Water Resources Engineering Journal

Spring 2021. Vol 14. Issue 48

Research Paper

Ranking and Selection of Water Meters With the Technique of Multi Attribute Decision Making; Entropy and TOPSIS

Mahdi Nakhaeinejad [1*], Ahmad Sartipzadeh [2]

1. Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
2. Department of Industrial Engineering, Science and Arts University, Yazd, Iran

Received: 2019.6.25
Revised: 2020.2.20
Accepted: 2020.4.4

Use your device to scan and read the article online

DOI:10.30495/wej.2021.4587

Keywords:
Water meter, Decision making models, Multi-criteria decision-making, Entropy, TOPSIS.

Abstract

Introduction: Choosing a water meter for a household is one of the major issues in water and wastewater companies. In recent years, due to the increase in the number of subscribers, increase in the number of accident due to the inadequacy of water meters, also various parameters of the water meter and environmental and regional conditions, the selection of water meters is more evident. The decision maker needs to select the most suitable water meter to achieve the desired output at a lower cost and his ability.

Materials and Methods: Studies show that there is no research on the use of MADM techniques in the field of water meter selection for household use. In the research of industrial and volumetric meters, also only a few parameters have been investigated and according to the researcher's opinion, the solution has been presented without considering the quantitative effect of factors. In the present research, first, the key attribute for evaluation of the meters are identified. Then based on the Entropy method and opinion of industry experts, the weight of criteria is calculated. Then, TOPSIS technique attempts to present a strategy for water and wastewater companies to choose suitable meters for home appliances.

Findings: Finally, the calculations for meters' attribute determine the relative importance of attribute and also water meter ranking, which can be used for selection of the water meters.

Conclusion: According to the results of this research, the order for selecting the water meters is presented, that semiconductor multi-jet meters ranked in the first order.

Citation:. Nakhaeinejad M, Sartipzadeh A. Ranking and Selection of Water Meters With the Technique of Multi Attribute Decision Making; Entropy and TOPSIS. Water Resources Engineering Journal. 2021; 14 (48): 29- 42.

***Corresponding author:** Mahdi Nakhaeinejad
Address: Department of Industrial Engineering, Yazd University, Yazd, Iran
Tell: 00983531233819
Email: m.nakhaeinejad@yazd.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

Choosing a water meter for a household is one of the major issues in water and wastewater companies. In recent years, due to the increase in the number of subscribers, increase in the number of accident due to the inadequacy of water meters, also various parameters of the water meter and environmental and regional conditions, the selection of water meters is more evident. The decision maker needs to select the most suitable water meter to achieve the desired output at a lower cost and his ability.

A water meter is a device for measuring the amount of water that has passed through a pipe, or in other words, a device for obtaining the amount of water consumed.

Meters are divided into two groups based on their size: low size meters and high size meters. Usually, meters with a size of less than 50 mm (2 inches) are low size and meters with a size of 50 mm and more are large size. Also, meters can be divided into three groups based on how the parts come into contact with water: wet meters, semi-dry meters and dry type meters. Some criteria that considered in this paper for selecting meters are chemical and physical characteristics of water, hydraulic conditions of water in the place where the meter is installed, maximum and minimum operating temperature, maximum pressure of the meter, inlet and outlet dimensions of the meter or meter size, meter length, the working accuracy or class of the meter, and the life of the meter.

Materials and Methods

Studies show that there is no research on the use of MADM techniques in the field of water meter selection for household use. In the research of industrial and volumetric meters, also only a few parameters have been investigated and according to the researcher's opinion, the solution has been presented without considering the quantitative effect of factors. In the present research, first, the key attribute for evaluation of the meters is identified. Then based on the Entropy method and opinion of industry experts, the weight of criteria is calculated. Then, TOPSIS technique attempts to present a strategy for water and wastewater companies to choose suitable meters for home appliances. Finally, the calculations for meters' attribute determine the relative importance of attribute and also water meter ranking, which can be used for selection of the water meters.

Findings

This paper deals with the ranking and selection of water meters as one of the major issues in water and wastewater companies. Increasing the number of subscribers, increasing the number of disruption due to inadequacy of water meters, different parameters of water meters as well as environmental conditions show the importance of this aspect. This paper presents a method based on Entropy and TOPSIS techniques for ranking water meters. For this purpose, first, the different types of meters have been identified. Then, the criteria for evaluation have been determined based on the expert's opinion. The degree of importance of the criteria or the weight of the indicators is calculated by Entropy technique. Finally, the water meters are ranked based on the TOPSIS method. The decision maker can select the most appropriate water meter by the proposed technique of this paper.

Discussion

Calculating the weight of the criteria using the Entropy method shows that "meter price" has the highest degree of importance and "meter accuracy and resistance" has the least degree of importance from the point of view of water meter consumers. The importance of other indicators from the users' point of view based on the entropy method is also shown in this paper.

Based on the priorities obtained by TOPSIS method, the best meter is the semi-dry multi-jet meter. If a semi-dry multi-jet meter is not available, a wet multi-jet meter can be used as a replacement meter. Ranking of the other meters are calculated in this paper.

Conclusion

According to the results of this study, it can be concluded that from the point of view of the home consumer, the "semi-dry multi-jet" meter is in the first priority of choice. This choice is based on criteria that are important to the home consumer. The most important criteria based on the calculations made in this study from the perspective of the home consumer is "meter price". The degree of importance calculated for the criteria as well as the ranking of meters from the perspective of the household consumer are the important outputs of this research which are very important for the water industry as well as water and wastewater companies. These outputs can be used in the development plans of these companies as well as for satisfying consumers.

For future research, it is suggested due to the importance of criteria related to suppliers, the criteria related to the suppliers of water meters are also considered; including the offer price, delivery date and product warranty. In addition, it is possible to study and rank the meters according to the regional conditions and the financial situation of the subscribers. Other decision-making techniques with multiple criteria are also could be examined in future research.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Mahdi Nakhaeinejad; Methodology and data analysis: Mahdi Nakhaeinejad, Ahmad Sartipzadeh; Supervision and final writing: Mahdi Nakhaeinejad, Ahmad Sartipzadeh.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

رتبه بندی و انتخاب کنتورهای آب با استفاده از مدل های تصمیم گیری چند شاخصه ای؛ آنتروپی و تاپسیس

مهدی نخعی نژاد [۱*]، احمد سرتیپ زاده [۲]

۱. گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲. گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/٤
تاریخ داوری: ۱۳۹۸/۱۲/۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/٦

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:10.30495/wej.2021.4587

واژه‌های کلیدی:
کنتور آب، مدل‌های تصمیم‌گیری، معیارهای تصمیم‌گیری، آنتروپی، تاپسیس.

