخاذ نمود (۳۴). نتایج مطالعه ارزیابی و مدیریت ریسک نشان داد، جهت انتخاب روش مناسب برای ارزیابی محل دفن پسماند شهری معیارهای زیادی وجود دارد که هر یک دارای وزن و اهمیت متفاوتی هستند. بر اساس نتایج، هر کدام از روش‌های تجزیه و تحلیل مورد مطالعه می‌توانند برخی از معیارها و زیرمعیارهای موردنظر برای انتخاب روش بهینه را پوشش دهند و برای پوشش دادن تمام معیارها باید ترکیبی از روش‌های تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گیرد. روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک اثرات محیط‌زیستی، بهداشت و ایمنی، اقتصادی اجتماعی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط پیرامون مورد مطالعه هستند، بنابراین نمی‌توان روشی را با اطمینان رد یا تأیید کرد.

نتیجه‌گیری

به‌دلیل محدودیت‌هایی که در پاسخ‌دهی و واکنش همزمان به ریسک‌ها در محل دفن پسماند وجود دارد، اولویت‌بندی ریسک‌ها برای پاسخ‌گویی به‌موقع و درست به آن‌ها به پیاده‌سازی هرچه موفق‌تر مدیریت و ارزیابی ریسک کمک می‌کند. در واقع هدف از رتبه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، پرداختن به مهم‌ترین آنها با توجه به محدود بودن منابع است.

[1] United States Environmental Protection Agency (EPA)

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به اینکه روش‌های تصمیم‌گیری، ابزاری شناخته شده و مفید برای اولویت‌بندی و رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف محیط‌زیستی، بهداشت- ایمنی، اقتصادی اجتماعی است و از طرف دیگر رویکرد قابلیت بالای مواجهه با عدم قطعیت‌های موجود در داده‌های مربوط به معیارها و زیرمعیارها را ندارد، استفاده از روش یکپارچه فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، تاپسیس (TOPSIS) و Bow-Tie می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک نماید که با رتبه‌بندی، اولویت‌بندی و مدیریت ریسک‌های محل دفن پسماند، اقدامات و راهکارهای مناسبی برای شناسایی، کنترل، بهبود، اصلاح، حذف یا کاهش اثرات آن‌ها در مرحله بهره‌برداری انجام دهند.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج یا تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از رساله دکتری با عنوان ارزیابی محدودیت‌های محیطی در دفن پسماندهای شهری بر پایه آمایش سرزمین مطالعه موردی استان گیلان در مقطع دکتری در سال ۱۳۹۷ است که با کد رهگیری ۱۶۲۴۹۹۶۵۱ انجام شد. بدین‌وسیله از جناب آقایان دکتر مظاهر معین‌الدینی، دکتر امید کرمی، دکتر سیاوش کلبی و همچنین آقایان محمد تقی رحمانی، از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گیلان، مهندس ناصر عصمت دوست، از اداره کل محیط زیست گیلان، که با مساعدت‌ها و دقت علمی خویش راهگشای مراحل مختلف این پژوهش بودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Van Fan Y, Lee CT, Klemeš JJ, Chua LS, Sarmidi MR, Leow CW. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. Journal of Environmental Management. 2018 Jun 15;216:41-8.
2. Bentaleb F, Mabrouki C, Semma A. A multi-criteria approach for risk assessment of dry port-seaport system. InSupply Chain Forum. An International Journal Taylor & Francis. 2015;(16) 4: 32-49.
3. Avad Adli, Manouchehr Omidvari, Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP-PROMETHEE II method (Case study of Qazvin Province Gas Company), *Iran Occupational Health*, 2020; 17(1): 182-195. magiran.com/p2246905.
4. Vinti G, Bauza V, Clasen T, Medlicott K, Tudor T, Zurbrügg C, Vaccari M. Municipal solid waste management and adverse health outcomes: A systematic review. International journal of environmental research and public health. 2021;18(8):4331.
5. Azad Mollaei, Reza Rafiee , Mazaher Moienaddini, Estimation of leachate generation using a water balance approach in Halghe-Dareh landfill, *Journal of Natural Environment*, 2021; 74(1): 153-165. magiran.com/p2283414.
6. Turskis Z, Goranin N, Nurusheva A, Boranbayev S. Information security risk assessment in critical infrastructure: a hybrid MCDM approach. Informatica. 2019;30(1):187-211.
7. Yazdi M, Khan F, Abbassi R, Rusli R. Improved DEMATEL methodology for effective safety management decision-making. Safety science. 2020;127:104705.
8. Omidvari M, Mansouri N, Nouri J. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. Safety science. 2015;73:34-42.
9. Omidvari M, Mansouri N. Fire and spillage risk assessment pattern in scientific laboratories. International Journal of Occupational Hygiene. 2014;6(2):68-74.
10. A. Fazlollah, I. Mohammadfam, M. J. Hadgiparvaneh, M. Omidvari, Introducing a method for Health, Safety and Environmental (HSE) risk assessment, using multi-criteria decision making (MCDM) techniques: a case study in power plant construction, *Journal of Health and Safety at Work*, 2014; 4(1): 55-64. magiran.com/p1265228.
11. Rostamzadeh R, Ghorabaee MK, Govindan K, Esmaeili A, Nobar HB. Evaluation of sustainable supply chain risk management using an integrated fuzzy TOPSIS-CRITIC approach. Journal of Cleaner Production. 2018;175:651-69.
12. Monavari SM, Tajziehchi S, Rahimi R. Environmental impacts of solid waste landfills on natural ecosystems of southern Caspian Sea coastlines. Journal of Environmental Protection. 2013 Dec 6;2013.
13. avad Adli, Manouchehr Omidvari, Assessing the risk of crisis in gas distribution networks using the FAHP-PROMETHEE II method (Case study of Qazvin

