

Research Paper

مقاله پژوهشی

**Ranking of Consumption Management
Strategies in Drinking Water Distribution
Networks by Using Multiple Attribute
Decision Making**

**رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف در شبکه‌های
توزیع آب شرب با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه**

Abbas Jahangiri*

Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad
University, Khomein Branch, Khomein, Iran.

* Corresponding author, Email:
jahangirieng@yahoo.com

عباس جهانگیری*
باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد خمین، دانشگاه آزاد
اسلامی، خمین، ایران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: jahangirieng@yahoo.com

Received: 03/12/2018

Revised: 22/05/2019

Accepted: 25/05/2019

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۱۲

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۴

Abstract

چکیده

Water consumption management strategies seek to reduce water consumption and establish a reasonable and sustainable balance between water supply and demand. The purpose of this paper was to rank the consumption management strategies in drinking water distribution networks by using Multiple Attribute Decision Making (MADM). To this end, four strategies and five attributes were considered to form the decision making matrix. The strategies were: 1) Cultural approach; 2) Using low-flow fixtures; 3) Increasing water tariffs; 4) Reducing permissible water consumption without income. Five attributes were: 1) Strategy implementation cost; 2) Time required for the implementation of the strategy; 3) Customer satisfaction from the strategy implementation; 4) Impact of strategy on consumption reduction; 5) Impact of strategy on unaccounted for water. These studies were conducted in Central Province Rural Water and Wastewater Company. In order to determine the score of each strategy from each index, group decision making was used and a questionnaire was distributed among 14 authorities of the Company. The average scores were incorporated into the decision matrix. Furthermore the weight of each attribute was determined using the Entropy method. In order to process the decision making matrix, WASPAS method was used and calculations were implemented in Excel 2010 spreadsheet. Finally, the strategies were ranked and the results showed that the best strategy to reduce drinking water consumption in the villages of this province is to use low-flow fixtures. Therefore, it is recommended that these fixtures be made available to the public in accordance with a comprehensive plan and also the necessary training in this regard be provided.

راهبردهای مدیریت مصرف آب به مجموعه‌ای از راهبردها گفته می‌شود که با هدف کاهش مصرف و برقراری یک تعادل منطقی و پایدار بین عرضه و تقاضای آب طراحی و اجرا می‌شوند. هدف از این تحقیق رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف در شبکه‌های توزیع آب شرب با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه بود. به این منظور برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، چهار راهبرد و پنج شاخص در نظر گرفته شد که راهبردها به ترتیب عبارتند از: (۱) فرهنگ‌سازی؛ (۲) استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف؛ (۳) افزایش آب‌بها؛ (۴) کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد و پنج شاخص به ترتیب شامل: (۱) هزینه اجرای راهبرد؛ (۲) مدت زمان لازم برای اجرای راهبرد؛ (۳) میزان رضایت مشترکین از اجرای راهبرد؛ (۴) میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش مصرف؛ (۵) میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش آب بدون درآمد. این مطالعات در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مشخص نمودن امتیاز هر راهبرد از هر شاخص، از روش تصمیم‌گیری گروهی استفاده شد. پرسش‌نامه‌ای بین ۱۴ مسئول شرکت مذکور توزیع و میانگین امتیازات در ماتریس تصمیم‌گیری لحاظ شد. متن پرسش‌نامه در پیوست ارائه شده است. وزن هر شاخص نیز با استفاده از روش آنترپی تعیین شد. به منظور پردازش ماتریس تصمیم‌گیری از روش WASPAS استفاده شد. به کمک نرم‌افزار Excel 2010 محاسبات لازم صورت گرفت و نهایتاً راهبردها رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان داد بهترین راهبرد برای کاهش مصرف آب شرب در روستاهای این استان، استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف است. لذا پیشنهاد می‌شود طبق برنامه‌ای جامع این قطعات در دسترس مردم قرار گرفته و آموزش‌های لازم در این خصوص ارائه شود.

Keywords: Multiple Attribute Decision Making, Low-flow fixtures, Water consumption management, Weighted aggregated sum product assessment.

واژه‌های کلیدی: مدیریت مصرف آب، تصمیم‌گیری چند شاخصه، ارزیابی محصول جمع شده با وزن، تجهیزات کاهنده مصرف.

