

## Research Paper

## Prioritization of Sewer Network Design Alternatives Using the AHP and TOPSIS Approaches

Maedeh , Sadeghpour Haji <sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Civil Engineering, QaS.C., Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran; [sadeghpour13@iau.ir](mailto:sadeghpour13@iau.ir)



10.22125/iwe.2025.520128.1878

Received:

**April 29, 2025**

Accepted:

**September 27, 2028**

Available online:

**December 25, 2025**

Keywords:

**Sewer Network, Multi-Criteria Decision-Making, Topsis, AHP**

### Abstract

This study applies multi-criteria decision-making (MCDM) methods to prioritize sewer network design alternatives in Alasht city, Mazandaran Province, Iran, where a significant elevation difference of about 300 meters complicates network planning. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to assign weights to technical (0.55), socio-economic (0.15), environmental (0.10), and managerial (0.20) criteria, while the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was applied for ranking. Results showed that the number of pumping manholes, the length of pressurized pipelines, and the potential for treatment plant expansion were the most influential sub-criteria. Among four alternatives, the central treatment plant in the south of Alasht achieved the highest priority (score: 0.69). This option offers higher hydraulic efficiency, easier operation and maintenance, and stronger environmental sustainability compared to other alternatives.

## 1 Introduction

Wastewater management is a critical challenge in developing countries such as Iran, where urban growth increases the need for efficient sewer networks. Designing such systems requires balancing technical, environmental, economic, and social factors that are often conflicting. Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods offer a systematic way to prioritize alternatives. Recent studies have applied hybrid approaches such as fuzzy AHP for site selection and AHP–TOPSIS for network rehabilitation, showing improved in decision-making. This study extends these efforts by applying a combined AHP–TOPSIS framework to the design of the Alasht sewer network, a mountainous area with significant elevation differences.

## 2 Materials and Methods

The study area is the mountainous city of Alasht, Mazandaran Province, Iran, located at an elevation of about 1800 to 1900 m above sea level. Due to steep topographic variations (over 300 m), three main zones—Shahriarkola, Alasht, and Golian—were identified for sewer network design. Currently, wastewater is disposed through absorption wells and open channels, posing risks to groundwater and public health.

Four design alternatives were proposed, including a central treatment plant and distributed package units. Evaluation was based on four main criteria—technical, economic-social, environmental, and managerial—with 19 sub-criteria. Criteria weights were determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) through pairwise comparisons by 15 experts, with a consistency ratio below 0.1. The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) was then applied to rank the alternatives according to their relative closeness to ideal positive and negative solutions

## 3 Results

The AHP method was applied to assign weights to four main criteria and nineteen sub-criteria. Technical criteria received the highest weight (0.55), followed by managerial (0.20), economic-social (0.15), and environmental (0.10). Hydraulic analysis using Sewer GEMS revealed key parameters for each of the four design alternatives, including sewer length, pressure line length, number of manholes, pumping stations, and treatment capacities. TOPSIS ranking indicated that Option 1—a centralized treatment plant serving all three zones achieved the highest similarity index (0.6925), followed by Options 3, 2, and 4. Sub-criteria with the greatest influence were the number of pumping manholes, pressure line length, reuse potential, and capacity for future expansion.

## 4 Discussion and Conclusion

The centralized treatment plant in Option 1 offers multiple technical, economic, and environmental advantages. Technically, it reduces the number of pressure lines, pumping stations, and manholes, optimizing hydraulic efficiency. Economically, combining treatment processes in a single facility lowers operation, maintenance, energy, and personnel costs compared to multiple decentralized packages. From a managerial perspective, centralized operation simplifies monitoring, maintenance, and emergency response while facilitating future capacity expansion through modular design. Environmentally, concentrating treatment reduces pollutant release, minimizes risk of leakage, and allows for large-scale wastewater reuse, supporting sustainable water management. These findings align with previous studies emphasizing the critical role of technical criteria in wastewater network design, while the present study innovatively integrates technical, economic-social, environmental, and managerial factors in a mountainous region with substantial elevation differences (~300 m). The combined AHP-TOPSIS approach enhances transparency, accuracy, and reliability in decision-making, providing a replicable framework for selecting optimal wastewater network designs in similar topographical conditions. Overall, Option 1 is recommended as the most feasible and sustainable solution for the Alāsht region

### Six important references

1) Al-Quraishi, A.M.F., Kadhim, A.J. & Al-Obaidy, A.H. 2022. Integration of fuzzy AHP and GIS for optimal site selection of wastewater treatment plants in Basra, Iraq. *Open Engineering*, 12(1): 503-514.

- 2) Al-Shammakhi, M., Al-Harthy, A. & Al-Yahyai, F. 2023. Multi-Criteria Decision-Making approach for wastewater treatment plant site selection: A case study in Oman. *Urban Science*, 7(3): 82.
- 3) Chebbah, M., Benyoucef, L. & Ait-Kadi, M. 2022. Prioritization of maintenance work in wastewater networks using a combined AHP–WPM–TOPSIS approach: Case of Algeria. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(2): 183-195.
- 4) Haddad, B. & Ait-Kadi, M. 2023. Hybrid MCDM models with sensitivity analysis for sustainable wastewater and waste management. *Sustainability*, 15(8): 6526.
- 5) Noori, A., Bonakdari, H., Salimi, A. & Gharabaghi, B. 2021. Application of fuzzy MCDM techniques for water supply choice optimization. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193: 141.
- 6) Wu, D. & Abdul-Nour, G. 2020. Multi-Criteria Decision Making in wastewater management: A review and case applications. *Infrastructures*, 5(3): 1-20.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.

