Water Resources and Climate Change
University of Qom
Online ISSN: 3092-6769
https://wrcc.qom.ac.ir/

Prioritization of sustainable operation strategies for water treatment plants using SWARA and WASPAS methods

Mohammad AmelSadeghi[1]

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Takestan Branch, Takestan, Iran. E-mail: m.amelsadeghi@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 01 Aug 2025
Revised 30 Aug 2025
Accepted 23 Sep 2025
Published 28 Sep 2025

Keywords:
Water Treatment Plant,
WASPAS Method,
SWARA Weighting Technique,
Multi-Criteria Decision-Making
Sustainable Operation.

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to identify and prioritize strategies for mitigating adverse environmental, socio-cultural, economic, and technical impacts during the operational phase of the Pardis drinking water treatment plant.

Method: To achieve this, key criteria and sub-criteria were first extracted through expert consultation, and their relative importance was determined using the SWARA weighting method.

Results: The results of this phase revealed that the environmental criterion holds the highest weight among all evaluated dimensions. Subsequently, to rank the managerial and operational alternatives, the WASPAS multi-criteria decision-making method—an integrated model combining WSM and WPM—was employed. Based on the findings, the establishment of a centralized wastewater treatment system emerged as the most effective strategy for reducing negative operational impacts. This was followed by options such as systematic waste management, implementation of source-based waste segregation programs, and the development of green spaces around the facilities. In contrast, strategies such as installing solar panels and monitoring potential chlorine gas leaks were deemed less significant.

Conclusion: The study's findings underscore the pivotal role of infrastructural and macro-level managerial interventions in ensuring the sustainability and efficiency of the treatment plant's operational phase. Technological solutions, while valuable, primarily serve as complementary and supportive measures. Accordingly, integrating both strategic and technological approaches can provide a robust framework for enhancing sustainable operations and minimizing environmental repercussions.

Cite this article: AmelSadeghi M. Prioritization of sustainable operation strategies for water treatment plants using SWARA and WASPAS methods. Water Resources and Climate Change. (2025); 1(3): 51-62. https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.13767.1021.

Publisher: University of Qom.
© The Author(s) retain the copyright.

DOI: https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.13767.1021

Introduction

Water is a vital natural resource that underpins sustainable development. In recent decades, population growth, urbanization, and climate change have intensified water scarcity—particularly in arid and semi-arid regions like Iran. In this context, the sustainable supply of drinking water is not only essential for public health and social welfare but also serves as a foundation for economic growth and improved quality of life.

Urban water treatment plants play a crucial role in ensuring access to safe water. However, their operation often involves environmental, economic, socio-cultural, and technical challenges. Issues such as high energy consumption, pollutant emissions, waste generation, noise pollution, and chemical risks (e.g., chlorine leakage) require targeted strategies during the operational phase.

To address these complexities, scientific and structured decision-making is essential. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods have proven effective in evaluating diverse and conflicting criteria. Among them, the SWARA method enables expert-based weighting of criteria, while the WASPAS method—combining Weighted Sum Model (WSM) and Weighted Product Model (WPM)—offers robust ranking of alternatives with improved accuracy and reduced uncertainty.

This study focuses on the Pardis Water Treatment Plant in Tehran Province, aiming to identify and prioritize sustainable operational strategies. Criteria across four dimensions—environmental, economic, socio-cultural, and technical—were defined and weighted using the SWARA method. Subsequently, WASPAS was applied to rank the proposed strategies. The findings provide a scientific framework for enhancing operational efficiency, minimizing adverse impacts, and supporting sustainable water management in Iran.

Method

The SWARA method is a structured approach for weighting decision criteria based on their relative importance. It begins by identifying independent criteria and ranking them according to expert judgment. The method calculates the relative significance of each criterion, derives coefficients, and determines both initial and final weights using specific mathematical formulas. WASPAS, a multi-criteria decision-making method, combines the WSM and the WPM. It involves constructing and normalizing a decision matrix, calculating the relative importance of alternatives using both WSM and WPM, and then integrating the results to obtain final scores.

The case study focuses on the Pardis and Boumehen water treatment plant near Tehran, chosen for its proximity to Lar and Latian dams and suitable elevation. The plant is designed with a total capacity of 2,500 liters per second, divided into three independent modules. During the operational phase, four main evaluation criteria are considered: environmental, economic, socio-cultural, and technical. A panel of six experts from relevant fields contributed to the analysis. To mitigate negative impacts, several measures are proposed, including creating green

spaces, using solar panels, monitoring chlorine leaks, reducing noise pollution, managing waste effectively, and implementing a centralized wastewater treatment system.

Results

The SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method is a structured approach used to prioritize decision-making criteria based on expert judgment. It begins by identifying independent criteria and eliminating those that are dependent. Experts then rank the remaining criteria by importance, calculate their relative significance, and determine coefficients and initial weights through mathematical formulas. The final weights are derived to reflect the true priority of each criterion. SWARA is valued for its simplicity, reduced need for pairwise comparisons, and effectiveness in complex decision environments.

The WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) method is a hybrid multi-criteria decision-making technique that combines the Weighted Sum Model (WSM) and the Weighted Product Model (WPM). It starts with constructing a decision matrix and normalizing its values. The relative importance of each alternative is calculated using both WSM and WPM approaches, and the final score is obtained by integrating the results. This dual-method strategy enhances the accuracy and reliability of decision outcomes, making WASPAS suitable for evaluating complex options.

The case study focuses on the Pardis and Boumehen water treatment plant near Tehran, strategically located close to Lar and Latian dams. The plant is designed with a total capacity of 2,500 liters per second, divided into three modules. During the operational phase, four main criteria—environmental, economic, socio-cultural, and technical—are used for evaluation. A panel of six experts contributed to the analysis. To minimize negative impacts, several measures are proposed, including green landscaping, solar energy use, chlorine leak monitoring, noise reduction through vegetation and insulation, waste management, and centralized wastewater treatment.

Conclusion

This study aimed to identify and evaluate optimal strategies for minimizing environmental, socio-cultural, economic, and technical impacts during the operational phase of the Pardis water treatment plant. Using the SWARA method, key criteria and sub-criteria were weighted, revealing that environmental considerations held the highest relative importance—highlighting the need to prioritize ecological outcomes in management strategies.

Subsequently, the WASPAS method, integrating WSM and WPM approaches, was applied to rank mitigation options. The centralized wastewater treatment system emerged as the top-ranked solution, followed by waste management and green space development. In contrast, options such as solar panel installation and chlorine leak monitoring were deemed less critical.