درآمد در جدول بالانسینگ انجام داده‌اند؛ صالح‌نیا و همکاران (۱۳۸۶)، فطرس و همکاران (۱۳۹۲)، (Haque et al., 2015) و Sahin et al. (2017) که همگی اثر قیمت آب بر مصرف آن را مورد بررسی قرار داده‌اند و یا احمدلو و کرمی (۱۳۹۴) که تاثیر فرهنگ‌سازی در جامعه بر اصلاح الگوی مصرف آب را مورد بررسی قرار داده‌اند اشاره کرد. اما همان‌طور که مشخص است در هر تحقیق تنها یک راهبرد مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است؛ بنابراین ضروری است تا با بهره‌گیری از یک رویکرد جامع و نظام‌مند، راهبردهای مختلفی که به‌منظور کاهش مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب قابل به‌کارگیری هستند مورد بررسی و رتبه‌بندی قرار گیرند.

یکی از روش‌هایی که امروزه به‌منظور رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه (راهبرد) از میان چندین گزینه با در نظر گرفتن چندین معیار (شاخص) مورد استفاده قرار می‌گیرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. تاکنون از این مدل‌ها استفاده‌های مختلفی در صنعت آب و فاضلاب انجام شده است از جمله: انتخاب بهترین لوله برای بازسازی شبکه‌های توزیع آب (Salehi et al., 2018)، سنجش کیفیت آب و شناسایی مکان‌های مستعد خطرهای زیست‌محیطی با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلف کیفیتی (Mladenović-Ranisavljević et al., 2018)، شناسایی و اولویت‌بندی بخش‌های مختلف شبکه‌های توزیع آب و فاضلاب به‌منظور نوسازی آن‌ها (Tscheikner-Gratl et al., 2017)، انتخاب بهترین راهبرد به‌منظور جایگزین نمودن با تامین آب دوگانه (آب خام و تصفیه) (Cole et al., 2018).

از نظر علمی، مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه با مسائلی که از قبل، تعداد گزینه‌ها در آن تعیین شده باشد، مرتبط است و تصمیم‌گیرنده تعداد محدودی گزینه را انتخاب، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی می‌کند. به‌طور کلی این روش به‌دنبال ارزیابی یک مجموعه از گزینه‌ها با توجه به مجموعه‌ای از معیارها است (جهانگیری و جهانگیری، ۱۳۹۶ الف). لازم به ذکر است این مدل‌ها را می‌توان به‌صورت گروهی نیز مورد استفاده قرار داد که در آن صورت باید گروهی از افراد در امر تصمیم‌گیری شرکت داده شوند (ضرغامی و احسانی، ۱۳۹۰). امروزه مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه بسیار مورد توجه و استفاده محققان در صنایع مختلفی از جمله آب و فاضلاب قرار گرفته‌اند (جهانگیری و همکاران، ۱۳۹۶). با این حال باید توجه داشت که بررسی سوابق مطالعاتی نشان می‌دهد که مطالعات بسیار اندکی در خصوص اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب شرب صورت گرفته است.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی چند شاخصه مطابق شکل ۱ صورت گرفته