چکیده

مقدمه و هدف: انتخاب کنتور آب برای یک مشترک خانگی، یکی از مباحث عمده در شرکت‌های آب و فاضلاب می‌باشد. این موضوع در سال‌های اخیر با توجه به افزایش تعداد مشترکین، افزایش تعداد حوادث ناشی از مناسب نبودن کنتورهای آب، همچنین پارامترهای مختلف کنتور آب و شرایط محیطی و منطقه¬ای بیشتر محسوس می¬باشد. تصمیم گیرنده نیاز به این دارد که مناسب‌ترین کنتور آب را به منظور دستیابی به خروجی مورد نظر با کمترین هزینه و توانایی را انتخاب نماید.

مواد و روش‌ها: بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاکنون تحقیقی درباره استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه‌ای در زمینه انتخاب کنتور آب برای مصارف خانگی انجام نگرفته است. در تحقیقاتی که در زمینه انتخاب کنتورهای صنعتی و حجمی نیز صورت گرفته تنها چند پارامتر بررسی و بر اساس برداشت محقق بهترین راه حل ارائه گردیده است؛ بدون آنکه مقدار کمی تاثیر عوامل مورد توجه قرار گیرد. در تحقیق حاضر ابتدا شاخص‌های کلیدی ارزیابی کنتورها استخراج، سپس با استفاده از روش آنتروپی و نظر خبرگان صنعت، وزن هریک از شاخص‌های مدنظر محاسبه می‌گردد. در ادامه با استفاده از تکنیک تاپسیس سعی در ارائه راهبردی مناسب برای شرکت‌های آب و فاضلاب در انتخاب کنتورها برای کاربردهای خانگی صورت گرفته است.

یافته‌ها: محاسبات صورت گرفته در خصوص شاخص‌های مرتبط با انواع کنتور، در نهایت اهمیت نسبی هر شاخص و رتبه‌بندی کنتورها را مشخص می‌نماید که با استفاده از این اولویت می‌توان برای تهیه کنتور اقدام نمود.

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج این تحقیق ترتیب انتخاب کنتورها بدست می‌آید که در این مطالعه کنتورهای مولتی جت نیمه‌خشک در رده اول انتخاب قرار می¬گیرد.

* **نویسنده مسئول:** مهدی نخعی نژاد
نشانی: گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
تلفن: ۰۳۵۳۱۲۳۳۸۱۹
پست الکترونیکی: m.nakhaeinejad@yazd.ir

مقدمه

کنتور آب وسیله‌ای برای اندازه‌گیری مقدار آبی که از لوله عبور کرده یا به عبارت دیگر وسیله‌ای برای بدست آوردن مقدار آب مصرفی است. به طور خلاصه مقداری را که کنتور نمایش می‌دهد دبی (کمیت) کل می‌گویند. واحد متداول برای کنتور آب لیتر است در برخی موارد از متر مکعب نیز استفاده می‌شود. کنتورها معمولا به صورت کره یا شبیه به کره هستند و در داخل مخزن آن یک پروانه با چهار تیغه قرار دارد که به یک نمایشگر متصل است. از یک سمت آب وارد مخزن می‌شود و تیغه‌ها را به چرخش وادار می‌کند. پس از چرخش تیغه‌ها نسبت به حجم مخزن (مثلا اگر حجم مخزن یک دهم لیتر است پس از ۱۰ دور چرخش) درنمایشگر کنتور یک عدد اضافه می‌شود که به معنی عبور یک لیتر است.

سابقه ساخت کنتور آب در ایران به سال ۱۳۴۷ شمسی باز می‌گردد. شرکت آبفر اولین سازنده کنتور آب در ایران فعالیت خود را در سال ۱۳۴۷ با همکاری شرکت فرانسوی شلومبرژی فرانسه شروع کرد. انواع مختلفی کنتور وجود دارد که انتخاب آن‌ها بر اساس روش‌های اندازه‌گیری جریان، نوع مصرف کننده و دقت لازم می‌باشد.

کنتورها بر اساس سایز یا اندازه آن‌ها به دو گروه کنتورهای سایز پایین (خانگی) و کنتورهای سایز بالا (حجیم) تقسیم‌بندی می شوند و معمولا کنتورهای با سایز کمتر از ۵۰ میلی متر (۲اینچ) را سایز پایین یا خانگی و کنتورهای با سایز ۵۰ میلی متر و بیشتر را حجمی می‌نامند. همچنین کنتورها بر اساس چگونگی تماس قطعات با آب می توان به سه گروه کنتورهای تر، کنتورهای نیمه‌تر یا نیمه خشک و کنتورهای نوع خشک تقسیم بندی نمود. استاندارد و معیار در خصوص انتخاب کنتورها شامل مشخصات شیمیایی و فیزیکی آب، شرایط هیدرولیکی آب در محلی که کنتور نصب می‌شود، حداکثر و حداقل درجه حرارت کاری کنتور، حداکثر فشار کاری کنتور، اندزه دهانه‌های ورودی و خروجی کنتور یا سایز کنتور، طول کنتور، دقت کاری یا کلاس کنتور، افت فشار ناشی از وجود کنتور در شبکه و طول عمر کنتور می‌باشد (۱).

تابش و همکاران (۲) در تحقیقی، الگویی برای انتخاب مناسب‌ترین راهبرد مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه ارائه نمودند. همچنین با بهره‌گیری از نظرهای کارشناسان، اولویت برتر مدیریت مصرف آب برای شهر تهران معرفی شده است. با استفاده از روش‌های تحلیل حساسیت و تغییر در اوزان اهمیت کارشناسان، چند اولویت‌بندی مختلف بدست آمده است؛ که در آن از روش تحلیل سلسله مراتبی جهت تصمیم‌گیری برای انتخاب طرح‌های بهینه در راستای مدیریت مصرف استفاده شده است. امتیازهای داده شده به طرح‌ها تنها بر پایه وزن‌های داده شده توسط تصمیم گیرندگان به وسیله نظرسنجی است و این موضوع، می‌تواند در برگیرنده همان ضعف‌های تصمیم‌گیری توسط کارشناسان بدون استفاده از تجربیات باشد. در نهایت آن‌ها با استفاده از مدل تاپسس دو راهکار بهینه جهت مدیریت مصرف آب ارائه نمودند.