Overall, the findings underscore the dominant role of infrastructural and managerial interventions in promoting sustainable operations, while technological enhancements serve as complementary measures. A combined approach—emphasizing strategic infrastructure alongside targeted innovations—offers a scalable framework for safe, efficient, and resilient water treatment operations, with potential applicability across similar facilities nationwide.

Declarations

Ethical Approval

The paper is not currently being considered for publication elsewhere. All authors have been personally and actively involved in substantial work leading to the paper, and will take public responsibility for its content.

Competing interests

Conflict of Interest – None

Availability of data and materials

Data will be made available on the request.

Authors Contributions

Mohammad AmelSadeghi performed the calculations, approved the analytical methods, supervised the findings of this work, discussed the results, and contributed to the final version of the paper.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

منابع آب و تغییر اقلیم
دانشگاه قم
شاپای الکترونیکی: ۶۷۶۹ ۳۰۹۲
https://wrcc.qom.ac.ir/

اولویت‌بندی راه‌بردهای بهره‌برداری پایدار تصفیه‌خانه آب با استفاده از روش‌های SWARA و WASPAS

محمد عامل‌صادقی[1]✉

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، تاکستان، ایران. رایانامه: m.amelsadeghi@gmail.com.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶

کلیدواژه‌ها:
تصفیه‌خانه آب،
روش WASPAS،
روش وزن‌دهی SWARA،
تصمیم‌گیری چندمعیاره،
بهره‌برداری پایدار.

چکیده

هدف: هدف این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی راه‌بردهای کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و فنی در دوره بهره‌برداری از تصفیه‌خانه آب شرب پردیس است.

روش: بدین‌منظور، ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مؤثر با بهره‌گیری از نظرات خبرگان استخراج و با روش وزن‌دهی SWARA اهمیت نسبی آن‌ها تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج این مرحله نشان دادند که معیار زیست‌محیطی بالاترین وزن را در میان سایر معیارها به خود اختصاص داده است. در گام بعد، برای رتبه‌بندی گزینه‌های مدیریتی و عملیاتی، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS که ترکیبی از دو مدل WSM و WPM است، استفاده گردید. براساس نتایج به‌دست‌آمده، ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب به‌عنوان مهم‌ترین راه‌کار در کاهش اثرات نامطلوب بهره‌برداری شناخته شد. پس از آن، گزینه‌های مدیریت اصولی پسماند و اجرای برنامه تفکیک زباله از مبدأ و ایجاد فضای سبز پیرامون تأسیسات در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در مقابل، راه‌کارهایی مانند استفاده از پنل‌های خورشیدی و پایش و کنترل نشت احتمالی گاز کلر اهمیت کم‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها داشتند.

نتیجه‌گیری: یافته‌های پژوهش بیان‌گر آن است که اقدامات زیرساختی و مدیریتی کلان نقش محوری در پایداری و کارآمدی دوره بهره‌برداری تصفیه‌خانه دارند، در حالی که راه‌کارهای فناورانه بیش‌تر به‌عنوان مکمل و پشتیبان ایفای نقش می‌کنند. بر این اساس، تلفیق این دو رویکرد می‌تواند بستری مناسب برای ارتقای بهره‌برداری پایدار و کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی فراهم سازد.

استناد: عامل‌صادقی محمد. اولویت‌بندی راه‌بردهای بهره‌برداری پایدار تصفیه‌خانه آب با استفاده از روش‌های SWARA و WASPAS. *منابع آب و تغییر اقلیم*. ۱۴۰۴؛ ۱۵(۳): ۵۱-۶۲. http//doi.org/10.22091/wrcc.2025.13767.1021

ناشر: دانشگاه قم.
© نویسندگان.
شناسه دیجیتال: https://doi.org/10.22091/wrcc.2025.13767.1021

۱- مقدمه

آب به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین منابع طبیعی، نقش اساسی در توسعه پایدار جوامع انسانی ایفا می‌کند. افزایش جمعیت، گسترش شهرنشینی و تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر منجر به تشدید بحران کم‌آبی در بسیاری از کشورها، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر ایران، شده است. در چنین شرایطی، تصفیه و تأمین پایدار آب شرب نه‌تنها یک ضرورت اساسی برای حفظ سلامت و رفاه اجتماعی محسوب می‌شود، بلکه به‌عنوان زیرساختی حیاتی برای توسعه اقتصادی و ارتقای کیفیت زندگی نیز مطرح است. تصفیه‌خانه‌های آب شهری در این میان، نقشی کلیدی در تضمین دسترسی به آب سالم و ایمن ایفا می‌کنند؛ اما بهره‌برداری از آن‌ها اغلب با چالش‌های زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی و فنی همراه است.

با توجه به اهمیت این موضوع، مدیریت پایدار بهره‌برداری از تصفیه‌خانه‌های آب مستلزم شناسایی و اولویت‌بندی راه‌بردهایی است که بتوانند ضمن کاهش اثرات نامطلوب، به ارتقای بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها کمک کنند. به‌طور خاص، عواملی نظیر مصرف بالای انرژی، انتشار آلاینده‌ها، تولید پسماند، آلودگی صوتی و تهدیدهای زیست‌محیطی ناشی از نشت مواد شیمیایی (مانند کلر)، نیازمند توجه ویژه در دوره بهره‌برداری هستند. از این‌رو، استفاده از رویکردهای علمی و نظام‌مند برای انتخاب بهترین راه‌کارها در مدیریت این تأسیسات، ضرورتی انکارناپذیر به‌شمار می‌آید.

در سال‌های اخیر، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به‌عنوان ابزارهایی مؤثر برای تحلیل و انتخاب گزینه‌ها در مسائل پیچیده و چندبعدی توسعه یافته‌اند. این روش‌ها امکان ارزیابی هم‌زمان چندین معیار با ماهیت‌های متفاوت (کمی و کیفی) را فراهم ساخته و به مدیران و سیاست‌گذاران در اتخاذ تصمیم‌های بهینه یاری می‌رسانند. در میان این روش‌ها، روش تحلیل نسبت ارزیابی وزن‌دهی تدریجی[1] (SWARA)، روشی کارآمد برای تعیین وزن نسبی معیارها بر اساس قضاوت خبرگان است که قابلیت انعطاف‌پذیری بالایی در لحاظ‌کردن نظر تصمیم‌گیرندگان دارد. از سوی دیگر، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ارزیابی مجموع وزنی و ضرب وزنی[2] (WASPAS) به‌عنوان یک رویکرد ترکیبی، مزایای روش‌های کلاسیک WSM و WPM را تلفیق کرده و با افزایش دقت و کاهش عدم‌قطعیت، امکان رتبه‌بندی پایدارتر گزینه‌ها را فراهم می‌سازد.