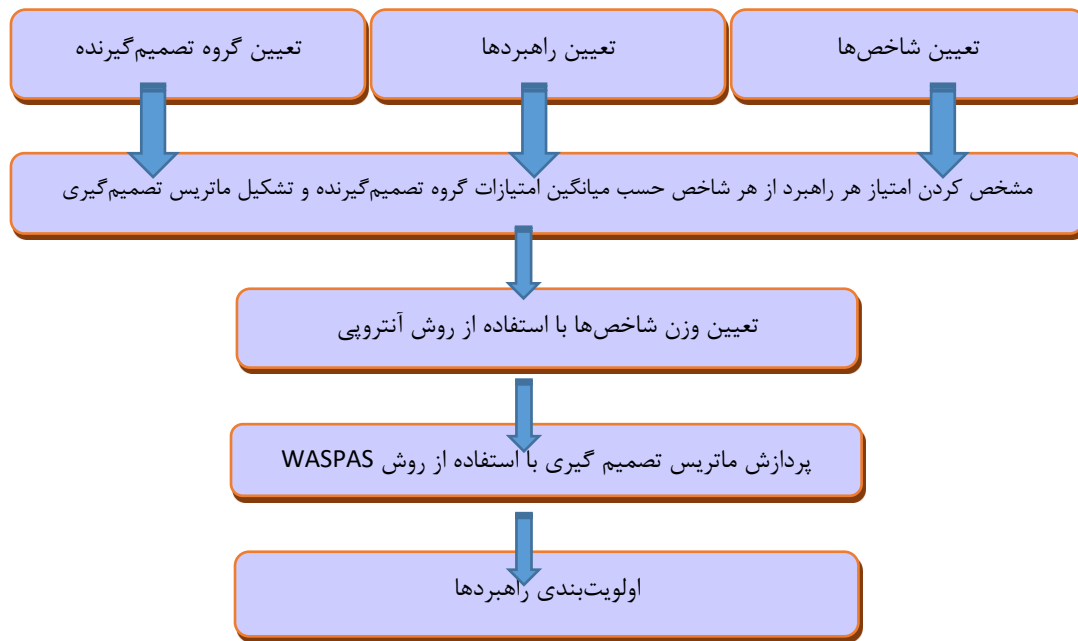
امروزه چهل درصد از جمعیت جهان با کمبود آب مواجه هستند بدون این‌که به مکان زندگی آن‌ها توجه شود (Calzadilla et al., 2011). از سویی دیگر، دسترسی به منابع آب شیرین از مسائل بسیار مهم در بیشتر کشورها از جمله منطقه خاورمیانه و کشور ایران است (عزتی فیض، ۱۳۹۴؛ Nazari et al., 2018). ایران به‌دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان در زمره کشورهای با محدودیت منابع آب قلمداد می‌شود و به‌همین دلیل نیز این ماده حیاتی، یکی از مهم‌ترین ارکان توسعه کشور است که توسعه سایر بخش‌ها در گروی بهره‌برداری پایدار از آن است (عزتی فیض، ۱۳۹۴).

با توجه به کاهش محسوس منابع آب تجدیدپذیر و محدودیت‌های موجود در توسعه منابع آب جدید در اکثر نقاط دنیا، تمرکز رویکردهای مدیریتی به‌میزان قابل‌توجهی از مدیریت عرضه به مدیریت تقاضا تغییر نموده است. مجموعه‌ای از راهبردها که با هدف کاهش مصرف آب و برقراری یک تعادل منطقی و پایدار بین عرضه و تقاضای آب طراحی و اجرا می‌شوند، راهبردهای مدیریت مصرف آب نامیده می‌شوند (انصاری و همکاران، ۱۳۹۶). در این راهبردها، تلاش بر این است که با استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف، افزایش آگاهی مصرف کنندگان، به‌کارگیری ابزارهای قانونی و تعرفه‌ای و همچنین رویکردهای مدیریتی بهینه، آب را از یک کالای مصرفی به یک کالای ارزشی و اقتصادی تبدیل نمایند (تابش و همکاران، ۱۳۹۶؛ صالح‌نیا و انصاری، ۱۳۸۶). امروزه روش‌های مختلفی برای مدیریت مصرف آب مورد استفاده قرار می‌گیرد که مهم‌ترین روش‌ها عبارتند از: مدیریت و کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد، استفاده از لوازم و شیرآلات کاهنده مصرف، فرهنگ‌سازی مصرف کنندگان (از طریق اجرای برنامه‌های آموزشی و تبلیغاتی) و افزایش آب‌بها. بدیهی است هر یک از روش‌های فوق در صورتی که بسترسازی مناسبی انجام شده باشد، می‌تواند تا حدودی در کاهش مصرف مؤثر باشد. اما هزینه‌ها، زمان اجرا، میزان اثرگذاری و فرآیند تأثیر هر یک متفاوت خواهد بود (تابش و همکاران، ۱۳۹۶).

گرچه تحقیقات داخلی و خارجی متعددی در خصوص ارائه راهکارهایی به‌منظور مدیریت مصرف آب صورت گرفته شده است که به‌عنوان مثال می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد: ملکی‌نسب و همکاران (۱۳۸۶)، طالع‌زاده و همکاران (۱۳۹۳)، Nazer et al. (2010) و Price et al. (2014) که همگی آنان به ارزیابی صرفه‌جویی در مصرف آب خانگی به‌واسطه استفاده از قطعات کاهنده مصرف پرداخته‌اند؛ شمسایی و همکاران (۱۳۹۰) که تحلیلی بر مدیریت مصرف آب با کنترل پارامتر مصرف مجاز بدون

است. منطقه مطالعاتی این پژوهش شبکه توزیع آب شرب روستایی استان مرکزی است. در این مطالعات برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری چهار راهبرد و پنج شاخص در نظر گرفته شد و به منظور مشخص کردن

امتیاز هر راهبرد از هر شاخص، از تصمیم‌گیری گروهی استفاده شد. نتایج نشان داد بهترین راهبرد برای کاهش مصرف آب شرب در روستاهای این استان استفاده از ابزار آلات کاهنده مصرف است.