میچاد و اپستولاکیس (۳) به ارائه یک روش سناریو محور برای رتبه‌بندی اجزای شبکه‌های آبرسانی پرداخته‌اند. روش به کار گرفته شده توسط آن‌ها بر پایه تئوری چند شاخصه و تئوری گراف بنا نهاده شده است. نتایج به دست آمده توسط آن‌ها برای ارزیابی و مدیریت ریسک شبکه‌های آبرسانی مناسب می‌باشد.

مورایس و المیدا (۴) در تحقیق خود یک مدل تصمیم‌گیری گروهی بر پایه تکنیک PROMETHEE[1] برای استراتژی مدیریت نشتی‌های شبکه‌های آب ارائه نمودند. آن‌ها در مدل خود ذینفعان و محدودیت بودجه را لحاظ کردند. استراتژی ارائه شده توسط آن‌ها در دستیابی به توسعه پایدار از لحاظ فنی، اقتصادی و زیست محیطی کارامد می‌باشد.

برگ و لین (۵) در تحقیق خود به رتبه‌بندی عملکرد تاسیسات آب پرداختند. آن‌ها دو تکنیک DEA[2] و SFA[3] را مورد استفاده قرار دادند و نشان دادند که هر دو تکنیک نتایج مشابهی را ارائه می‌کند.

کاووسیان و همکاران (۶) به رتبه‌بندی کارامدی تجهیزات انرژی در مصارف خانگی پرداختند. آن‌ها با استفاده ار بررسی ۴۲۳۱ ساختمان در ایرلند اعتبار روش به کار گرفته شده را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که یک دیدگاه متوازن از محرک‌های بهره‌وری انرژی و تدوین یک رویکرد هدفمند برای بهبود میزان مصارف خانگی مورد نیاز است.

زیود و همکاران (۷) با استفاده از تکنیک AHP به مدیریت کمبود آب در سیستم‌های آبرسانی متناوب پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود، اولویت‌بندی گزینه‌های کاهش تلفات آب برای یک شبکه آبرسانی متناوب در فلسطین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که برنامه استراتژیک کنترل فشار عملیاتی بهترین گزینه برای مدیریت کمبود آب در سیستم است.

زیود و همکاران (۸) به ارائه یک چارچوب برای مدیریت کمبود آب در کشورهای توسعه یافته پرداختند. آن‌ها از رویکرد ترکیبی بر پایه AHP فازی و تاپسیس فازی استفاده نموده‌اند. آن‌ها در تحقیق خود از AHP فازی برای تعیین وزن شاخص‌ها و از تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده کردند.

یزداندوست و ایزدی (۱) به ارزیابی زمان مناسب جایگزینی کنتورهای آب پرداختند. رویکرد آن‌ها، در بهینه‌سازی زمان اقتصادی جایگزینی کنتورهای آب می‌باشد. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که قیمت آب، سرمایه‌گذاری اولیه و نرخ خرابی بیشترین تاثیر را در بین دیگر پارامترها دارند.

رجبی و همکاران (۹) در تحقیق خود بر اساس اطلاعات ثبت شده در یکی از شرکت‌های آب و فاضلاب، علل خرابی کنتورهای آب در یک بازه زمانی ۴ ساله را بررسی کردند و با استفاده از روش FMEA به تحلیل نتایج پرداختند و در نهایت با استفاده از روش تاپسیس رتبه‌بندی را انجام دادند. آن‌ها در نهایت با در نظر گرفتن قیمت کنتور و علل خرابی ثبت شده مناسب‌ترین راهکار جهت کاهش خرابی کنتورها و در نتیجه کاهش هزینه‌های خرابی را بیان نمودند.

[1]. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations

[2]. Data Envelopment Analysis

[3]. Stochastic Frontier Analysis

این مقاله با در نظر گرفتن نظرات خبرگان صنعت آب و فاضلاب، عوامل و پارامترهای موثر در رتبه‌بندی و انتخاب کنتورهای آب را شناسایی و وزن‌دهی آن‌ها را به کمک تکنیک آنتروپی انجام می‌دهد. با استفاده از شاخص‌ها و وزن‌های در نظر گرفته شده، رتبه بندی کنتورها از طریق تکنیک تاپسیس[1] صورت می‌گیرد و در نهایت تصمیم‌گیری در انتخاب کنتورهای در دسترس در بازار با توجه به رتبه‌بندی این تحقیق امکان‌پذیر خواهد بود.

روش تحقیق

به طور معمول، در هر مسئله تصمیم گیری یک یا چند معیار تصمیم‌گیری نظیر سود، هزینه، مطلوبیت و عدم قطعیت مدنظر است. اگر مسئله مورد تصمیم‌گیری تنها در صدد بهینه‌سازی یک هدف یا معیار باشد آن را تک معیاره گویند ولی اگر بیش از یک معیار مورد نظر تصمیم گیرنده باشد آن را یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره[2] گویند. روش تصمیم‌گیری چند معیاره شامل یک سری از تکنیک‌هاست که اجازه می‌دهد طیفی از معیارها بسته به یک موضوع امتیازدهی و وزن دهی و سپس بوسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی شوند.
تصمیم‌گیری چند شاخصه در سال ۱۹۵۷ توسط چرچمن، اکاف و ارنوف مطرح شد. هدف تصمیم‌گیری چند شاخصه ارائه کمک و راهنمایی به تصمیم گیرندگان در دسترسی به مطلوب‌ترین جواب برای حل مسائل است. اگر در یک مسئله تصمیم بیش از یک معیار تصمیم‌گیری ملاک عمل باشد و معیارها به صورت گسسته تعریف شده باشد (کمی و کیفی) مدل تصمیم از نوع چند شاخصه‌ای (MADM[3]) است. مدل چندشاخصه به صورت ماتریس تصمیم گیری زیر فرموله می‌گردد (۱).