www.SID.ir

Archive of SID

Province Gas Company), *Iran Occupational Health*, 2020; 17(1): 182-195. magiran.com/p2246905.
14. Sajad Saadat, Sayed Mohamad Lari Baqal, Application of Hierarchical Approach in Risk Assessment: Case Study of Ahwaz Health Engineering Landfill, *Sixth National Conference and First International Conference on Waste Management*, 2012, https://civilica.com/ doc/ 146814.
15. Chou CC. Application of ANP to the selection of shipping registry: The case of Taiwanese maritime industry. International Journal of Industrial Ergonomics. 2018;67:89-97.
16. Sun ZY, Zhou JL, Gan LF. Safety assessment in oil drilling work system based on empirical study and Analytic Network Process. Safety science. 2018;105:86-97.
17. Manouchehr Omidvari , Golamreza Garedaghi, Presentation of Contractor Selection Model by Means of Combined DEMATEL and ANP Methods and Gray Relational Analysis by Safety Approach (A Case Study in Oil Industry), *Iran Occupational Health*, 2018; 15(1): 1-12. magiran.com/p1835714
18. Tuzkaya G, Önüt S, Tuzkaya UR, Gülsün B. An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey. Journal of Environmental management. 2008 Sep 1;88(4):970-83.
19. Emrouznejad A, Ho W. Fuzzy Analytic Hierarchy Process: CRC Press; 2017.
20. Navaei AZ, Omidvari M. Development of Failure Mode Effects Analysis Using DEMATEL and ANP Models, Inter. InConference on management Economics and humanities, Istanbul, Turkey 2015.
21. Köne AÇ, Büke T. An Analytical Network Process (ANP) evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey. Energy policy. 2007;35(10):5220-8.
22. Ataei M. Exploitation of dimensional stones. Shahrood University of technology publications, Shahrood. 2008.
23. Abdolkhani Nezhad T, Monavari SM, Khorasani N, Robati M, Farsad F. Assessing and prioritizing the risks of urban waste landfill projects in Guilan province using ANP network analysis method, TOPSIS and Bow-tie software. Journal of Structural and Construction Engineering. 2022;9(4):221-44.
24. Momeni M, Sharifi Salim AR. Models and software of Kerry multi-criteria decision Tehran: Author. 2012.
25. Anju A, Ravi S P, Bechan S. Water pollution with special reference to pesticide contamination in India. Journal of Water Resource and Protection. 2010.
26. Varshney K. Bioremediation of pesticide waste at contaminated sites. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. 2019;6:128-34.
27. Boonsrang A, Chotpantarat S, Sutthirat C. Factors controlling the release of metals and a metalloid from the tailings of a gold mine in Thailand. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. 2018;18(2):109-19.
28. Beck-Broichsitter S, Gerke HH, Horn R. Assessment of leachate production from a municipal solid-waste landfill through water-balance modeling. Geosciences. 2018;8(10):372.
29. Al-Fatlawi AH. Design a leachate collection system for a small camp sanitary landfill. Journal Impact Factor. 2015; (1):07-18.
30. Rotaru A, Răileanu P. Groundwater contamination from waste storage works. Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ). 2008;7(6).
31. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), Statistical Methods for Evaluating Groundwater Monitoring Data from Hazardous Waste Facilities: Final Rule," in Federal Register, 40 CFR Part 264. 1988.
32. Tehrani SM, Omidvari M, Nouri J. Risk assessment and crisis management in gas station. International Journal of Environmental Research. 2010;4(1):143-52.
33. Moanvari SM, Malmasi S, Parsai, D, Environmental risk management of Kish Island landfill using RASCL and Entropy AHP, the sixth national conference and the first international conference on waste management, Mashhad, 2012, HTTP: civilica.com / doc / 146518.
34. AbdolkhaniNezhad T, Monavari SM, Khorasani N, Robati M, Farsad F. Comparative analytical study of the results of environmental risk assessment of urban landfills approach: Bowtie, network analysis techniques (ANP), TOPSIS (case study: Gilan Province). Environmental Monitoring and Assessment. 2022;194(12):854.
35. Moghimi Kandlousy A, Mohebbi Tafreshi A, Mohebbi Tafreshi GH.Locating appropriate areas of municipal waste landfill using TOPSIS method (Case study: Langroud County). Iranian Journal of Research in Environmental Health. 2018;4 (2) : 112-128.

www.SID.ir