تحقیقات مختلفی در خصوص کاربرد MCDMها در مورد موضوعات منابع آب صورت گرفته است که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است.

کریمی[3] و همکاران از دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP و تحلیل سلسله مراتبی فازی[4] (FAHP) برای انتخاب بهترین فرآیند تصفیه فاضلاب استفاده کردند. نتایج نشان دادند بهترین گزینه در هر دو روش تصمیم‌گیری لجن فعال چسبیده یک‌پارچه[5] (IFAS)، بود، امّا رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها به تغییرات وزن معیارها بسیار حساس بودند [۱]. لوپز[6] و همکاران با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، به بررسی فناوری‌های مختلف تصفیه فاضلاب پرداختند و آن‌ها را بر اساس توانایی حذف ترکیبات دارویی فعال[7] (PhAC) در راستای استفاده مجدد از منابع آبی ارزیابی کردند [۲]. در پژوهشی دیگر، مرتضایی‌پویا و همکاران با استفاده از نظریه مجموعه‌های ناهموار[8] و روش MAIRCA، که به مقایسه گزینه‌های ایده‌آل و واقعی می‌پردازد، به تحلیل و انتخاب

[1]- Step Wise Weight Assessment Ratio Analysis
[2]- Weighted Aggregated Sum Product Assessment
[3]- Karimi
[4]- Fuzzy Analytic Hierarchy Process
[5]- Integrated Fixed-Film Activated Sludge
[6]- López
[7]- Pharmaceutical Activated Compounds
[8]- Rough Set Theory

مناســـب‌ترین مدل برای برنامه‌ریزی تأمین آب میان دو مدل MODSIM و Lingo اقدام کردند [۳].

مارتینز[9] و همکاران با استفاده از تحلیل داده-ستانده[10] توسعه‌یافته، میزان اثرات زیست‌محیطی نهفته در مراحل پیش‌ساخت یک سد انحرافی در کشور اسپانیا را به‌صورت کمی بررسی کردند [۴]. اکمکسی‌اوغلو[11] و همکاران نیز با بهره‌گیری از یک چارچوب ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره در فضای فازی، به اولویت‌بندی راهکارهای مقابله با کمبود آب در مناطق شهری پرداختند [۵]. شهسوانی و همکاران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری گروهی فازی، به ارزیابی ریسک‌های احتمالی ناشی از وجود فلوراید و نیترات در آب شرب شهر شیراز پرداختند [۶]. همچنین، اکرم و همکاران با به‌کارگیری روش ELECTRE فازی، به بررسی راهکارهای بهینه برای مدیریت منابع آب در استان کرمانشاه پرداختند [۷].

در این پژوهش، با تمرکز بر تصفیه‌خانه آب پردیس واقع در استان تهران، تلاش شده است راه‌بردهای کاهش اثرات نامطلوب در دوره بهره‌برداری شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی شوند. ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مرتبط در چهار بعد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی-فرهنگی و فنی استخراج گردیده و سپس با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان، وزن نسبی معیارها از طریق روش SWARA تعیین شده است. در ادامه، به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها، روش WASPAS به‌کار گرفته شده است تا تصمیم‌گیری نهایی با دقت و اعتمادپذیری بیش‌تری صورت پذیرد.

نتایج این مطالعه می‌تواند به‌عنوان چارچوبی علمی برای بهبود فرآیند مدیریت بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های آب در کشور مورد استفاده قرار گیرد و علاوه‌بر کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، زمینه‌ساز ارتقای کارایی فنی و اقتصادی و افزایش رضایت اجتماعی شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- گام‌های روش وزن‌دهی SWARA

روش SWARA نخستین بار توسط کرسولین[12] و همکاران معرفی شد [۸]. اساس این شیوه بر اولویت‌بندی معیارها بر مبنای ارزش آن‌ها استوار است. مهم‌ترین ویژگی این روش، امکان سنجش دقت قضاوت خبرگان در فرآیند وزن‌دهی، سهولت در اجرا و کاهش نیاز به مقایسه‌های مکرر میان معیارها است. همین خصوصیات موجب شده SWARA در شرایط پیچیده یا غیرمعمول نیز کاربردپذیر باشد [۹]. در ادامه مراحل اجرای این روش تشریح می‌شود.

گام اول: شناسایی معیارهای مستقل

ابتدا مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارها تعریف می‌شود. سپس با نظر متخصصان، تنها معیارهای مستقل نگه داشته شده و معیارهای وابسته کنار گذاشته می‌شوند. معیار وابسته به حالتی گفته می‌شود که وجود یا حذف آن، به‌طور مستقیم به وجود یا حذف معیار دیگری وابسته باشد.

گام دوم: رتبه‌بندی معیارها بر اساس ارزش

در این مرحله، معیارها بر پایه ارزشی که به آن‌ها اختصاص یافته، مرتب می‌شوند. معیار با بیش‌ترین ارزش در جایگاه نخست قرار گرفته و سایر معیارها به‌ترتیب ارزش کم‌تر در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند.

گام سوم: محاسبه اهمیت نسبی

در این بخش، میزان اهمیت هر معیار نسبت به معیار قبلی مشخص می‌شود. نتیجه این مقایسه با مقدار اهمیت نسبی متوسط نمایش داده می‌شود.

9- Martinez
10- Input-Output Analysis
11- Ekmekcioğlu
12- Keršulienė

گام چهارم: محاسبه ضریب

در این گام با استفاده از رابطه (۱)، ضریب مربوط به هر معیار تعیین می‌گردد.

$$k_j = \begin{cases} s_j + 1, & j > 1 \\ 1, & j = 1 \end{cases} \quad (۱)$$

که در آن، k_j = ضریب و j = معیار هستند.

گام پنجم: محاسبه وزن اولیه معیارها

وزن اولیه هر معیار به کمک رابطه (۲) محاسبه می‌شود. این مقدار وابسته به وزن معیار پیشین است.

$$w_j = \begin{cases} \dfrac{x_{j-1}}{k_j}, & j > 1 \\ 1, & j = 1 \end{cases} \quad (۲)$$

که در آن، w_j = وزن اولیه هر معیار و x_{j-1} = وزن اولیه معیار ماقبل هر معیار هستند.