شاخص / گزینه	X_1	X_2	...	X_n
A_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
A_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2n}
.	.	.	...	.
.	.	.	...	.
A_m	r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

به طوری که A_i نشان دهنده گزینه i ام، X_j نشان دهنده شاخص j ام و r_{ij} نشان دهنده ارزش شاخص j ام برای گزینه i ام است.
اگر چه روش‌های MADM دارای تنوع تکنیکی گسترده‌ای هستند با این حال این تکنیک‌ها دارای جنبه‌های مشترکی نیز هستند؛ این جنبه‌ها شامل وجود گزینه‌ها، شاخص‌های چندگانه، تعارض در بین شاخص‌ها، واحدهای اندازه‌گیری ناهمگون، وزن معیارهای تصمیم‌گیری و ماتریس تصمیم می‌باشد (۱۰).
در این مقاله جهت بدست آوردن وزن هر یک از معیارها، از روش آنتروپی استفاده شده است. برای این منظور در گام اول ماتریس تصمیم‌گیری بر اساس نظر خبرگان یا منابع معتبر تهیه می‌شود. در گام دوم، ماتریس تصمیم‌گیری آماده‌سازی می‌شود بدین معنی که شاخص‌های منفی به مثبت و شاخص‌های کیفی به کمی تبدیل می‌شوند. در گام بعدی اعداد ماتریس نرمال شده و بی مقیاس می‌گردند تا واحدها یکسان گردد. برای این منظور اعداد موجود در ماتریس بر جمع کل اعداد در هر ستون تقسیم می‌شود. در مرحله بعدی امید ریاضی مربوط به هر یک از شاخص ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$E_j = \frac{1}{Lnm} \times \sum_{i=1}^{m} [P_{ij} \times LnP_{ij}] \qquad (۱)$$

سپس پارامتر فاصله هریک از معیارها با استفاده از فرمول $d_j = 1 - E_j$ به ازای تمام jها یا معیارها محاسبه و در نهایت وزن هریک از معیارها با استفاده از فرمول $Wj = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}$ محاسبه می‌شود که جمع کل W_jها برابر با یک است (۶).
با استفاده از وزن‌های محاسبه شده مربوط به معیارها از روش آنتروپی، رتبه بندی کنتورها به کمک روش تاپسیس می‌تواند انجام شود. تکنیک تاپسیس با استفاده از n معیار به ارزیابی m گزینه می‌پردازد. بنابراین به هر گزینه براساس هر معیار امتیازی داده می‌شود. این امتیازات می تواند براساس مقادیر کمی و واقعی باشد یا اینکه کیفی و نظری باشد. در هر صورت باید یک ماتریس تصمیم $m*n$ تشکیل شود. در گام بعدی ماتریس تصمیم‌گیری نرمال می‌گردد که در این مقاله از فرمول زیر استفاده شده است.

$$N_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}^2}} \qquad (۲)$$

در گام دوم با استفاده از فرمول زیر ماتریس V محاسبه می شود لازم به ذکر است که مقادیر W با استفاده از روش آنتروپی محاسبه گردیده است.

$$V_{ij} = W_j \times N_{ij} \qquad (۳)$$

در گام سوم مقادیر گزینه‌های فرضی ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی تعیین می‌شود. برای تشکیل گزینه ایده‌آل مثبت $(A+)$ باید در هر یک از ستون‌های ماتریس V بهترین مقدار انتخاب شود یعنی اگر شاخص متناظر با آن ستون جنبه منفی داشت (مثل هزینه) کمترین مقدار انتخاب شود و چنانچه جنبه مثبت داشت بیشترین مقدار انتخاب گرد؛ که مطابق فرمول زیر محاسبه می‌گردد (۱۱).
در صورتی‌که شاخص‌ها مثبت باشند:

$$A^+ = \{V_1^+, V_2^+, ..., V_n^+\} = \{(\max_i v_{ij} \,|\, j \in J^+), (\min_i v_{ij} \,|\, j \in J^-) | i = 1, 2, ..., m)\} \qquad (۴)$$

و در صورتی‌که شاخص‌ها منفی باشند:

[1]. TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

[2]. MCDM: Multi Criteria Decision Making
[3]. MADM: Multi Attribute Decision Making

$$A^- = \{V_1^-, V_2^-, ..., V_n^-\} = \{(\min_i v_{ij} \mid j \in J^+), (\max_i v_{ij} \mid j \in J^-) \mid i = 1,2,...,m)\} \quad (۵)$$

در مرحله چهارم فاصله گزینه ها با مقادیر ایده آل مثبت و منفی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$d_i^+ = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2\}^{0.5}; i = 1,2,..., m \quad (۶)$$

$$d_i^- = \{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2\}^{0.5}; i = 1,2,..., m \quad (۷)$$

در گام پنجم مقادیر نزدیکی نسبی به ایده آل با استفاده از فرمول زیر بدست می آید.

$$CL_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ - d_i^-} \quad (۸)$$

نهایتا باید گزینه‌ها با توجه به مقدار CL_i رتبه‌بندی شوند. هرچه قدر مقدار CL_i بیشتر باشد گزینه مورد نظر مطلوب‌تر است (۱۲).

تعیین انواع کنتور به عنوان گزینه‌های مسئله و شناسایی شاخص‌های رتبه‌بندی

براساس مطالعات و تحقیقات انجام شده و با استفاده از متن استانداردهای ایران، انواع کنتورهای خانگی متداول آب به شرح زیر دسته‌بندی می‌گردد.

۱- سرعتی مولتی جت خشک
۲- سرعتی مولتی جت نیمه خشک
۳- سرعتی مولتی جت تر
۴- سرعتی سینگل جت خشک
۵- سرعتی سینگل جت نیمه خشک
۶- سرعتی سینگل جت تر
۷- اولتراسونیک
۸- پیستونی
۹- الکترومغناطیسی

معیارهای مورد نظر در انتخاب کنتور شامل موارد زیر می‌باشد که با توجه به کاتالوگ های ارائه شده توسط تولیدکنندگان و همچنین نظر خبرگان صنعت استخراج شده است.