## اولویت بندی گزینه‌های طراحی شبکه فاضلاب با روش AHP و تاپسیس

مآنده صادقپور حاجی<sup>۱</sup>

تاریخ ارسال: ۱۴۰۴/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

مقاله پژوهشی

### چکیده

به منظور انتخاب بهینه در طراحی شبکه‌های فاضلاب، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) رویکردی کارآمد محسوب می‌شود. در این پژوهش با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، وزن‌دهی به معیارها انجام شد و سپس اولویت‌بندی گزینه‌ها با بهره‌گیری از روش تاپسیس (TOPSIS) صورت گرفت. چهار معیار اصلی شامل جنبه‌های فنی، اقتصادی-اجتماعی، محیط‌زیستی و مدیریتی در نظر گرفته شد که به ترتیب وزن‌های ۰/۵۵، ۰/۱۵، ۰/۱۰ و ۰/۲۰ را به خود اختصاص دادند. برای این معیارها در مجموع نوزده زیرمعیار (هشت فنی، چهار اقتصادی-اجتماعی، سه محیط‌زیستی و چهار مدیریتی) تعریف شد. با توجه به اختلاف ارتفاع قابل توجه (حدود ۳۰۰ متر) در محدوده مطالعه، سه زون اصلی شهریارکلا، آلاشت و گلیان در طراحی شبکه لحاظ گردید و چهار گزینه مختلف پیشنهاد شد. نتایج نشان داد شاخص‌هایی همچون تعداد منهول‌های پمپاژ، طول خطوط تحت فشار و امکان توسعه تصفیه‌خانه بیشترین اهمیت را در میان زیرمعیارها دارند. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده، گزینه اول (احداث تصفیه‌خانه مرکزی در جنوب شهر آلاشت) با امتیاز ۰/۶۹۲۵ بالاترین اولویت را کسب کرد و پس از آن به ترتیب گزینه‌های سوم، دوم و چهارم قرار گرفتند. این گزینه علاوه بر سهولت توسعه ظرفیت در آینده و مدیریت بهره‌برداری، از منظر فنی با کاهش خطوط تحت فشار و تعداد ایستگاه‌های پمپاژ موجب بهبود راندمان هیدرولیکی شبکه می‌شود و از نظر محیط‌زیستی نیز با تمرکز فرآیند تصفیه در یک نقطه، کنترل آلاینده‌ها و کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی را تسهیل می‌نماید. بدین ترتیب، استفاده همزمان از AHP و TOPSIS چارچوبی مناسب برای تصمیم‌گیری بهینه در طراحی شبکه‌های فاضلاب در مناطق کوهستانی ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: شبکه فاضلاب، تصمیم‌گیری چند شاخصه، تاپسیس، تحلیل سلسله‌مراتبی.

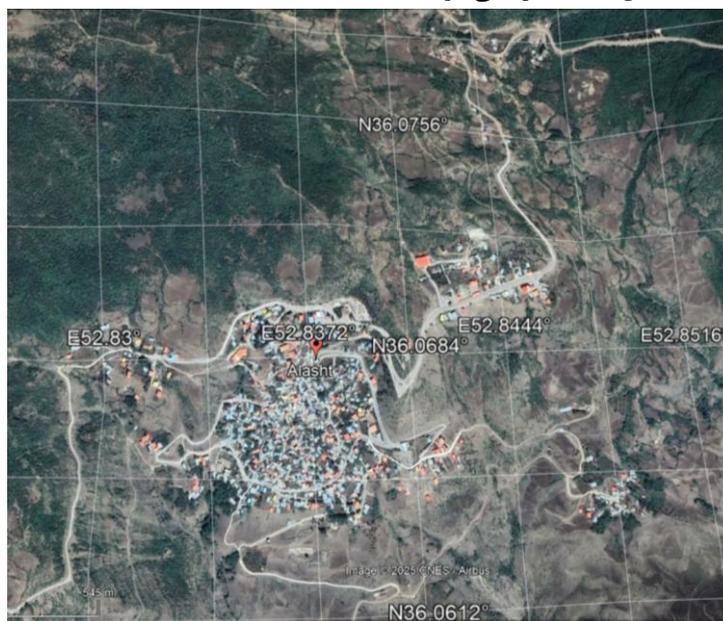
<sup>۱</sup> استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران، تلفن تماس: ۰۹۱۱۲۱۴۲۶۴۸ | [sadeghpour13@iau.ir](mailto:sadeghpour13@iau.ir)

## مقدمه

رتبه بندی گزینه ها و دیگری هدف ارزیابی معیارها می باشد (Tzeng and Huang, 2011; Smith, 2010). نوری و همکاران (۲۰۲۱) از روش های تصمیم گیری چند معیاره نظیر الکتراه و تاپسیس فازی جهت مشخص نمودن بهترین گزینه برای منابع تامین آب استفاده نموده اند. محققان از مدل تصمیم گیری گروهی چند معیاره فازی تاپسیس برای برنامه ریزی فعالیتهای بازسازی شبکه های توزیع آب استفاده کردند. از مشخصات اصلی این مدل میتوان به قابلیت تحلیل همزمان معیارهای گسترده نامتجانس و مؤثر در امر بازسازی شبکه های توزیع آب و همچنین امکان تطبیق این معیارها با شرایط منطقه مورد مطالعه اشاره نمود (Morais and Almeida, 2010). در پژوهش های دیگری نیز جهت اولویت بندی اجرای طرحهای بازسازی شبکه های توزیع آب از مدل تصمیم گیری چند معیاره استفاده گردید. کاربرد MCDM در طراحی شبکه های آب و فاضلاب، به بهبود تصمیم گیری و اولویت بندی گزینه ها و عملکرد معیارها کمک چشمگیری کرده است (Hwang and Yoon, 1981; Wu and Abdul-Nour, 2020). همچنین، پژوهشگران دیگری در بصره (عراق) با ادغام مدل فازی AHP و GIS، موقعیت مکانی مناسب برای احداث تاسیسات تصفیه فاضلاب را تحلیل و مورد بررسی قرار دادند (Quraishi et al., 2022). مطالعه ای دیگر در عمان، از رویکرد MCDM برای انتخاب محل تصفیه خانه فاضلاب استفاده کردند. مکانیابی بر اساس شاخص هایی نظیر محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی صورت پذیرفت (Al-Shammakhi et al., 2023). اخیراً ترکیب AHP-TOPSIS برای اولویت بندی اجرای تعمیرات شبکه های فاضلاب در الجزایر معرفی شد. استفاده از این روش های ترکیبی برای تصمیم گیری روشی جدید در اولویت بندی تعمیرات شبکه فاضلاب می باشد (Chebbah et al., 2022). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که استفاده از مدل های ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره مانند AHP-TOPSIS و AHP-VIKOR، ضمن افزایش دقت انتخاب گزینه ها، نتایج پایدارتری نسبت به تغییر وزن معیارها ارائه می دهد (Haddad and Ait-Kadi, 2023). بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که در مطالعات مختلف، از مدل های تصمیم گیری گروهی و چند شاخصه مانند Fuzzy TOPSIS، ELECTRE و VIKOR جهت بهینه سازی انتخاب در پروژه های آب و فاضلاب استفاده شده است. با وجود مطالعات