گام ششم: محاسبه وزن نهایی معیارها

در پایان، وزن نسبی معیارها با استفاده از رابطه (۳) به‌دست می‌آید.

$$q_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \quad (۳)$$

۲-۲- روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS

روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS توسط زاوادسکاس[۱۳] و همکاران ارائه شد [۱۰]. این روش حاصل ترکیب دو روش جمع وزن‌دار[۱۴] (WSM) و مدل ضرب وزنی[۱۵] (WPM) است. در ادامه به گام‌های این روش اشاره می‌شود.

- **گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری[۱۶]**

در این گام ماتریس تصمیم‌گیری مطابق رابطه (۴) تشکیل می‌شود.

$$A = \left[a_{ij}\right] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad (۴)$$

که در آن، a_{ij} = درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری، n = تعداد معیارها و m = تعداد گزینه‌ها هستند.

- **گام دوم: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری**

نرمال‌سازی درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری با روش نرمال‌سازی خطی[۱۷] انجام می‌شود. برای معیارهای مثبت[۱۸] و منفی[۱۹] به‌ترتیب از روابط (۵) و (۶) استفاده می‌شود.

$$\overline{a_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\max_i a_{ij}} \quad (۵)$$

$$\overline{a_{ij}} = \frac{\min_i a_{ij}}{a_{ij}} \quad (۶)$$

که در آنها، $\overline{a_{ij}}$ = درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌شده، max = بیشینه مقدار و min = کمینه مقدار درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری هستند.

- **گام سوم: تعیین اهمیت نسبی گزینه‌ها از روش WSM**

در این گام، روش **WSM** که توسط فیشبِرن[۲۰] ارائه شد [۱۱] و از متداول‌ترین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است، برای محاسبه اهمیت نسبی گزینه‌ها به‌کار گرفته می‌شود. در این روش، اهمیت نسبی گزینه‌ها به‌صورت مجموع وزن معیارها ضرب‌در درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری نرمال‌شده مطابق رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^{n} \overline{a_{ij}} w_j \quad (۷)$$

۱۳- Zavadskas
14- Weighted Sum Method
۱۵- Weighted Product Model
۱۶- Decision-Making Matrix
۱۷- Linear Normalization Methodology
۱۸- Benfit
۱۹- Cost
۲۰- Fishburn

که در آن، $Q_i^{(1)}$ = اهمیت نسبی گزینه‌ها حاصل از روش WSM و w_j = وزن نهایی معیارها هستند.

- **گام چهارم: تعیین اهمیت نسبی گزینه‌ها از روش WPM**

در این گام از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WPM که توسط میلر[۲۱] و استار[۲۲] ارائه شده است [۱۲]، اهمیت نسبی گزینه‌ها محاسبه می‌شود. برای محاسبه این روش مطابق با رابطه (۸) هریک از درایه‌های ماتریس نرمال‌شده به توان وزن نهایی معیارها می‌رسند و سپس در همدیگر ضرب می‌شوند.

$$Q_i^{(2)} = \Pi_{j=1}^{n} (\overline{a_{ij}})^{w_j} \qquad (۸)$$

که در آن، $Q_i^{(2)}$ = اهمیت نسبی گزینه‌ها محاسبه‌شده با روش WPM است.

- **گام پنجم: محاسبه اهمیت نسبی نهایی گزینه‌ها**

در نهایت برای ترکیب دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WSM و WPM از رابطه (۹) استفاده می‌شود.

$$Q_i = 0.5Q_i^{(1)} + 0.5Q_i^{(2)} \qquad (۹)$$

که در آن، Q_i = اهمیت نسبی نهایی گزینه‌ها است.

۲-۳- مورد مطالعاتی

۲-۳-۱- محدوده و قلمرو تحقیق

تصفیه‌خانه آب شرب شهر پردیس و منطقه بومهن در استان تهران، در فاصله‌ای حدود ۳۰ کیلومتری از پایتخت احداث شده است. مختصات جغرافیایی محل اجرای پروژه برابر با ۵۷۳۱۷۸ طول شرقی و ۳۹۵۶۹۳۵ عرض شمالی می‌باشد. اقلیم شهرستان پردیس در رده نیمه‌صحرایی سرد متمایل به مدیترانه‌ای با بارندگی به‌طور عمده بهاره و در بخش‌هایی نیز نیمه‌صحرایی گرم قرار می‌گیرد.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، مکان پیشنهادی برای احداث این تصفیه‌خانه به‌دلیل نزدیکی به سدهای لار و لتیان به‌عنوان منابع اصلی تأمین آب و همچنین به‌سبب دارا بودن رقوم مناسب، تنها گزینه مناسب برای استقرار طرح به‌شمار آمده است.

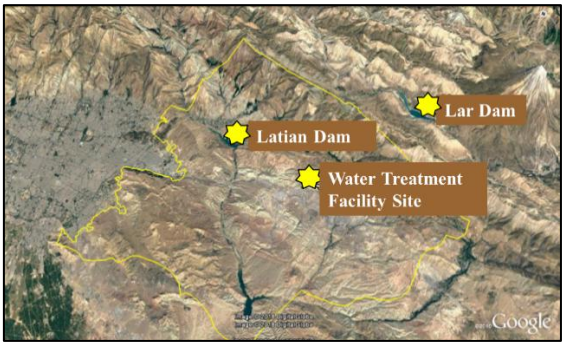

Figure 1. The layout of dams and the water treatment plant

شکل ۱- جانمایی سدها و تصفیه‌خانه آب

ظرفیت نهایی تصفیه‌خانه پردیس ۲۵۰۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شده که از سه مدول مستقل با ظرفیت‌های ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ لیتر بر ثانیه تشکیل می‌شود. تأمین آب خام هر مدول به شرح زیر است:

- مدول اول با دبی ۵۰۰ لیتر بر ثانیه از **سد لتیان** و چاه‌های فلمن تغذیه می‌شود.
- مدول دوم با ظرفیت ۸۰۰ لیتر بر ثانیه از **ترکیب آب سدهای لتیان و لار** استفاده می‌کند.
- مدول سوم با دبی ۱۲۰۰ لیتر بر ثانیه به‌طور کامل از **سد لار** تأمین می‌گردد.