شکل ۱- مدل مفهومی اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب

۲- مواد و روش‌ها

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق منطقه مورد مطالعه استان مرکزی است. مساحت این استان چیزی حدود ۲۹،۱۲۷ کیلومتر مربع و دارای ۱،۴۲۹،۴۷۵ نفر جمعیت است که ۳۲۹،۶۹۰ نفر از آنان جمعیت روستایی هستند. شرکت آب و فاضلاب روستایی این استان تا پایان سال ۱۳۹۶ تعداد ۸۲۴ روستا با جمعیتی معادل ۲۹۰،۲۵۴ نفر را تحت پوشش قرار داده است (درگاه ملی آمار، ۱۳۹۵؛ همشهری آنلاین، ۱۳۹۶؛ شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی، ۱۳۹۶).

۲-۲- ماتریس تصمیم‌گیری

به منظور اولویت‌بندی راهبردها، در ابتدا لازم است که ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل شود، لذا در گام اول راهبردها و شاخص‌های مورد نظر مشخص شدند. لازم به ذکر است راهبردها و شاخص‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق، طی تحقیقات پیشین (تابش و همکاران، ۱۳۹۶) به صورت گروهی تعیین شده بودند که شاخص‌ها به ترتیب عبارت بودند از: (۱) هزینه اجرای راهبرد؛ (۲) مدت زمان لازم برای اجرای راهبرد؛ (۳) میزان رضایت مشترکین از اجرای راهبرد؛ (۴) میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش مصرف

و (۵) میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش آب بدون درآمد. راهبردها هم عبارت بودند از: (۱) فرهنگ‌سازی؛ (۲) استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف؛ (۳) افزایش آب‌بها؛ (۴) کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد. در گام دوم به منظور مشخص کردن امتیاز هر راهبرد از هر شاخص، از تصمیم‌گیری گروهی استفاده شد. بدین منظور پرسشنامه‌ای بین ۱۲ مدیر آب و فاضلاب روستایی شهرستان‌های استان مرکزی و ۲ مسئول در ستاد استان (جمعاً ۱۴ پرسشنامه) توزیع و طی سؤالاتی امتیازهایی بین ۱ تا ۵ به هر راهبرد از حیث هر شاخص توسط آنان داده شد. در نهایت میانگین امتیازات این ۱۴ نفر محاسبه و در ماتریس تصمیم‌گیری لحاظ شد و بدین صورت ماتریس مذکور تشکیل شد.

بدیهی است که در فرآیند اولویت‌بندی و تصمیم‌گیری، ممکن است تمامی شاخص‌ها به یک اندازه حائز اهمیت نباشند، بنابراین پس از تشکیل شدن ماتریس تصمیم‌گیری، وزن هر کدام از شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی مطابق روابط (۱) تا (۴) تعیین شد. در ابتدا P_{ij} با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد. سپس E_j با استفاده از رابطه (۲) مشخص شد. پس از آن مقادیر d_j با استفاده از رابطه (۳) محاسبه و در نهایت وزن هر شاخص (W_j) با استفاده از رابطه (۴) تعیین شد.

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

که P_{ij} : ماتریس تصمیم نرمال شده، x_{ij} : امتیاز گزینه i از شاخص j (همان میانگین امتیازات داده شده توسط اعضای گروه) و m : تعداد راهبردها هستند.