۱- امنیت کنتور: عدم دسترسی به مکانیزم داخلی کنتور و عدم امکان دستکاری و تقلب.
۲-دبی استارت: مقدار دبی یا ورود آب می‌باشد که از آن به بعد شمارنده کنتور آب شروع به حرکت می‌کند.
۳- مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب: عملکرد کنتور در حالت-های آشفتگی آب ناشی از ضربه و ورود هوا به کنتور.
۴- مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب.
۵- سهولت قرائت و عدم امکان خطا: عدم بخارگرفتگی یا کدر شدن شماره‌انداز، آب‌بندی داخلی یا خارجی و امکان چرخش شماره انداز.
۶- حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب.
۷- دقت کنتور در حالت‌های مختلف نصب: امکان نصب کنتور در حالت‌های عمودی، افقی، زاویه‌دار و میزان عدم تغییر دقت.
۸- دقت و مقاومت کنتور: دقت محاسبه جریان آب و مقاومت در برابر یخ‌زدگی.
۹-قیمت کنتور: نرخ تحویل کنتور به درخواست کننده.

مقادیر اندازه گیری مربوط به کنتورهای آب مطابق جدول ۱ می‌باشدکه با توجه به نظر خبرگان مرتبط با کنتور آب در صنعت آب تهیه شده است و پس از تجمیع نظرات و با تایید همگی بصورت جدول ۱ می‌باشد.

جمع‌آوری اطلاعات ماتریس تصمیم‌گیری

همان‌طور که قبلا گفته شد ورودی روش تاپسیس، ماتریس تصمیم‌گیری می‌باشد. این ماتریس بیانگر عملکرد هر گزینه (کنتور) در رابطه با هر شاخص است. در راستای تکمیل ماتریس تصمیم‌گیری، با استفاده از اطلاعات کاتالوگ‌های کنتورها و اعداد مورد نظر و نظر خبرگان صنعت آب و تجمیع نظرات، نتایج مطابق جدول ۲ بدست آمده است. لازم به توضیح که نتایج خلاصه شده در جدول ۲ بر پایه نظرات خبرگان صنعت آب، شامل مهندسین شرکت آب و فاضلاب یزد که شرایط شغلی و کاری آن‌ها در ارتباط با کنتورهای آب (فروش، نصب و تعمیرات) می‌باشد و همچنین اساتید دانشگاه که در حوزه آب فعالیت دارند؛ بنا نهاده شده است.

جدول ۱: مشخصات پارامترها و اعداد مرتبط مربوط به معیارهای کنتورها

پارامتر کنتور آب	شرح	محدوده و گزینه های مربوط به پارامتر				
امنیت کنتور	گزینه	بسیار خوب	خوب	متوسط	بد	بسیار بد/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
دبی استارت	گزینه	بسیار خوب	خوب	متوسط	بد	بسیار بد/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	گزینه	بسیار خوب	خوب	متوسط	بد	بسیار بد/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	گزینه	بسیار خوب	خوب	متوسط	بد	بسیار بد/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
سهولت قرائت و عدم امکان خطا	گزینه	بسیار راحت	راحت	تقریبا راحت	سخت	بسیار سخت
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	گزینه	حساس نیست	کمی حساس	معمولا حساس	حساس	بسیار حساس
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	گزینه	بسیار خوب	خوب	متوسط	بد	بسیار بد/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
دقت و مقاومت کنتور	گزینه	عالی	خوب	متوسط	بد	ضعیف/ندارد
	عدد	۹	۷	۵	۳	۱
قیمت کنتور ۱/۲ اینچ خانگی	نوع کنتور	سینگل‌جت خشک- سینگل‌جت نیمه‌خشک- سینگل‌جت‌تر	مولتی‌جت خشک- مولتی جت نیمه‌خشک- مولتی‌جت‌تر	پیستونی	اولتراسونیک	الکترو مغناطیسی
	قیمت	۷۰	۹۰	۱۶۰	۶۰۰	۱۲۰۰

جدول ۲: ماتریس نظرات خبرگان صنعت در خصوص معیارهای مرتبط با انواع کنتور آب

شاخص(معیار) / گزینه‌ها	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
مولتی‌جت‌خشک	۹۰	۷	۱	۵	۳	۵	۷	۳	۵
مولتی جت نیمه‌خشک	۹۰	۵	۱	۷	۵	۷	۷	۷	۵
مولتی‌جت‌تر	۹۰	۷	۱	۳	۵	۳	۷	۳	۵
سینگل‌جت‌خشک	۷۰	۳	۱	۷	۳	۷	۵	۳	۱
سینگل‌جت‌نیمه‌خشک	۷۰	۹	۱	۹	۵	۳	۵	۵	۷
سینگل‌جت‌تر	۷۰	۹	۱	۵	۵	۵	۳	۳	۷
پیستونی	۱۶۰	۹	۱	۵	۵	۳	۹	۹	۹
الکترومغناطیسی	۱۲۰۰	۹	۳	۹	۵	۹	۹	۵	۵
اولتراسونیک	۶۰۰	۹	۳	۹	۵	۷	۹	۵	۵

ارزیابی وزن شاخص‌ها و رتبه‌بندی گزینه‌ها

با استفاده از تکنیک آنتروپی و با بهره‌گیری از ماتریس تصمیم و اطلاعات جدول ۲ ابتدا ماتریس نرمال شده بر اساس رابطه (۲) به صورت جدول ۳ بدست می‌آید که از تقسیم کردن مقدار هر مولفه در جدول شماره ۲ بر مجموع مقادیر مولفه‌های هر معیار محاسبه می‌شود.

جدول ۳: ماتریس مقادیر نرمال شده در روش آنتروپی

شرح	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
مولتی‌جت‌خشک	۰.۰۴	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۱۴	۰.۱۵	۰.۰۳	۰.۰۳
مولتی جت نیمه‌خشک	۰.۰۴	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۵	۰.۱۰	۰.۱۴
مولتی‌جت‌تر	۰.۰۴	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۱۵	۰.۱۰	۰.۱۴
سینگل‌جت‌خشک	۰.۰۳	۰.۰۵	۰.۰۸	۰.۱۴	۰.۱۰	۰.۱۴	۰.۰۲	۰.۱۰	۰.۰۳
سینگل‌جت‌نیمه‌خشک	۰.۰۳	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۰۲	۰.۱۰	۰.۱۴
سینگل‌جت‌تر	۰.۰۳	۰.۰۹	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۰۲	۰.۱۰	۰.۱۴
پیستونی	۰.۰۷	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۱۰	۰.۰۶	۰.۱۱	۰.۱۶	۰.۱۴
الکترومغناطیسی	۰.۴۹	۰.۱۶	۰.۲۳	۰.۱۸	۰.۱۶	۰.۱۸	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۱۴
اولتراسونیک	۰.۲۵	۰.۱۶	۰.۲۳	۰.۱۸	۰.۱۶	۰.۱۴	۰.۱۹	۰.۱۶	۰.۱۴

در گام بعدی مقادیر امیدریاضی مربوط به هر یک از شاخص‌ها یا معیارها (E_j) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود. سپس پارامتر فاصله (d_j) معیارها محاسبه می‌شود که نتایج نهایی مطابق جدول ۴ است.