در گذشته های دور، به دلیل جمعیت اندک و زندگی در اجتماعات کوچک، مسأله ای به نام فاضلاب به شکل امروزی مطرح نبود. با رشد شهرنشینی ضرورت جمع آوری و تصفیه فاضلاب ها بیش از پیش احساس گردید. امروزه، مدیریت فاضلاب در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران از اهمیت ویژه ای برخوردار است و حل این مسئله بدون بهره گیری از دانش متخصصان و تکنسین های مجرب امکان پذیر نمی باشد. در طراحی شبکه های آب و فاضلاب شهری، انتخاب گزینه بهینه نیازمند روشی نظام مند و علمی است. در تحقیقی که توسط صالحی و همکاران (۱۳۹۵) صورت گرفت مدلی برای برنامه ریزی و اولویت بندی لوله ها جهت اجرای طرحهای بازسازی در نظر گرفته شد. این روند تصمیم گیری که بر پایه مدل های تصمیم گیری چند متغیره MADM تولید شده است. در هسته تحلیلگر آن از مدل Fuzzy TOPSIS استفاده شد. طراحی شبکه، با استفاده از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره می تواند با در نظر گرفتن معیارهای متفاوت برای تصمیم گیری که گاهی با یکدیگر در تعارض هستند، به طریقی عقلایی تصمیم سازی نماید. این دسته از روش ها در دسته تحقیق در عملیات قرار گرفته و کاربردهای بسیاری در مدیریت و مهندسی دارند. برای استفاده از انواع مختلف روش های تصمیم گیری چند معیاره ابتدا باید هدف مشخص شود. اگر هدف تعیین وزن معیارهای تصمیم گیری باشد باید از روش هایی مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فرایند تحلیل شبکه، روش بهترین-بدترین و یا روش سوارا استفاده کرد. اگر هدف انتخاب گزینه بهینه طراحی باشد می توان از روش هایی مانند تاپسیس یا ویکور استفاده کرد (قدسی پور، ۱۳۸۹). در تحقیق دیگری صالحی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی همزمان معیارهای فنی و غیر فنی برای تعیین اهمیت نواحی مختلف شبکه و لوله های مرتبط برای بازسازی پروژه با استفاده از تکنیک تاپسیس پرداختند و تعیین نمودند کدامیک از شبکه ها و لوله های مرتبط با آن از اولویت بالاتری جهت بازسازی برخوردار می باشند. روشهای تصمیم گیری چند معیاره به دو دسته تصمیم گیری چند هدفه و تصمیم گیری چند شاخصه تقسیم می شوند. هدف از تصمیم گیری انتخاب بهترین گزینه یا وزن دهی به عوامل تصمیم گیری است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹). هر روش تصمیم گیری وظیفه خاصی دارد یکی هدف وزن دهی به معیارها، یکی هدفش

بررسی توپوگرافی منطقه نشان می‌دهد که شیب کلی از شمال به جنوب است و اختلاف ارتفاع چشمگیری بین زون‌های مختلف وجود دارد. توپوگرافی آلاشت به انضمام روستاهای گلیان و شهریارکلا به نحوی است که شیب عمومی از سمت شمال به سمت جنوب و با حرکت به سمت جنوب از ارتفاع کاسته می‌شود. لازم به ذکر است از نظر ارتفاعی شهر آلاشت ( با ارتفاع حدودی ۱۶۰۶-۱۸۱۱) مرتفع تر از روستای گلیان ( با ارتفاع حدودی ۱۴۸۹-۱۵۶۰) می‌باشد اما روستای شهریار کلا ( با ارتفاع حدودی ۱۷۱۷-۱۸۷۰) از آلاشت مرتفع تر بوده و کدهای ارتفاعی بالاتری را شامل می‌شود. عکس هوایی از موقعیت محدوده طرح در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل (۱): عکس هوایی از موقعیت محدوده طرح ( long: 52.83-52.85, lat: 36.06-36.07)

متعدد در زمینه اولویت‌بندی و بازسازی شبکه‌های آب و فاضلاب، پژوهش‌های محدودی به طراحی بهینه شبکه‌های فاضلاب در مناطق کوهستانی با اختلاف ارتفاع زیاد پرداخته‌اند. این پژوهش در صدد پر کردن این خلا با بهره‌گیری از روش ترکیبی AHP- TOPSIS است.

## مواد و روش‌ها

### محدوده طرح:

شهر آلاشت از توابع شهرستان سوادکوه در استان مازندران، در ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۱۹۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. این محدوده شامل شهر آلاشت (به مساحت ۵۵/۸ هکتار)، روستای شهریارکلا (۸/۷ هکتار) و روستای گلیان (۴ هکتار) می‌شود.

## اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از ترکیب روش AHP و TOPSIS:

جهت اولویت‌بندی گزینه‌ها، ابتدا با استفاده از روش AHP وزن معیارها و زیرمعیارها تعیین شد و سپس با بهره‌گیری از مدل TOPSIS گزینه‌ها رتبه‌بندی شدند. وزن‌دهی به معیارها از طریق مقایسات زوجی توسط کارشناسان خبره و با نرم‌افزار Expert Choice انجام شد و نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ به دست آمد که نشان‌دهنده اعتبار نتایج است. در ادامه با استفاده از تکنیک TOPSIS، فاصله هر گزینه از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه و اولویت‌بندی نهایی انجام گردید.

شهر آلاشت فاقد شبکه جمع‌آوری فاضلاب بهداشتی است. فاضلاب انسانی عمدتاً از طریق چاه‌های جذبی دفع می‌شود که خطر آلودگی منابع آب زیرزمینی را به همراه دارد. سایر خطرات آلودگی نیز به‌طور مستقیم وارد جوی‌های سطحی می‌شود که علاوه بر بوی تعفن و منظره نامطلوب، تهدیدی برای بهداشت عمومی محسوب می‌شود.

## روش AHP:

فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process) یا به اختصار AHP، ابزاری برای حل مسائلی است که باید به صورت تحلیلی حل شوند ولی متاسفانه شکلی لایه لایه دارند. این روش امکان تعریف یک چارچوب بهتر، ساده تر و موثرتر برای تعیین معیارهای انتخاب، محاسبه وزن و آنالیز آن ها می باشد. معیارها در قالب پرسشنامه حاوی ماتریس مقایسات زوجی در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان شامل کارشناسان شرکت های آب و فاضلاب، طراحان شرکت های مشاور و اساتید دانشگاه قرار گرفت. در این روش معیارها به صورت دو به دو با یکدیگر مقایسه می شوند و به آنها امتیاز داده می شود. این امتیازدهی در مقیاس ۹ تا ۱ به صورت مقادیر ترجیحات همانند جدول (۱) می باشد.

جدول (۱): مقادیر ترجیحات برای ماتریس مقایسه زوجی

وزن ترجیحی / اهمیت	توضیحات
۱	ترجیح برابر
۳	ترجیح متوسط
۵	ترجیح قوی
۷	ترجیح خیلی قوی
۹	ترجیح بینهایت
۸و۴و۲	مقادیر بینابینی

استفاده از مقایسه های زوجی برای تعیین اهمیت نسبی مؤلفه های هر سطح نسبت به سطح بالاتر، باعث افزایش دقت و ایجاد امکان مقایسه داده ها در هر سطح خواهد شد. این روش بر اساس مراحل زیر می باشد.