۲-۳-۲- معرفی معیارها و زیرمعیارها در دوره بهره‌برداری

در مرحله بهره‌برداری، معیارهای اصلی ارزیابی شامل چهار بخش زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی ـ فرهنگی و فنی در نظر گرفته شده‌اند. هر یک از این معیارها می‌توانند زیرمعیارهای خاص خود را داشته باشند که در تحلیل‌های بعدی لحاظ می‌گردند.

[۲۱]- Miller

[۲۲]- Starr

۲-۳-۳- معرفی گروه کارشناسان

جامعه کارشناسی مورد استفاده در این پژوهش متشکل از شش نفر بوده است که ترکیب آن به‌شرح زیر می‌باش:

۱. دو کارشناس در حوزه آب و فاضلاب،
۲. یک مهندس آب و فاضلاب و مسئول بهره‌برداری تصفیه‌خانه،
۳. دو کارشناس ارشد منابع آب،
۴. یک کارشناس ارشد محیط زیست.

۲-۳-۴- راه‌کارهای کاهش اثرات نامطلوب در دوره بهره برداری

با توجه به شرایط منطقه و معیارهای تعیین‌شده، مجموعه‌ای از اقدامات به‌منظور کاهش پیامدهای منفی ناشی از بهره‌برداری پیشنهاد می‌شود:

۱. ایجاد فضای سبز پیرامون پارکینگ خودروها و موتورخانه‌ها به‌منظور کاهش آلودگی هوا و جلوگیری از تخریب غیرضروری پوشش گیاهی. در این راستا استفاده از گونه‌های پهن‌برگ برای جذب گردوغبار توصیه می‌گردد.
۲. به‌کارگیری پنل‌های خورشیدی برای تأمین بخشی از انرژی مورد نیاز تأسیسات.
۳. **پایش و کنترل** نشتی احتمالی گاز کلر از مخازن ذخیره‌سازی.
۴. کاهش آلودگی صوتی از طریق استفاده از پوشش گیاهی چندلایه به‌عنوان عایق صدا، قرارگیری تجهیزات پرسر و صدا مانند ژنراتورها و کمپرسورها در اتاقک‌های ایزوله و به‌کارگیری مصالح نوین در ساختمان‌ها برای ارتقای کارایی عایق‌بندی.
۵. مدیریت اصولی پسماند و اجرای برنامه تفکیک زباله از مبدأ.
۶. ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب به‌منظور جلوگیری از آلودگی منابع آب و ارتقای سطح بهداشت محیط.

۴- بحث و بررسی نتایج

۴-۱- نتایج حاصل از به‌کارگیری روش وزن‌دهی SWARA و روش تصمیم‌گیری WASPAS

در این بخش، دستاوردهای حاصل از دو رویکرد وزن‌دهی SWARA و تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS ارائه می‌شود. هدف از به‌کارگیری این دو روش، نخست تعیین میزان اهمیت نسبی هریک از معیارها و سپس رتبه‌بندی راه‌حل‌های موجود بر اساس آن‌هاست. بدین‌ترتیب، ابتدا وزن معیارها از طریق SWARA استخراج شده و سپس با استفاده از WASPAS، راه‌کارهای مختلف ارزیابی و مقایسه می‌شوند.

۴-۱-۱- نتایج روش وزن‌دهی SWARA

در گام نخست، پرسش‌نامه‌های طراحی‌شده میان گروه کارشناسان توزیع شد و پس از جمع‌آوری، پاسخ‌ها مورد تحلیل قرار گرفت. در این مرحله، ابتدا ارزش نسبی هر معیار برمبنای قضاوت کارشناسان محاسبه گردید. سپس با استفاده از مراحل متوالی روش SWARA شامل مرتب‌سازی معیارها، محاسبه ضریب، تعیین وزن اولیه و در نهایت به‌دست‌آوردن وزن نسبی، میزان اهمیت نهایی هر معیار مشخص شد.

نتایج نهایی در جدول ۱ ارائه شده است که نشان‌دهنده وزن بهینه معیارها پس از ترکیب نظرات خبرگان می‌باشد. این جدول بیانگر آن است که هریک از معیارهای اصلی چه سهمی در فرآیند تصمیم‌گیری دارند و کدام‌یک نقش پررنگ‌تری در دوره بهره‌برداری تصفیه‌خانه ایفا می‌کنند.

جدول ۱- وزن معیارها

Table 1. Weight of Criteria

Criteria	s_j	k_j	w_j^1	w_j
Environmental		1	1	0.49
	0.98			
Economic		1.98	0.51	0.25
	0.71			
Technical		1.71	0.29	0.14
	0.21			
Sociocultural		1.21	0.24	0.12
Sum of weights = 1				

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص است، بیش‌ترین وزن (۰/۴۹) مربوط به معیار زیست‌محیطی است. این نشان می‌دهد که از دید کارشناسان، پیامدهای زیست‌محیطی بیش‌ترین نقش را در موفقیت و پایداری طرح دارند.

دلیل این موضوع می‌تواند حساسیت بالای منطقه نسبت به منابع آب، آلودگی و پیامدهای تخریب محیط زیست در دوره بهره‌برداری باشد.

بعد از محیط‌زیست، معیار اقتصادی اهمیت دوم را دارد. این نشان می‌دهد که در تصمیم‌گیری‌ها علاوه‌بر ملاحظات زیست‌محیطی، هزینه‌ها و بهره‌وری مالی پروژه نیز عامل کلیدی محسوب می‌شود.

وزن معیار فنی کم‌تر از دو معیار قبلی است. این بیان گر آن است که اگرچه مسائل فنی و اجرایی اهمیت دارند، اما نسبت به اثرات محیطی و اقتصادی در اولویت پایین‌تری قرار گرفته‌اند.

پایین‌ترین وزن به معیار اجتماعی ـ فرهنگی اختصاص یافته است. این نتیجه نشان می‌دهد که کارشناسان معتقدند اثرات اجتماعی و فرهنگی پروژه نسبت به محیط‌زیست و اقتصاد تأثیر کم‌تری در دوره بهره‌برداری دارند. با این حال، نادیده گرفتن این بخش می‌تواند در بلندمدت پیامدهای منفی اجتماعی ایجاد کند.

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که در دوره بهره‌برداری، حفظ محیط‌زیست و مدیریت اقتصادی دو اولویت اصلی هستند.

مسائل فنی در سطح متوسط و **ابعاد اجتماعی ـ فرهنگی** در سطح پایین‌تر قرار دارند.

این ترکیب اهمیت‌ها بازتاب‌دهنده نگرانی اصلی کارشناسان نسبت به پایداری زیست‌محیطی و توجیه اقتصادی پروژه است.