جدول ٤: مقادیر E_j و d_j محاسبه شده با استفاده از روش آنتروپی

شرح	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
E	۰.۷۰	۰.۹۸	۰.۹۴	۰.۹۶	۰.۹۹	۰.۹۷	۰.۹۰	۰.۹۷	۰.۹۵
d	۰.۳۰	۰.۰۲	۰.۰۶	۰.۰۴	۰.۰۱	۰.۰۳	۰.۱۰	۰.۰۳	۰.۰۵

جهت محاسبه وزن نهایی هریک از شاخص‌ها (W_j) مقدار هریک از پارامترهای فاصله (d_j) بر مجموع مقادیر d_j تقسیم و مقادیر نهایی W_j مطابق جدول ۵ محاسبه می‌گردد که مقادیر بدست آمده بین ۰ و ۱ بوده و مجموع این مقادیر نیز ۱ می‌باشد.

جدول ۵: مقادیر نهایی وزن‌ها با استفاده از روش آنتروپی

قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
٪۴۶	٪۳	٪۱۰	٪۶	٪۲	٪۵	٪۱۶	٪۵	٪۸

مطابق مقادیر بدست آمده بیشترین وزن معیارها مربوط به قیمت کنتور و کمترین مربوط به سهولت قرائت و عدم امکان خطا می‌باشد که در تصمیم‌گیری‌های آتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مرحله محاسبه وزن‌های هریک از شاخص‌ها توسط روش آنتروپی اتمام می‌یابد. در ادامه با توجه به وزن‌های بدست آمده از روش آنتروپی با استفاده از روش تاپسیس، رتبه‌بندی گزینه‌ها (کنتورها) بررسی می‌شود.

در اولین گام روش تاپسیس مقادیر نرمال شده ماتریس N_{ij} به صورت جدول ۶ می‌باشد.

جدول ٦: مقادیر نرمال شده با استفاده از روش تاپسیس

شرح	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتور در حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
مولتی‌جت‌خشک	۰.۰۷	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۳۸	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۳۸	۰.۰۹	۰.۰۸
مولتی جت نیمه‌خشک	۰.۰۷	۰.۳۵	۰.۲۰	۰.۲۷	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۳۸	۰.۲۷	۰.۳۸
مولتی‌جت‌تر	۰.۰۷	۰.۳۵	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۱۷	۰.۳۸	۰.۲۷	۰.۳۸
سینگل‌جت‌خشک	۰.۰۵	۰.۱۵	۰.۲۰	۰.۳۸	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۰۵	۰.۲۷	۰.۰۸
سینگل‌جت‌نیمه‌خشک	۰.۰۵	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۲۷	۰.۲۸	۰.۲۹	۰.۰۵	۰.۲۷	۰.۳۸
سینگل‌جت‌تر	۰.۰۵	۰.۲۵	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۱۷	۰.۰۵	۰.۲۷	۰.۳۸
پیستونی	۰.۱۲	۰.۳۵	۰.۲۰	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۱۷	۰.۲۷	۰.۴۵	۰.۳۸
الکترومغناطیسی	۰.۸۸	۰.۴۵	۰.۶۰	۰.۴۹	۰.۴۷	۰.۵۲	۰.۴۹	۰.۴۵	۰.۳۸
اولتراسونیک	۰.۴۴	۰.۴۵	۰.۶۰	۰.۴۹	۰.۴۷	۰.۴۰	۰.۴۹	۰.۴۵	۰.۳۸

با توجه به ماتریس فوق و مقادیر وزن‌های بدست آمده با استفاده از روش آنتروپی، ماتریس V با استفاده از رابطه (۳) بدست می‌آید که نتایج مطابق جدول ۷ می‌باشد. در حقیقت مقادیر محاسبه شده وزن شاخص‌ها (W_j) در جدول ۵ در مقادیر هر یک از مولفه‌های متناظر با هر شاخص ضرب می‌شود.

جدول ۷: ماتریس وزین V با استفاده از روش تاپسیس

شرح	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
مولتی‌جت خشک	۰.۰۳۰	۰.۰۰۸	۰.۰۱۹	۰.۰۲۲	۰.۰۰۵	۰.۰۲۰	۰.۰۶۱	۰.۰۰۵	۰.۰۰۶
مولتی جت نیمه‌خشک	۰.۰۳۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۹	۰.۰۱۶	۰.۰۰۵	۰.۰۱۵	۰.۰۶۱	۰.۰۱۴	۰.۰۲۸
مولتی‌جت تر	۰.۰۳۰	۰.۰۱۱	۰.۰۱۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۶۱	۰.۰۱۴	۰.۰۲۸
سینگل‌جت خشک	۰.۰۲۳	۰.۰۰۵	۰.۰۱۹	۰.۰۲۲	۰.۰۰۵	۰.۰۲۰	۰.۰۰۹	۰.۰۱۴	۰.۰۰۶
سینگل‌جت نیمه‌خشک	۰.۰۲۳	۰.۰۰۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۶	۰.۰۰۵	۰.۰۱۵	۰.۰۰۹	۰.۰۱۴	۰.۰۲۸
سینگل‌جت تر	۰.۰۲۳	۰.۰۰۸	۰.۰۱۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۱۴	۰.۰۲۸
پیستونی	۰.۰۵۳	۰.۰۱۱	۰.۰۱۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۴۳	۰.۰۲۳	۰.۰۲۸
الکترومغن اطیسی	۰.۴۰۰	۰.۰۱۵	۰.۰۵۸	۰.۰۲۹	۰.۰۰۹	۰.۰۲۶	۰.۰۷۸	۰.۰۲۳	۰.۰۲۸
اولتراسونی ک	۰.۲۰۰	۰.۰۱۵	۰.۰۵۸	۰.۰۲۹	۰.۰۰۹	۰.۰۲۰	۰.۰۷۸	۰.۰۲۳	۰.۰۲۸