الف- تعریف مسئله؛ ب- نمایش ساختار؛ ج- مقایسه زوجی معیارها در هر سطح؛ د- محاسبه وزن در هر سطح؛ ه- تست سازگاری؛ و- تعیین اولویت

یکی از مزایای مهم فرایند تحلیل سلسله مراتبی، اندازه گیری سازگاری هر ماتریس است. شیوه محاسبه نرخ سازگاری را به صورت مراحل زیر است:

- ۱- در گام اول ماتریس مقایسات زوجی شاخص ها را در بردار وزن های نسبی به دست آمده از آن ضرب می گردد.
- ۲- در گام دوم، جواب حاصل را بر بردار وزن های نسبی شاخص ها تقسیم شده تا بردار سازگاری به دست آید.
- ۳- در گام سوم، میانگین حسابی عناصر این بردار را به دست آورده که  $\lambda$  نامیده می شود.

۴- در گام چهارم، شاخص سازگاری حساب می شود:

(۱)

$$\pi = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

۵- در گام پنجم شاخص IRI بر اساس n (تعداد شاخص ها)، از جدول شاخص سازگاری ماتریس تصادفی زیر استخراج شده و نرخ سازگاری (IR) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$IR = \frac{\pi}{IRI} \quad (۲)$$

که جدول شاخص سازگاری ماتریس تصادفی به قرار جدول (۲) است:

جدول (۲): شاخص سازگاری

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IRI	۰	۰	۰.۵۸	۰.۹	۱.۱۲	۱.۲۴	۱.۳۲	۱.۴۱	۱.۴۵	۱.۵۱
IR			۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱

اگر نرخ سازگاری محاسبه شده فوق کمتر از ۰/۱ بود می توان به نتایج ارزیابی ها اعتماد نمود (قدسی پور، ۱۳۸۹). در این پژوهش پس از تشکیل ماتریس تصمیم و انجام مقایسات زوجی توسط کارشناسان، وزن معیارها و نرخ سازگاری با نرم افزار Expert Choice محاسبه گردید.

## روش TOPSIS:

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد و یکی از بهترین مدل های تصمیم گیری چند شاخصه می باشد. این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. در این روش m گزینه بوسیله n شاخص ارزیابی می شود. پس از آنکه گزینه ها و شاخص های ارزیابی آنها مشخص شدند به هر گزینه براساس هر شاخص نمره ای تعلق می گیرد. این مقادیر می تواند براساس آمارهای موجود باشید یا براساس دیدگاه خبرگان تعیین شود. در روش تاپسیس، حل ایده آل حلی است که سود معیارها/مشخصه ها را ماکزیمم می کند و هزینه معیارها/مشخصه ها را مینیمم می کند در حالی که حل ایده آل منفی (که حل غیر ایده آل نیز نامگذاری شده است) حلی است

<sup>1</sup> Hwang & Yoon

براساس این مدل، بهترین مقادیر برای شاخص منفی کوچکترین عدد ماتریس و بدترین مقادیر برای شاخص منفی بزرگترین عدد ماتریس است و عکس این مطلب برای شاخص مثبت می‌باشد.

مرحله ۵- محاسبه فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی. رابطه (۷) و رابطه (۸):

(۵)

$$di^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

(۶)

$$di^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

مرحله ۶- تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل (Ci) . رابطه (۹):

$$Ci = \frac{di^-}{di^- + di^+} \quad (۷)$$

مرحله ۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس مقدار Ci، به صورت نزولی از Ci بیشتر به کمتر مرتب می‌شود. در این مرحله گزینه‌ها براساس شاخص شباهت بدست آمده رتبه‌بندی می‌شوند، به طوری که گزینه‌های با شاخص شباهت بیشتر در اولویت قرار دارند.

### گزینه‌ها و معیارهای مورد بررسی محدوده طرح

پس از بررسی حالت‌های مختلف و با توجه به کوهستانی بودن منطقه و وجود اختلاف ارتفاع بسیار زیاد (بالغ بر ۳۰۰ متر) در محدوده مورد مطالعه، جهت طراحی شبکه جمع‌آوری فاضلاب منطقه مذکور سه زون اصلی شامل شهریارکلا، آلاشت و گلیان در نظر گرفته شد که در شکل ذیل آمده است.

که هزینه معیارها/ مشخصه‌ها را ماکزیمم نموده و سود معیارها/ مشخصه‌ها را مینیمم می‌کند. بهترین آلترناتیو، آلترناتیوی است که نزدیکترین به حل ایده‌آل مثبت و در عین حال دورترین از حل ایده‌آل منفی باشد. از نقطه نظر هندسی، یک تقریب آن است که گزینه‌ای در نظر گرفته شود که مینیمم فاصله اقلیدسی را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و همزمان نیز دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی داشته باشد (Chen, 2000). از آنجا که در روش تاپسیس وزن معیارها به دست نمی‌آید باید از روش‌های دیگر نظیر AHP برای محاسبه وزن معیارها استفاده کرد. اما در این روش با شاخص برگزینی به روش شاخص:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله ۲- بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم‌گیری (N).

$$nij = \frac{aij}{\sqrt{\sum_{i=1}^m aij^2}} \quad (۳)$$

مرحله ۳- بدست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V).

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (۴)$$

ماتریس قطری وزن‌ها که از روش آنتروپی بدست آمده است.

مرحله ۴- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی:

$$V_j^+ \text{ (راه‌حل ایده‌آل مثبت): بهترین مقادیر هر شاخص ماتریس } V$$

$$V_j^- \text{ (راه‌حل ایده‌آل منفی): بدترین مقادیر هر شاخص ماتریس } V$$



شکل (۲): زون‌های پیشنهادی شبکه فاضلاب شامل آلاشت، شهر یارکلا و گلیان (long: 52.83-52.85, lat: 36.06-36.07)

استفاده از پکیج مجزا برای هر سه بخش مذکور لحاظ گردید. معیارهای مورد بررسی در انتخاب گزینه برتر شامل ارزیابی فنی، اقتصادی-اجتماعی، محیط زیستی و مدیریتی می‌باشند. در این تحقیق، معیارهای اصلی و زیر معیارهایی است که در رسیدن به هدف تأثیرگذار هستند در جدول (۳) آمده است. در برای هر کدام از معیارهای ذکر شده به ترتیب هشت، چهار، سه و چهار زیر معیار مورد بررسی قرار گرفت.