۴-۱-۲- نتایج حاصل از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS

روش WASPAS یکی از رویکردهای معتبر در تصمیم‌گیری چندمعیاره است که با هدف افزایش دقت و کاهش عدم‌قطعیت در نتایج توسعه یافته است. این روش در حقیقت ترکیبی از دو مدل کلاسیک WSM و WPM است و تلاش می‌کند نقاط قوت هر دو روش را در فرآیند ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌کار گیرد.

- **نتایج حاصل از روش WSM**

در گام نخست، با استفاده از WSM، مجموع وزنی امتیاز هر گزینه محاسبه می‌شود. این رویکرد ساده و مستقیم است و امکان مقایسه گزینه‌ها براساس مجموع معیارهای وزنی را فراهم می‌سازد. نتایج این بخش در جدول ۲ ارائه شده و میزان اهمیت نسبی هر گزینه را براساس جمع وزنی معیارها مشخص می‌کند.

با این حال، محدودیت اصلی WSM آن است که وابستگی زیادی به مقیاس داده‌ها دارد و در برخی شرایط ممکن است موجب انحراف در رتبه‌بندی شود. برای جبران این کاستی، روش WPM نیز به‌طور هم‌زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در WPM، مقادیر معیارها به‌صورت ضربی ترکیب می‌شوند که این امر اثر مقیاس‌های متفاوت را کاهش داده و پایداری نتایج را افزایش می‌دهد.

در نهایت، روش WASPAS با ترکیب خطی دو رویکرد WSM و WPM از طریق یک ضریب تعادل (λ)، به

دست می‌آید. مقدار λ به‌طور معمول برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود تا وزن یکسانی به هر دو روش داده شود. نتیجه این فرآیند، به‌دست‌آمدن امتیاز نهایی هر گزینه و تعیین رتبه‌بندی پایدارتر و قابل اعتمادتر نسبت به زمانی است که تنها یکی از دو روش WSM یا WPM به‌صورت جداگانه استفاده شوند.

جدول ۲- اهمیت نسبی گزینه‌ها از روش WSM

Table 2. Relative importance of options from the WSM method

Options	Relative importance of alternatives
Creating green space	6.358
Using solar panels	5.804
Monitoring and controlling possible chlorine gas leaks from storage tanks	5.797
Reducing noise pollution	6.180
Principled waste management and implementing a waste separation program at source	6.427
Establishing a central wastewater treatment system	7.391

براساس نتایج حاصل از روش WSM، گزینه‌ی ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب بالاترین امتیاز را کسب کرده و به‌عنوان بهترین راه‌کار برای کاهش اثرات نامطلوب بهره برداری تصفه‌خانه آب شناسایی شد. رتبه‌بندی سایر گزینه‌ها نیز براساس مقدار امتیاز محاسبه‌شده به ترتیب زیر تعیین گردید:

۱. ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب (بیش‌ترین اولویت)
۲. مدیریت اصولی پسماند و اجرای برنامه تفکیک زباله از مبدأ
۳. ایجاد فضای سبز
۴. کاهش آلودگی صوتی
۵. پایش و کنترل نشتی احتمالی گاز کلر از مخازن ذخیره سازی
۶. به‌کارگیری پنل‌های خورشیدی (کم‌ترین اولویت)

گزینه ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب (۷/۳۹۱) با اختلاف چشمگیر نسبت به سایر گزینه‌ها در رتبه نخست قرار گرفته است. دلیل این موضوع، تأثیر مستقیم و اساسی این اقدام بر کاهش آلودگی منابع آب و ارتقای سطح بهداشت محیط است. انتخاب این گزینه نشان می‌دهد که از نگاه کارشناسان، مدیریت یک‌پارچه پساب در دوره بهره‌برداری مهم‌ترین راه‌برد برای پایداری سامانه است.

مدیریت اصولی پسماند و اجرای تفکیک از مبدأ (۶/۴۲۷) با توجه به کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و ارتقای بهره‌وری منابع در جایگاه دوم قرار گرفته است. اهمیت آن در مقایسه با سایر اقدامات محیط‌زیستی مثل فضای سبز و کاهش سر و صدا بیش‌تر ارزیابی شده است.

ایجاد فضای سبز (۶/۳۵۸) به‌ویژه اطراف تصفیه‌خانه، علاوه‌بر نقش آن در بهبود کیفیت هوا و جذب گردوغبار، به زیبایی منظر نیز کمک می‌کند. وزن آن نشان می‌دهد که کارشناسان این اقدام را یک راه‌برد مؤثر اما در سطح میانی اهمیت دانسته‌اند.

گزینه کاهش آلودگی صوتی (۶/۱۸۰) در رتبه چهارم قرار دارد و نشان می‌دهد هرچند آلودگی صوتی مهم است، اما در مقایسه با مدیریت پساب و پسماند اولویت کم‌تری دارد.

کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر مانند استفاده از پنل‌های خورشیدی (۵/۸۰۴) اهمیت دارد، اما امتیاز پایین‌تر آن بیان‌گر این است که کارشناسان در مقایسه با مسائل حیاتی‌تر مثل پساب و پسماند، انرژی خورشیدی را یک گزینه جانبی می‌دانند.

با این‌که ایمنی و سلامت محیطی مانند پایش و کنترل نشت احتمالی گاز کلر، بسیار مهم است، امتیاز پایین آن می‌تواند به‌دلیل کم‌تر بودن احتمال وقوع حادثه یا امکان کنترل آن با تدابیر ساده‌تر نسبت به سایر اقدامات باشد.

به‌طور کلی این نتایج نشان می‌دهد که تمرکز اصلی در دوره بهره‌برداری باید بر مدیریت جامع پساب باشد و سایر اقدامات بیش‌تر نقش پشتیبان و تکمیلی دارند.

- **نتایج حاصل از روش WPM**

روش WPM به‌عنوان بخش مکمل در چارچوب روش WASPAS مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، اهمیت نسبی هر گزینه از طریق ترکیب ضربی مقادیر معیارها و اعمال وزن‌های متناظر به‌دست می‌آید. مزیت اصلی WPM نسبت به WSM آن است که وابستگی به مقیاس داده‌ها را کاهش داده و امکان مقایسه پایدارتر بین گزینه‌ها را فراهم می‌سازد.

محاسبات انجام‌شده با استفاده از WPM نشان دادند که هر گزینه براساس ضرب وزنی معیارها امتیاز خاصی کسب کرده و در نهایت امکان رتبه‌بندی آن‌ها فراهم شده است. این نتایج در جدول ۳ ارائه گردیده و بیان‌گر اهمیت نسبی گزینه‌ها بر مبنای این روش است.