در گام بعدی مقادیر ایده ال مثبت A^+ و ایده آل منفی A^- از روابط (۴) و (۵) محاسبه و نتایج مطابق جدول ۸ بدست می‌آید. با توجه به اهمیت نوع شاخص در محاسبه مقادیر ایده آل، از بین این شاخص‌ها تنها شاخص «قیمت کنتور» منفی می‌باشد و بقیه شاخص‌ها مثبت است. برای شاخص‌های مثبت، مقدار ایده آل مثبت بیشترین مقدار مولفه‌های هر شاخص و مقدار ایده آل منفی کمترین مقدار مولفه‌های هر شاخص از جدول ۷ می‌باشد. ولی برای شاخص منفی (قیمت) این موضوع برعکس بوده و مقدار ایده آل مثبت کمترین مقدار مولفه‌های مربوط به این شاخص و ایده آل منفی بیشترین مقدار مولفه‌های این شاخص می‌باشد. بنابراین مقادیر ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی مطابق جدول ۸ می‌باشد.

جدول ۸: مقادیر ایده آل مثبت و منفی

شرح	قیمت کنتور	دقت و مقاومت کنتور	دقت کنتوردر حالات مختلف نصب	حساسیت نسبت به ذرات ریز موجود در آب	سهولت قرائت و عدم امکان خطا	مقاومت و حساسیت نسبت به سختی آب	مقاومت در برابر ضربات هیدرولیکی آب	دبی استارت	امنیت کنتور
A^+	۰.۰۲۳	۰.۰۱۵	۰.۰۵۸	۰.۰۲۹	۰.۰۰۹	۰.۰۲۶	۰.۰۷۸	۰.۰۲۳	۰.۰۲۸
A^-	۰.۴۰۰	۰.۰۰۵	۰.۰۱۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۵	۰.۰۰۹	۰.۰۰۹	۰.۰۰۵	۰.۰۰۶

سپس فاصله گزینه‌ها با ایده آل مثبت (d_i^+) و ایده‌آل منفی (d_i^-) و فاصله نزدیکی نسبت به ایده آل (CL_i) محاسبه می‌شود. جهت محاسبه فاصله هر یک از مولفه‌ها از مقادیر ایده آل مثبت و منفی مندرج در جدول ۷ از روابط (۶) و (۷) استفاده می‌شود؛ که نتایج بدست آمده مطابق جدول ۹ می‌باشد. در نهایت برای محاسبه فاصله نزدیکی نسبت به ایده آل برای هر یک از گزینه‌ها یا کنتورها، مقدار ایده آل منفی هر یک از گزینه یا کنتورها بر مجموع مقادیر مثبت و منفی مطابق با رابطه (۸) تقسیم می‌شود و مقادیر میزان نزدیکی نسبت به ایده آل CL_i مطابق جدول شماره ۹ برای هر کنتور محاسبه می‌شود.

جدول ۹: فاصله گزینه ها با ایده آل و نرخ نزدیکی به ایده آل با استفاده از روش تاپسیس

شرح	d_i^+	d_i^-	CL_i
مولتی‌جت‌خشک	۰.۰۵	۰.۳۷	۰.۸۷۵
مولتی جت نیمه‌خشک	۰.۰۵	۰.۳۷	۰.۸۸۷
مولتی‌جت‌تر	۰.۰۵	۰.۳۷	۰.۸۷۹
سینگل‌جت‌خشک	۰.۰۸	۰.۳۸	۰.۸۱۷
سینگل‌جت‌نیمه‌خشک	۰.۰۸	۰.۳۸	۰.۸۲۱
سینگل‌جت‌تر	۰.۰۸	۰.۳۸	۰.۸۱۷
پیستونی	۰.۰۷	۰.۳۵	۰.۸۴۲
الکترومغناطیسی	۰.۳۸	۰.۰۹	۰.۱۹۲
اولتراسونیک	۰.۱۸	۰.۲۲	۰.۵۵۳

در این مقاله با استفاده از ورودی‌های تهیه شده برای مدل (ماتریس تصمیم‌گیری و وزن شاخص‌ها) و با توجه به مراحل روش تاپسیس، رتبه‌بندی کنتورهای آب ارائه شده است. خروجی مدل، اولویت‌بندی انواع کنتور را به شرح جدول ۱۰ ارائه می‌نماید. جهت تعیین اولویت، مقادیر میزان نزدیکی نسبت به ایده آل (CL_i) بر اساس بیشترین مقدار تا کمترین مقدار مرتب می‌شود و انتخاب نهایی کنتورها بر اساس نتایج مرتب شده صورت می‌گیرد.

جدول ۱۰: رتبه‌بندی نهایی کنتورهای آب

رتبه	نوع کنتور
۱	مولتی جت نیمه‌خشک
۲	مولتی‌جت‌تر
۳	مولتی‌جت‌خشک
۴	پیستونی
۵	سینگل‌جت‌نیمه‌خشک
۶	سینگل‌جت‌خشک
۷	سینگل‌جت‌تر
۸	اولتراسونیک
۹	الکترومغناطیسی

با توجه به نتایج محاسباتی صورت گرفته در این تحقیق (جدول ۱۰) می‌توان نتیجه گرفت که از نقطه نظر مصرف کننده خانگی کنتور «مولتی جت نیمه خشک» در اولویت اول انتخاب قرار دارد. این انتخاب بر اساس شاخص‌هایی است که از دید مصرف کننده خانگی مهم می‌باشند. مهم‌ترین شاخص بر پایه محاسبات صورت گرفته در این تحقیق از دید مصرف کننده خانگی «قیمت کنتور» است که در جدول ۵ مورد بررسی قرار گرفت. درجه اهمیت محاسبه شده برای شاخص‌ها (جدول ۵) و همچنین رتبه‌بندی کنتورها از دید مصرف کننده خانگی (جدول ۱۰) از جمله خروجی‌های مهم این تحقیق است که برای صنعت آب و همچنین شرکت‌های آب و فاضلاب بسیار مهم و حائز اهمیت است. این خروجی‌ها در برنامه‌های توسعه این شرکت‌ها و همچنین در استفاده به منظور جلب رضایت مصرف کنندگان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه گیری