با توجه به این سه زون به منظور طراحی شبکه جمع آوری فاضلاب شهر آلاشت چهارگزینه در نظر گرفته شد. گزینه اول استفاده از تصفیه‌خانه مرکزی در جنوب شهر آلاشت می‌باشد. گزینه دوم استفاده از پکیج تصفیه برای گلیان و به تبع آن حذف خطوط تحت فشار مربوطه، فاضلاب آلاشت و شهر یارکلا نیز در پکیج واقع در محل پیشنهادی تصفیه خانه تخلیه خواهد شد. درگزینه سوم، تصفیه‌خانه برای آلاشت و شهر یارکلا و پکیج تصفیه برای روستای گلیان در نظر گرفته شد. درگزینه چهارم

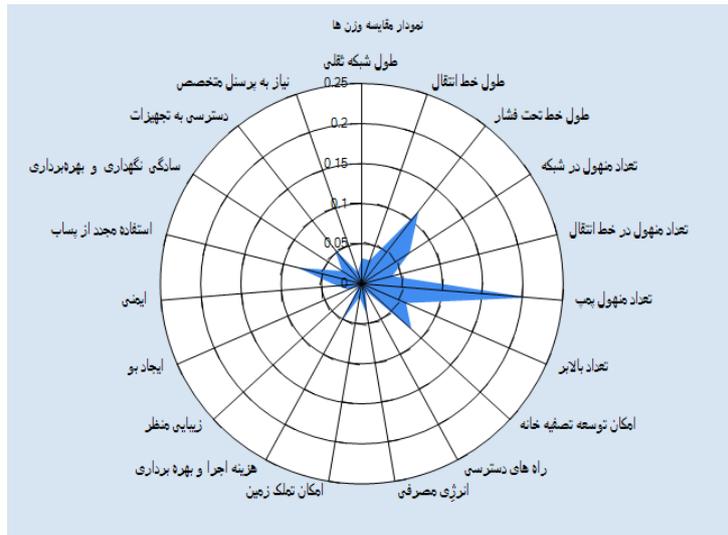
جدول (۳): معیارها و زیر معیارهای مورد بررسی برای گزینه‌های مختلف

طول شبکه ثقلی	ارزیابی فنی
طول خط انتقال	
طول خط تحت فشار	
تعداد منهول در شبکه	
تعداد منهول در خط انتقال	
تعداد منهول پمپ	اقتصادی- اجتماعی
تعداد بالابر	
امکان توسعه تصفیه خانه	
راههای دسترسی	
انرژی مصرفی	
امکان تملک زمین	محیط زیستی مدیریتی
هزینه اجرا و بهره برداری	
زیبایی منظر	
ایجاد بو	
ایمنی	
استفاده مجدد از پساب	نیاز به پرسنل متخصص
سادگی نگهداری و بهره‌برداری	
دسترسی به تجهیزات	

**بحث و بررسی:**

تصمیم‌گیری به عنوان یک فرآیند ذهنی پیچیده، یک برنامه حل مسئله است که هدف آن تعیین نتیجه‌ی مطلوب با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف است. این فرآیند می‌تواند منطقی یا غیر منطقی باشد و به علاوه، ممکن است از فرضیات ضمنی یا صریحی استفاده کند. تمامی این جنبه‌ها به همراه سطح اختیار و ریسک، می‌تواند بر سطح پیچیدگی یک فرآیند تصمیم‌گیری تأثیر بگذارد. در حال حاضر، مسائل پیچیده تصمیم‌گیری می‌توانند با استفاده از معادلات ریاضی، آمارهای متنوع، نظریه‌های اقتصادی و دستگاه‌های کامپیوتری حل شوند که به حساب آوردن و برآورد حل مسئله‌های تصمیم‌گیری به صورت خودکار کمک می‌کنند. لذا ارائه یک شیوه موفق که بتواند تمام معیارهای مؤثر در اولویت بندی گزینه‌های طراحی شبکه فاضلاب را در نظر بگیرد ضروری است. این روش، معیارهای کیفی و کمی مختلفی را برای پیدا کردن بهترین راه‌حل در نظر

می‌گیرد. این عوامل شامل ارزیابی فنی، اقتصادی- اجتماعی، محیط زیستی و مدیریتی است. در این تحقیق وزن دهی به چهار معیار اصلی و نوزده زیر معیار که در جدول بالا آمده است، با روش تحلیل سلسله مراتبی صورت پذیرفت. مقایسه دو به دو معیارها و زیر معیارها با استفاده از مقیاسی که از ترجیح یکسان تا بی اندازه، طراحی شده است بر طبق نظر کارشناسان و خبرگان به صورت کمی و کیفی انجام می‌گیرد. در این تحقیق انجام ماتریس مقایسات زوجی در نرم افزار Expert Choice صورت پذیرفت. معیارهای فنی، اقتصادی- اجتماعی، محیط زیستی و مدیریتی به ترتیب وزن‌های ۰/۵۵، ۰/۱۵، ۰/۱، ۰/۲، دارا می‌باشند و وزن زیر معیارها در نمودار زیر آمده است. در بررسی زیر معیارها مشخص گردید به ترتیب تعداد منهول پمپ، طول خط تحت فشار، استفاده مجدد از پساب و امکان توسعه تصفیه خانه به ترتیب وزن‌های بالاتری را نسبت به سایر زیر معیارها به خود اختصاص داده‌اند.



نمودار (۱): وزن زیر معیارهای مورد بررسی

۲ عدد می‌باشد. در این گزینه ظرفیت پکیج تصفیه گلیان ۳۶ و ظرفیت پکیج تصفیه آلاشت و شهریار کلا ۹۳۷ مترمکعب در روز است.

گزینه سوم استفاده از تصفیه‌خانه برای آلاشت و شهریار کلا و استفاده از پکیج تصفیه برای روستای گلیان و حذف خطوط تحت فشار مربوطه می‌باشد. در این گزینه طول خطوط تحت فشار، خطوط ثقیلی و عمق کارگزاری لوله‌ها و منهول‌ها مشابه گزینه دوم می‌باشد و صرفاً نحوه تصفیه فاضلاب شهریار کلا و آلاشت نسبت به گزینه متفاوت می‌باشد.

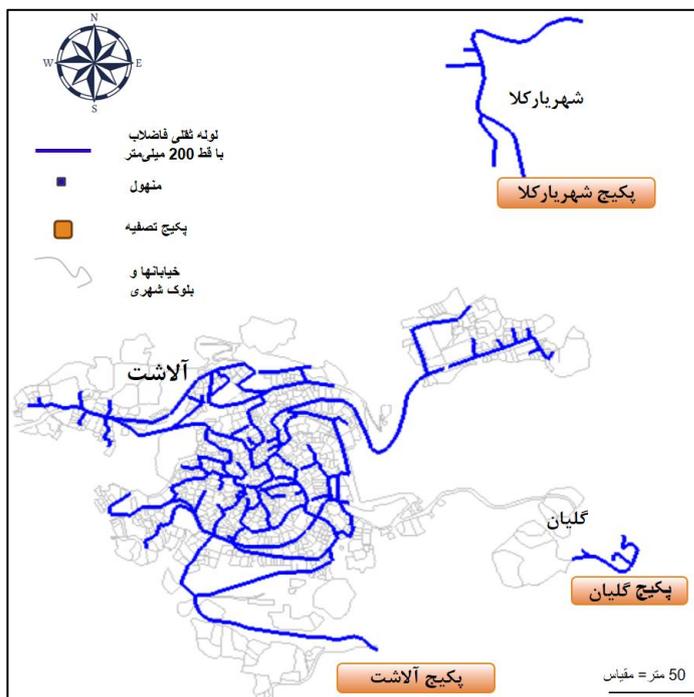
گزینه چهارم استفاده از پکیج برای هر سه بخش مذکور به صورت مجزا می‌باشد. در این گزینه خطوط انتقال مربوط به گلیان و شهریار کلا حذف می‌گردد. طول شبکه ثقیلی ۱۲۸۲۵، طول خط انتقال ثقیلی ۶۰۶ و طول خط تحت فشار ۷۹۵ متر می‌باشد. تعداد منهول‌ها در شبکه ۳۹۵، تعداد منهول در خط انتقال ۱۴، تعداد منهول پمپ‌ها ۴ و تعداد بالابر ۳ عدد می‌باشد. در این گزینه ظرفیت پکیج‌های تصفیه آلاشت، گلیان و شهریار کلا به ترتیب برابر با ۹۲۷، ۳۶ و ۱۰ مترمکعب در روز است.