جدول ۳- اهمیت نسبی گزینه‌ها از روش WPM

Table 3. Relative importance of options from the WPM method

Options	Relative importance of alternatives
Creating green space	6.318
Using solar panels	5.764
Monitoring and controlling possible chlorine gas leaks from storage tanks	5.757
Reducing noise pollution	6.14
Principled waste management and implementing a waste separation program at the source	6.387
Establishing a central wastewater treatment system	7.351

گزینه ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب در رتبه نخست قرار دارد و اختلاف امتیاز آن با سایر گزینه‌ها نسبت به روش WSM کم‌تر است، اما هم‌چنان برتری قاطع خود را حفظ کرده است. این نتیجه نشان می‌دهد که حتی با مدل ضربی (WPM) که حساسیت به مقیاس داده‌ها را کاهش می‌دهد، اهمیت راه‌برد مدیریت یک‌پارچه پساب هم چنان تأیید می‌شود.

گزینه مدیریت اصولی پسماند و اجرای تفکیک از مبدأ پس از تصفیه مرکزی در رتبه دوم قرار دارد. جایگاه آن نشان‌دهنده نقش کلیدی مدیریت زباله‌ها در کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای پایداری سیستم است.

رتبه سوم به فضای سبز اختصاص یافته است که نشان می‌دهد کنترل گردوغبار و بهبود منظر محیطی اهمیت قابل توجهی در کنار مدیریت منابع دارد.

اقدام کاهش آلودگی صوتی در رتبه چهارم قرار دارد و اهمیت آن در راستای ارتقای کیفیت زندگی و کاهش مزاحمت‌های محیطی ارزیابی شده است.

با وجود ارزش بالای انرژی‌های تجدیدپذیر مانند **پنل‌های خورشیدی**، این گزینه در مقایسه با سایر اقدامات حیاتی‌تر، در جایگاه پنجم قرار گرفته است. این امر نشان می‌دهد که کارشناسان اولویت را بیش‌تر به اقدامات مستقیم زیست‌محیطی و بهداشتی داده‌اند.

پایین‌ترین امتیاز به پایش و کنترل نشت احتمالی گاز کلر تعلق گرفته است. هرچند ایمنی مهم است، اما احتمال وقوع حوادث مرتبط با کلر کم‌تر و قابل کنترل‌تر از سایر مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی در نظر گرفته شده است.

در روش WPM نیز مانند WSM، ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب بالاترین اولویت را دارد. مدیریت پسماند و فضای سبز در رتبه‌های بعدی قرار دارند و نقش مکمل در کاهش اثرات زیست‌محیطی ایفا می‌کنند. کاهش سر و صدا، انرژی خورشیدی و کنترل گاز کلر در رتبه‌های پایین‌تر قرار گرفته‌اند که بیشتر به‌عنوان اقدامات جانبی در نظر گرفته می‌شوند. تفاوت اصلی WPM نسبت به WSM

در این است که نتایج پراکندگی کمتری دارند و ثبات و پایداری رتبه‌بندی گزینه‌ها بهتر نمایان شده است.

- **رتبه‌بندی نهایی گزینه ها با استفاده از روش WASPAS**

در این مرحله، برای دست‌یابی به یک نتیجه جامع و پایدار، نتایج دو روش WSM و WPM با استفاده از ضریب تعادل $\lambda=0.5$ ترکیب گردید. در واقع، روش WASPAS به‌عنوان یک رویکرد تلفیقی، تلاش می‌کند از مزایای جمع وزنی WSM و مزایای ضرب وزنی WPM به‌طور هم‌زمان بهره‌برداری نماید.

محاسبات انجام‌شده نشان می‌دهد که ترکیب نتایج دو روش، سبب افزایش دقت، ثبات و اعتمادپذیری رتبه‌بندی گزینه‌ها شده است. براساس امتیازات نهایی حاصل از روش WASPAS، رتبه‌بندی گزینه‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. این رتبه‌بندی نهایی معیار مناسبی برای انتخاب بهترین راه‌کارها در دوره بهره‌برداری از تصفیه‌خانه محسوب می‌شود.

جدول ۴- رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

Table 4. Final ranking of alternatives

Options	Relative importance of alternatives	Normalized relative importance of options
Creating green space	6.25	0.1675
Using solar panels	5.693	0.1526
Monitoring and controlling possible chlorine gas leaks from storage tanks	5.697	0.1527
Reducing noise pollution	6.07	0.1627
Principled waste management and implementing a waste separation program at the source	6.312	0.1692
Establishing a central wastewater treatment system	7.284	0.19525
Sum of normalized relative importance of alternatives = 1		

مطابق جدول ۴، همان‌طور که از امتیاز نهایی (۷/۲۸۴) و سهم نرمال‌شده (۰/۱۹۵۲۵) مشخص است، این گزینه بالاترین اهمیت نسبی را در میان تمامی گزینه‌ها دارد. این موضوع بیان‌گر آن است که ایجاد یک سامانه جامع و متمرکز برای تصفیه پساب می‌تواند بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر پایداری و کارآیی دوره بهره‌برداری از تصفیه‌خانه داشته باشد.

گزینه مدیریت اصولی پسماند و اجرای برنامه تفکیک زباله از مبدأ با امتیاز ۶/۳۱۲ و اهمیت نسبی ۰/۱۶۹۲ در رتبه دوم قرار دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که مدیریت صحیح پسماند علاوه‌بر اثرات زیست‌محیطی، نقش مهمی در کاهش هزینه‌ها و ارتقای بهداشت عمومی دارد.

ایجاد فضای سبز (۰/۱۶۷۵) و کاهش آلودگی صوتی (۰/۱۶۲۷) به‌ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم قرار گرفته‌اند. این یافته نشان‌دهنده اهمیت توجه به ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی در کنار ملاحظات فنی است.

استفاده از پنل‌های خورشیدی (۰/۱۵۲۶) و کنترل نشت احتمالی گاز کلر (۰/۱۵۲۷) پایین‌ترین رتبه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع حاکی از آن است که اگرچه این گزینه‌ها در بهبود بهره‌برداری مؤثرند، اما نسبت به سایر راه‌کارها، اثرگذاری کم‌تری در سطح کلان تصفیه‌خانه دارند.