این مقاله به رتبه‌بندی و انتخاب کنتورهای آب به عنوان یکی از مباحث عمده در شرکت‌های آب و فاضلاب پرداخته است. افزایش تعداد مشترکین، افزایش تعداد حوادث ناشی از مناسب نبودن کنتورهای آب، پارامترهای مختلف کنتور آب و همچنین شرایط محیطی و منطقه‌ای اهمیت این موضوع را نشان می‌دهد. بر این اساس، این مقاله به ارائه یک روش علمی بر پایه تکنیک‌های آنتروپی و تاپسیس به منظور رتبه‌بندی کنتورهای آب پرداخته است. برای این منظور ابتدا انواع کنتورهای مورد استفاده و همچنین شاخص‌های مناسب برای ارزیابی آن‌ها بر اساس نظرات خبرگان این صنعت شناسایی گردیده است. سپس درجه اهمیت شاخص‌ها یا به عبارتی وزن شاخص‌ها به کمک تکنیک آنتروپی محاسبه شده است. در نهایت با استفاده از تکنیک تاپسیس رتبه‌بندی کنتورهای آب ارائه شده است تا تصمیم‌گیرنده بتواند مناسب‌ترین کنتور آب را به منظور دستیابی به خروجی مورد نظر با کمترین هزینه و توانایی انتخاب نماید.

محاسبه وزن شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی نشان می‌دهد که «قیمت کنتور» بالاترین درجه اهمیت و «دقت و مقاومت کنتور» کمترین درجه اهمیت را از نقطه نظر مصرف کننده کنتورهای آب دارد. اهمیت سایر شاخص‌ها از دید استفاده کنندگان بر اساس روش آنتروپی در جدول ۵ نشان داده شده است.

با توجه به اولویت‌های بدست آمده برپایه محاسبات صورت گرفته از روش تاپسیس، بهترین کنتور جهت نصب در امور مشترکین کنتور مولتی جت نیمه‌خشک است. در صورت در دسترس نبودن کنتور مولتی جت نیمه‌خشک، کنتور مولتی جت تر به عنوان کنتور جایگزین می‌تواند استفاده شود. سایر رتبه‌بندی کنتورهای مورد بررسی مطابق جدول ۱۰ می‌باشد.

در ادامه تحقیقات پیشنهاد می‌شود با توجه به اینکه در این تحقیق در خصوص تامین کنندگان کنتورهای آب تحلیلی صورت نگرفته است؛ با توجه به اهمیت معیارهای مرتبط با تامین کنندگان اعم از قیمت پیشنهادی و موعد تحویل و گارانتی محصولات، ارزیابی این آیتم‌ها نیز اضافه گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود در ادامه این تحقیق تکنیک‌های دیگر تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه نیز مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر آن در تحقیقات بعدی می‌توان با توجه به شرایط منطقه‌ای و وضعیت مالی مشترکین مناطق نیز نسبت به بررسی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه اقدام نمود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر اصول اخلاق پژوهشی رعایت شده است.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: مهدی نخعی نژاد؛ روش شناسی و تحلیل داده‌ها: مهدی نخعی نژاد، احمد سرتیپ زاده؛ نظارت و نگارش نهایی: مهدی نخعی نژاد، احمد سرتیپ زاده.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Yazdandoost F, Izadi A. An asset management approach to optimize water meter replacement. Environmental Modelling & Software. 2018; 104: 270-281. [https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.015]
2. Tabesh M, Ali-Bariany E, Motevallian S, Roozbahani A, Beygi S. Prioritization of Water Consumption Management Strategies in Water Distribution Networks Using Multiple Criteria Decision Making Method of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (Case Study: Tehran). Amirkabir Journal of Civil Engineering. 2017; 49(1): 47-56. [doi: 10.22060/ceej.2015.379].
3. Michaud D., Apostolakis G E. Methodology for Ranking the Elements of Water-Supply Networks. Journal of Infrastructure Systems. 2006, 12(4), 230–242. [doi:10.1061/(asce)1076-0342(2006)12:4(230)].
4. Morais D C, de Almeida A T. Group decision-making for leakage management strategy of water network. Resources, Conservation and Recycling. 2007, 52(2), 441–459. [https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2007.06.008]
5. Berg S, Lin C. Consistency in performance rankings: the Peru water sector. Applied Economics. 2008, 40(6), 793–805. [https://doi.org/10.1080/00036840600749409]
6. Kavousian A, Rajagopal R, Fischer M. Ranking appliance energy efficiency in households: Utilizing smart meter data and energy efficiency frontiers to estimate and identify the determinants of appliance energy efficiency in residential buildings. Energy and Buildings. 2015; 99, 220–230. [DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.03.052]
7. Zyoud S. H., Shaheen H., Samhan S., Rabi A., Al-Wadi F., Fuchs-Hanusch, D. Utilizing analytic hierarchy process (AHP) for decision making in water loss management of intermittent water supply systems. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. 2016; 6(4), 534–546. [https://doi.org/10.2166/washdev.2016.123]
8. Zyoud S H, Kaufmann L G, Shaheen H, Samhan S, Fuchs-Hanusch D. A framework for water loss management in developing countries under fuzzy environment: Integration of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications. 2016; 61, 86–105. [https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.05.016]
9. Rajabi G., Ostad-Ali-Askari K., Eslamian S, Singh V, Dalezios N. Non-Accounted Water Assessment at the Level of water distribution Networks in Isfahan's Small communities, Isfahan, Iran. Journal of Environmental Research. 2018; 2, 1:4. [https://www.researchgate.net/publication/327966435_Non-Accounted_Water_Assessment_at_the_Level_of_Water_Distribution_Networks_in_Isfahan%27s_Small_Communities_Isfahan_Iran]
10. Mohammed H J, Kasim M M, Shaharanee I N M. Selection of suitable e-learning approach using TOPSIS technique with best ranked criteria weights. AIP Conference Proceedings. 2017; AIP Publishing, 040019. [DOI:10.1063/1.5012207]
11. Biswas P, Pramanik S, Giri B C. TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. Neural computing and Applications. 2016; 27, 727-737. [https://doi.org/10.1007/s00521-015-1891-2]
12. Ardakani Z, Bartolini F, Brunori G. Food and nutrition security in Iran: application of TOPSIS technique. New Medit. 2017; 16, 11-17. [https://www.researchgate.

net/publication/315713361_Food_and_nutrition_security_in_Iran_Application_of_TOPSIS_technique]