در شکل زیر مشخصات شبکه فاضلاب در گزینه چهارم محدوده طرح شامل سه زون شهریار کلا، آلاشت و گلیان نشان داده شده است.

پارامترهای مهم در کنترل شرایط هیدرولیکی شبکه فاضلاب شامل طول شبکه ثقیلی، طول خط انتقال، طول خط تحت فشار، تعداد منهول در شبکه، تعداد منهول در خط انتقال، تعداد منهول پمپ، تعداد ایستگاه بالابر می‌باشند که تحلیل آنها با نرم افزار سوئرجمز صورت گرفت. در بررسی این طرح فاضلاب با نرم افزار سوئرجمز، پارامترهای هیدرولیکی در چهار گزینه اصلی به شرح ذیل می‌باشد.

گزینه اول استفاده از تصفیه‌خانه مرکزی در جنوب شهر آلاشت می‌باشد. بدین منظور فاضلاب شهریار کلا، آلاشت و گلیان بصورت ثقیلی به تصفیه‌خانه منتقل می‌شود. در این گزینه طول شبکه ثقیلی ۱۲۸۹۰، طول خط انتقال ثقیلی ۱۹۰۷ و طول خط تحت فشار ۱۱۵۸ متر می‌باشد. تعداد منهول‌ها در شبکه ۳۹۵، تعداد منهول در خط انتقال ۴۵، تعداد منهول پمپ‌ها ۵ و تعداد بالابر ۱ عدد می‌باشد. در این گزینه ظرفیت تصفیه‌خانه ۹۷۳ مترمکعب در روز است.

گزینه دوم استفاده از پکیج تصفیه برای گلیان و حذف خطوط تحت فشار مربوطه (۳۴۵ متر) می‌باشد. در این گزینه فاضلاب آلاشت و شهریار کلا نیز در پکیج واقع در محل پیشنهادی تصفیه‌خانه تخلیه خواهد شد. طول شبکه ثقیلی ۱۲۸۹۰، طول خط انتقال ثقیلی ۱۰۹۰ و طول خط تحت فشار ۸۱۳ متر می‌باشد. تعداد منهول‌ها در شبکه ۳۹۵، تعداد منهول در خط انتقال ۲۱، تعداد منهول پمپ‌ها ۴ و تعداد بالابر



شکل (۳): مشخصات شبکه فاضلاب در گزینه چهارم در نرم افزار سوئرجمز

انجا که این مقدار کمتر از ۰/۱ است مورد تایید است. براساس روش تاپسیس گزینه‌ها در محیط نرم‌افزار Excel با توجه به مثبت یا منفی بودن شاخص مورد تحلیل قرار گرفت. در این روش هم از نظر کارشناسان و هم خروجی‌های نرم افزار سوئرجمز، به صورت کیفی و کمی برطبق گام‌های ذکر شده از روابط (۳) تا (۷) استفاده گردید. برای نمره دهی کیفی از طیف لیکرت ۵ مرحله‌ای از خیلی کم تا بسیار خوب به ترتیب از یک تا ۵ امتیازبندی گردید. بخشی از روند اولویت بندی گزینه‌ها به همراه محاسبات آن و شاخص شباهت و نزدیکی به ایده آل مثبت و منفی در جداول و نمودار زیر ادامه آمده است. فاصله گزینه‌ها از گزینه‌های ایده آل مثبت و منفی با روش اقلیدسی سنجیده می‌شود.

بررسی گزینه‌ها بر اساس معیارها و زیر معیارها با وزن‌های متفاوت صورت گرفت. از آنجا که در روش تاپسیس وزن معیارها به دست نمی‌آید، جهت اولویت‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش تاپسیس ابتدا شاخص‌های در نظر گرفته شده براساس روش AHP در نرم افزار Expert Choice بر اساس ماتریس مقایسات زوجی وزن دهی شد. روش AHP، روشی منطبق بر نظر خبرگان است بدین صورت که پرسشنامه مقایسه زوجی در اختیار خبرگان و کارشناسانی قرار گرفت که بر همه معیارها و گزینه‌های مسئله اشراف و تسلط داشتند و نظرات خودشان را جهت وزن دهی به معیارها اعلام نمودند. نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی حاصل از نظر کارشناسان طبق فرمول‌هایی که در بخش قبل آمده است برابر با ۰/۰۹ شد از

جدول (۴): گزینه‌ها و شاخص‌ها برای ماتریس تصمیم

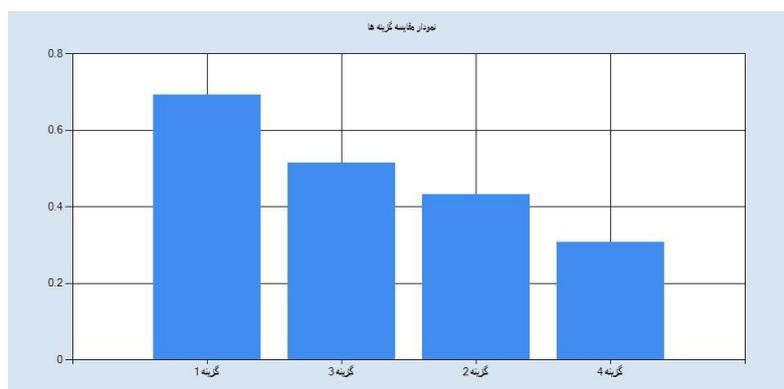
گزینه ۴	گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	
۱۲۸۲۵	۱۲۸۹۰	۱۲۸۹۰	۱۲۸۹۰	طول شبکه ثقلی
606	1090	1090	1907	طول خط انتقال
795	813	813	1158	طول خط تحت فشار
395	395	395	395	تعداد منهول در شبکه
14	21	21	45	تعداد منهول در خط انتقال
4	4	4	5	تعداد منهول پمپ
2	1	1	0	تعداد بالابر
1	2	1	3	امکان توسعه تصفیه خانه
2	3	3	5	راه‌های دسترسی
5	3	3	2	انرژی مصرفی
5	4	3	1	امکان تملک زمین
۵	۳	۳	۲	هزینه اجرا و بهره‌برداری
۱	۳	۲	۵	زیبایی منظر
۵	۳	۲	۱	ایجاد بو
۳	۴	۳	۴	ایمنی
۱	۲	۲	۵	استفاده مجدد از پساب
۲	۳	۲	۴	سادگی نگهداری و بهره‌برداری
۱	۳	۲	۴	دسترسی به تجهیزات
۲	۳	۳	۵	نیاز به پرسنل متخصص