نتایج نشان می‌دهد که راه‌کارهای زیرساختی و مدیریتی (مانند تصفیه متمرکز و مدیریت پسماند) اولویت بیش‌تری دارند، در حالی‌که اقدامات فناورانه و تکمیلی (مانند انرژی خورشیدی و کنترل نشت کلر) بیش‌تر به‌عنوان پشتیبان مطرح می‌شوند. ترکیب این گزینه‌ها می‌تواند یک راه‌برد جامع بهره‌برداری پایدار از تصفیه‌خانه را تضمین نماید.

۵- نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و ارزیابی راه بردهای بهینه برای کاهش اثرات نامطلوب زیست‌محیطی، اجتماعی-فرهنگی، اقتصادی و فنی در دوره بهره‌برداری از

تصفیه‌خانه آب شرب پردیس بود. به‌منظور دست‌یابی به این هدف، ابتدا معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در بهره‌برداری شناسایی شده و با استفاده از روش SWARA وزن‌دهی شدند. نتایج نشان داد که معیار زیست‌محیطی دارای بیشترین اهمیت نسبی در مقایسه با سایر معیارها است و در نتیجه، توجه به پیامدهای زیست‌محیطی باید در اولویت راهبردهای مدیریتی قرار گیرد.

در ادامه، با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره WASPAS که ترکیبی از دو رویکرد WSM و WPM است، رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف کاهش اثرات نامطلوب انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که:

ایجاد سامانه مرکزی تصفیه پساب بالاترین رتبه را کسب کرد و به‌عنوان بهترین گزینه در مدیریت دوره بهره‌برداری شناخته شد.

مدیریت اصولی پسماند و اجرای برنامه تفکیک زباله از مبدأ و هم‌چنین ایجاد فضای سبز در اطراف تأسیسات در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

در مقابل، گزینه‌هایی مانند استفاده از پنل‌های خورشیدی و پایش و کنترل نشت احتمالی گاز کلر در مقایسه با سایر گزینه‌ها، اهمیت کم‌تری داشتند.

این نتایج بیان‌گر آن است که راه‌کارهای زیرساختی و مدیریتی از جمله ایجاد سامانه‌های متمرکز تصفیه و مدیریت پسماند، بیش‌ترین نقش را در ارتقای پایداری بهره‌برداری ایفا می‌کنند. در حالی‌که اقدامات فناورانه و تکمیلی می‌توانند به‌عنوان راه‌کارهای پشتیبان، در افزایش بهره‌وری و کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی و ایمنی مؤثر باشند.

به‌طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که یک رویکرد ترکیبی شامل اولویت‌دهی به اقدامات کلان زیرساختی همراه با اجرای اقدامات تکمیلی فناورانه می‌تواند زمینه‌ساز بهره‌برداری پایدار، ایمن و کارآمد از تصفیه‌خانه آب پردیس شود. این چارچوب نه‌تنها قابلیت تعمیم به سایر تصفیه‌خانه‌های کشور را دارد، بلکه می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری در برنامه‌ریزی‌های کلان حوزه آب و محیط زیست نیز قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید ایشان است.

مشارکت نویسندگان

محمد عامل‌صادقی تحلیل داده‌ها، تدوین و تفسیر مواد مطالعه را انجام داد.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسنده این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک هزینه خاصی دریافت نکرده است.

سپاسگزاری

از داوران محترم به‌خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

References

[1] Karimi AR, Mehrdadi N, Hashemian SJ, Nabi Bidhendi GR, Moghaddam RT. Selection of wastewater treatment process based on the analytical hierarchy process and fuzzy analytical hierarchy process methods. International Journal of Environmental Science and Technology (Springer). 2011; 8(2): 267-280. https://doi.org/10.1007/BF03326215.

[2] López CF, García MG, Lozano JMS. Analysis of WWTPs technologies based on the removal efficiency of pharmaceutical activated compounds for water reuse purposes: A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making approach. Journal of Water Process Engineering. 2021; 42. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102098.

[3] Mortezaeipooya SS, Ashofteh PS, Golfam P. Selecting the best approach to modeling the performance of water supply system using the combination of rough set theory with multi-criteria decision making. Water Resources Management. 2022 Jun; 36: 3129-3152. https://doi.org/10.1007/s11269-022-03193-2.

[4] Martinez S, Mar Delgado MD, Martinez Martin R, Marchamalo M, Alvarez S. Pre-construction quantification of embodied environmental impacts to promote sustainable construction projects: The case study of a diversion dam. Journal of Environmental Management. 2022 Jul; 314. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115061.

[5] Ekmekcioğlu Ö, Koc K, Dabanli I, Deniz A. Prioritizing urban water scarcity mitigation strategies based on hybrid multi-criteria decision approach under fuzzy environment. Sustainable Cities and Society. 2022 Dec; 87. https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104195.

[6] Shahsavani S, Mohammadpour A, Shooshtarian M, Soleimani H, Rezvani Ghalhari M, Badeenezhad A, Baboli Z, Morovati R, Javanmardi P. An ontology-based study on water quality: probabilistic risk assessment of exposure to fluoride and nitrate in Shiraz drinking water, Iran using fuzzy multi-criteria group decision-making models. Environmental Monitoring and Assessment. 2023; 195(35). https://doi.org/10.1007/s10661-022-10664-x.

[7] Akram M, Zahid K, Deveci M. Multi-criteria group decision-making for optimal management of water supply with fuzzy ELECTRE-based outranking method. Applied Soft Computing. 2023 Aug; 143. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110403.

[8] Keršulienė V, Zavadskas EK, Turskis Z. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). Journal of Business and Economics Management. 2011 Jun; 11(2): 243-258. https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12.

[9] Khodadadi MR, Hashemkhani Zolfani S, Yazdani M, Zavadskas EK. A hybrid MADM analysis in evaluating process of chemical wastewater purification regarding to advance oxidation processes. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management. 2017 Sep; 25(3): 277-288. https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1281140.

[10] Zavadskas EK, Turskis Z, Antucheviciene J. Optimization of weighted aggregated sum product assessment. Journal of Electronics Electrical Engineering. 2012 Jun; 122(6): 3-6. https://doi.org/10.5755/j01.eee.122.6.1810.

[11] Fishburn PC. Additive utilities with incomplete product set: Applications to priorities and assignments. Operations Research Society of America (ORSA). Baltimore. MD. U.S.A. 1967 Jun; 15(3): 537-542. https://doi.org/10.1287/opre.15.3.537.

[12] Miller DW, Starr MK. Executive decisions and operations research. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall; 1969.