جدول (۵): وزن دهی به ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده

گزینه ۴	گزینه ۳	گزینه ۲	گزینه ۱	
۰/۰۱۵۹	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶	طول شبکه ثقلی
۰/۰۰۷۴	۰/۰۱۳۴	۰/۰۱۳۴	۰/۰۲۳۴	طول خط انتقال
۰/۰۵۰۴	۰/۰۵۱۵	۰/۰۵۱۵	۰/۰۷۳۴	طول خط تحت فشار
۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۵۵	۰/۰۳۵۵	تعداد منهول در شبکه
۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۴۷	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۱۵	تعداد منهول در خط انتقال
۰/۰۹۷۸	۰/۰۹۷۸	۰/۰۹۷۸	۰/۱۲۲۳	تعداد منهول پمپ
۰/۰۴۹	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۴۵	۰	تعداد بالابر
۰/۰۲۱۷	۰/۰۴۳۴	۰/۰۲۱۷	۰/۰۶۵۱	امکان توسعه تصفیه خانه
۰/۰۰۲۹	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۷۳	راه‌های دسترسی
۰/۰۲۸۴	۰/۰۱۷۱	۰/۰۱۷۱	۰/۰۱۱۴	انرژی مصرفی
۰/۰۱۱۹	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۷۱	۰/۰۰۲۴	امکان تملک زمین
۰/۰۴۰۸	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۴۵	۰/۰۱۶۳	هزینه اجرا و بهره‌برداری
۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۴	زیبایی منظر
۰/۰۱۴۴	۰/۰۰۸۶	۰/۰۰۵۸	۰/۰۰۲۹	ایجاد بو
۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۷۵	۰/۰۱۳۲	۰/۰۱۷۵	ایمنی
۰/۰۱۴۱	۰/۰۲۸۱	۰/۰۲۸۱	۰/۰۷۰۳	استفاده مجدد از پساب
۰/۰۱۰۱	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۰۱	۰/۰۲۰۲	سادگی نگهداری و بهره‌برداری
۰/۰۱	۰/۰۳۰۱	۰/۰۲۰۱	۰/۰۴۰۲	دسترسی به تجهیزات
۰/۰۰۴۴	۰/۰۰۶۶	۰/۰۰۶۶	۰/۰۱۰۹	نیاز به پرسنل متخصص

جدول (۶): فاصله هر گزینه از راه حل ایده آل مثبت و منفی

گزینه‌ها	فاصله از ایده آل مثبت	فاصله از ایده آل منفی
گزینه ۱	۰/۰۴۳۵	۰/۰۹۸۱
گزینه ۲	۰/۰۷۰۷	۰/۰۵۳۶
گزینه ۳	۰/۰۵۶۹	۰/۰۶۰۳
گزینه ۴	۰/۰۹۸۱	۰/۰۴۳۵



نمودار (۲): اولویت‌بندی گزینه‌ها با روش تاپسیس

هزینه‌های جاری نظیر نیروی انسانی، مصرف انرژی، تامین قطعات یدکی و انجام تعمیرات را به طرز قابل توجهی کاهش می‌دهد. همچنین بهره‌برداری از یک واحد بزرگ‌تر، در مقایسه با چندین واحد کوچک، از منظر اقتصادی به صرفه‌تر و کارآمدتر است. مدیریت یک تصفیه‌خانه متمرکز بسیار ساده‌تر از مدیریت چندین پکیج تصفیه مجزا است. در این حالت، عملیات کنترلی، نظارت، تعمیرات، نگهداری و پاسخ به شرایط اضطراری، در یک محل متمرکز انجام می‌شود که هم هزینه‌های مدیریتی را کاهش داده و هم کارایی نظارت و عملکرد سیستم را بهبود می‌بخشد. در سناریوی تصفیه‌خانه مرکزی، امکان توسعه ظرفیت تصفیه در صورت افزایش جمعیت یا تغییر نیازهای منطقه به مراتب ساده‌تر خواهد بود. طراحی ماژولار تصفیه‌خانه‌های بزرگ این امکان را فراهم می‌کند که در آینده، با افزودن واحدهای جدید یا ارتقاء تجهیزات، ظرفیت سامانه با کمترین تغییرات ساختاری افزایش یابد. از منظر فنی، گزینه اول با کاهش تعداد خطوط تحت فشار، تعداد ایستگاه‌های پمپاژ و استفاده مؤثرتر از شیب طبیعی زمین، راندمان هیدرولیکی شبکه را بهینه می‌کند. از سوی دیگر، از لحاظ محیط‌زیستی،

محاسبه نزدیکی به راه حل ایده آل مثبت و منفی همچنین رتبه‌بندی گزینه‌ها، با روش تاپسیس نشان داد به ترتیب گزینه اول با امتیاز ۰/۶۹۲۵ بالاترین امتیاز را به خود اختصاص داده و گزینه‌های سوم، دوم و چهارم با شاخص شباهت ۰/۵، ۰/۴ و ۰/۳ در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند. در گزینه اول شبکه جمع‌آوری فاضلاب محدوده طرح، به ۳ بخش اصلی شامل شهریارکلا، آلاشت و گلیان تقسیم گردید که در این گزینه استفاده از تصفیه‌خانه متمرکز برای هر سه زون در جنوب شهر آلاشت در کد ارتفاعی حدود ۱۵۳۶ در مجاورت رودخانه فصلی دین در نظر گرفته شده است. به دلیل وجود هزینه‌هایی نظیر بهره‌برداری و تملک زمین، و با توجه به ابعاد پروژه، وجود یک تصفیه‌خانه متمرکز در مجاورت رودخانه فصلی با نام دین برای هر سه بخش آلاشت، شهریارکلا و گلیان با توجه به نظر کارشناسان و امتیازهای داده شده منطقی‌تر به نظر می‌رسد. این برتری را می‌توان از چند منظر اصلی تحلیل نمود که به آن پرداخته می‌شود. احداث یک تصفیه‌خانه مرکزی موجب تجمیع فرآیندهای تصفیه در یک نقطه می‌شود و نیاز به نگهداری و بهره‌برداری چندین سیستم مجزا را حذف می‌کند. این تجمیع،

از تصفیه‌خانه مرکزی در مقایسه با گزینه‌های پراکنده، از نظر مدیریت بهره‌برداری، صرفه‌جویی اقتصادی، سهولت توسعه آینده و کاهش اثرات زیست‌محیطی برتری دارد. این یافته‌ها نه تنها اعتبار مدل ترکیبی AHP-TOPSIS را تأیید می‌کند، بلکه نشان می‌دهد چنین رویکردی می‌تواند در پروژه‌های مشابه در مناطق کوهستانی دیگر نیز به کار گرفته شود.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که از میان چهار گزینه طراحی شبکه فاضلاب در محدوده آلاشت، گزینه احداث تصفیه‌خانه مرکزی در جنوب شهر با امتیاز ۰/۶۹۲۵ بالاترین اولویت را کسب نمود. بررسی معیارها و زیرمعیارها بیانگر آن بود که شاخص‌هایی مانند تعداد منهول‌های پمپاژ، طول خطوط تحت فشار و امکان توسعه تصفیه‌خانه بیشترین اهمیت را دارند. نوآوری اصلی این پژوهش، به‌کارگیری ترکیب دو روش AHP و TOPSIS در طراحی شبکه فاضلاب برای مناطق کوهستانی است؛ شرایطی که به دلیل اختلاف ارتفاع زیاد، فرآیند انتخاب گزینه بهینه را با پیچیدگی‌های فنی و مدیریتی مواجه می‌سازد. این رویکرد ترکیبی امکان بررسی همزمان معیارهای فنی، اقتصادی-اجتماعی، محیط‌زیستی و مدیریتی را فراهم نموده و موجب افزایش دقت و پایداری تصمیم‌گیری گردید. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که چارچوب ارائه‌شده در این پژوهش قابلیت تعمیم به سایر مناطق با شرایط توپوگرافی مشابه را دارد و می‌تواند به عنوان الگویی کاربردی برای تصمیم‌گیری در طراحی و توسعه شبکه‌های فاضلاب در نواحی کوهستانی مورد استفاده قرار گیرد.

تمرکز فرآیند تصفیه در یک نقطه، کنترل انتشار آلاینده‌ها، جلوگیری از نشت فاضلاب به محیط اطراف و به حداقل رساندن تأثیرات منفی زیست‌محیطی را امکان‌پذیر می‌سازد. همچنین تصفیه‌خانه متمرکز فرصت استفاده مجدد از پساب تصفیه شده را در مقیاس گسترده‌تر فراهم می‌کند که خود گامی در راستای توسعه پایدار است.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که در طراحی شبکه فاضلاب مناطق کوهستانی، معیارهای فنی نظیر تعداد منهول‌های پمپاژ و طول خطوط تحت فشار بیشترین تأثیر را بر انتخاب گزینه بهینه دارند. این نتیجه هم‌راستا با پژوهش‌های پیشین در زمینه بازسازی و طراحی شبکه‌های آب و فاضلاب است که نقش برجسته عوامل فنی را تأیید کرده‌اند و همچنین نشان داده‌اند که روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره دقت بالاتری در اولویت بندی پروژه‌های فاضلاب فراهم می‌کنند. (Haddad and Ati-Kadi, 2023; Chebbah et al, 2022) با این حال، ویژگی متمایز مطالعه حاضر در ترکیب همزمان معیارهای فنی، اقتصادی-اجتماعی، زیست‌محیطی و مدیریتی در شرایطی خاص، یعنی منطقه‌ای با اختلاف ارتفاع قابل توجه (حدود ۳۰۰ متر)، است. استفاده از ترکیب روش‌های AHP و TOPSIS نوآوری مهم این پژوهش محسوب می‌شود؛ چرا که از یک سو امکان وزن‌دهی دقیق به معیارها بر اساس قضاوت خبرگان فراهم گردید و از سوی دیگر، اولویت‌بندی گزینه‌ها با دقت بالاتری صورت گرفت. این موضوع باعث افزایش شفافیت در فرآیند تصمیم‌گیری شد و به تصمیم‌گیرندگان اجازه داد تا میان گزینه‌های متعدد، انتخابی مبتنی بر تحلیل‌های جامع و علمی داشته باشند. علاوه بر این، تحلیل‌ها نشان داد که استفاده

### منابع

- صالحی، س.، م. جلیلی قاضی‌زاده و م. تابش. ۱۳۹۵. توسعه مدل تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره تاپسیس برای بازسازی شبکه‌های توزیع آب. پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ایران.
- صالحی، س.، م. جلیلی قاضی‌زاده و م. تابش. ۱۳۹۵. یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای بازسازی شبکه‌های توزیع آب. کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، دانشگاه تهران.
- قدسی‌پور، ش. ۱۳۸۹. تصمیم‌گیری چندمعیاره. نشر دانشگاه علامه طباطبایی، تهران.
- موسوی، ح.، م. املایی و ح. اسلامی. ۱۳۸۹. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی جهت انتخاب بهترین روش تصفیه فاضلاب برای مناطق روستایی شهرستان میبد یزد: یک مطالعه توصیفی. مجله علوم پزشکی رفسنجان، ص. ۷۸۳-۷۹۶.

Al-Quraishi, A.M.F., Kadhim, A.J. & Al-Obaidy, A.H. 2022. Integration of fuzzy AHP and GIS for optimal site selection of wastewater treatment plants in Basra, Iraq. *Open Engineering*, 12(1): 503-514.



Al-Shammakhi, M., Al-Harthy, A. & Al-Yahyai, F. 2023. Multi-Criteria Decision-Making approach for wastewater treatment plant site selection: A case study in Oman. *Urban Science*, 7(3): 82.

Chebbah, M., Benyoucef, L. & Ait-Kadi, M. 2022. Prioritization of maintenance work in wastewater networks using a combined AHP–WPM–TOPSIS approach: Case of Algeria. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(2): 183-195.

Chen, C.T. 2000. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1): 1-9.

Haddad, B. & Ait-Kadi, M. 2023. Hybrid MCDM models with sensitivity analysis for sustainable wastewater and waste management. *Sustainability*, 15(8): 6526.

Hwang, C.L. & Yoon, K. 1981. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag, New York, 259p.

Morais, D.C. & Almeida, A.T. 2010. Water network rehabilitation: A group decision-making approach. *Water SA*, 36(4): 564-579.

Noori, A., Bonakdari, H., Salimi, A. & Gharabaghi, B. 2021. Application of fuzzy MCDM techniques for water supply choice optimization. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193: 141.

Salehi, S., Jalili Ghazizadeh, M. & Tabesh, M. 2017. A comprehensive criteria-based multi-attribute decision-making model for rehabilitation of water distribution systems. *Journal of Hydroinformatics*, 19(3): 379-395.

Smith, J.Q. 2010. *Bayesian Decision Analysis: Principles and Practice*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Tzeng, G.H. & Huang, J.J. 2011. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application*. Taylor & Francis, Boca Raton.

Wu, D. & Abdul-Nour, G. 2020. Multi-Criteria Decision Making in wastewater management: A review and case applications. *Infrastructures*, 5(3): 1-20.