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m [P_{ij} \cdot \ln P_{ij}]; \forall j \quad (2)$$

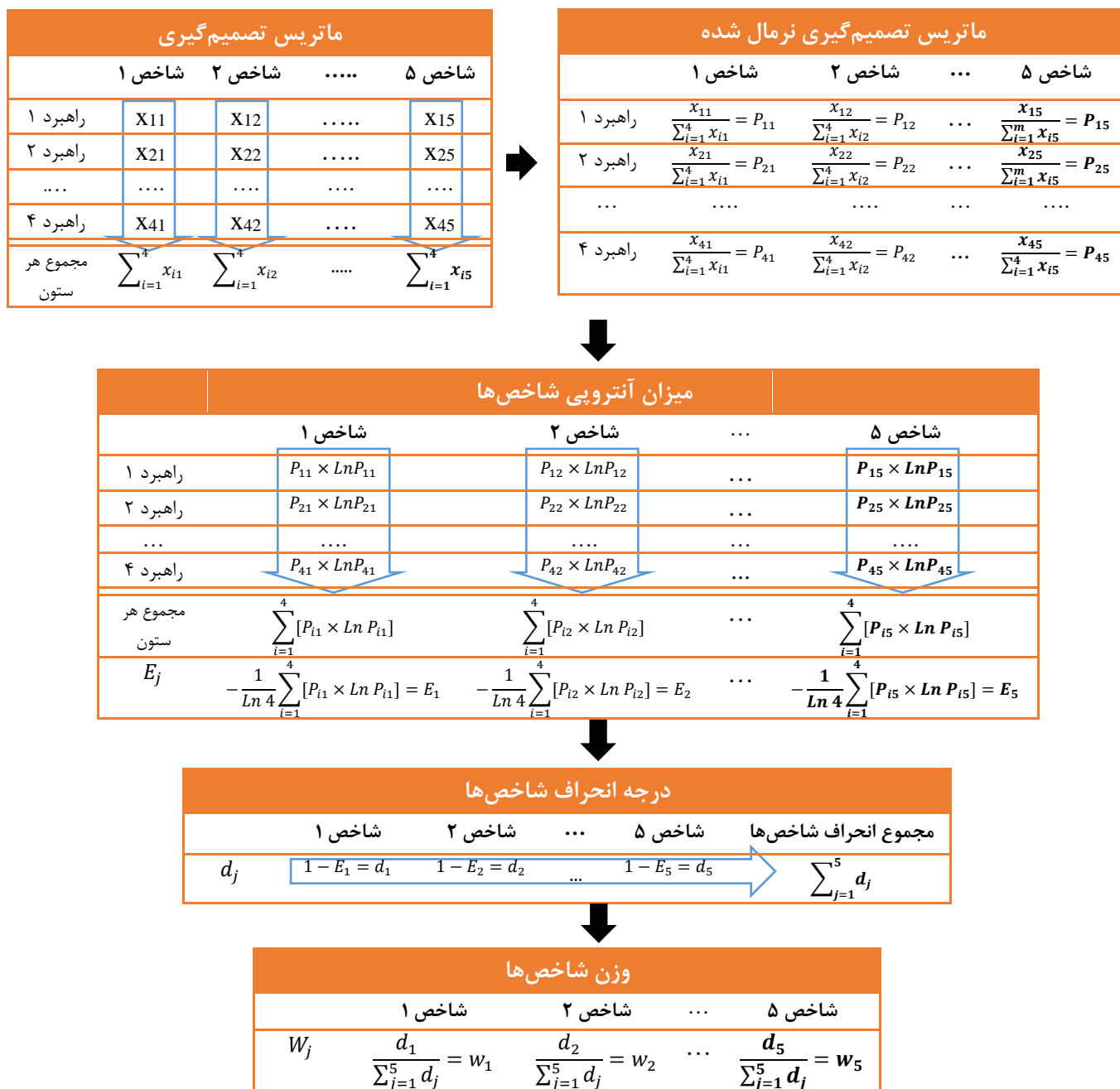
که E_j : میزان آنتروپی شاخص j است.

$$d_j = 1 - E_j \quad (3)$$

که d_j : درجه انحراف شاخص j است.

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

که W_j : وزن شاخص j است (جهانگیری، ۱۳۹۷). بدیهی است وزن محاسبه شده برای هر شاخص بین صفر تا یک (۰ تا ۱۰۰ درصد) به دست خواهد آمد. این مراحل به طور خلاصه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- مراحل محاسبه وزن شاخصها

ماتریس تصمیم گیری چند شاخصه پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری، کافی است با به کارگیری یکی از روش های موجود، (جهانگیری، ۱۳۹۷). روش های مختلفی بدین منظور ارائه شده که یکی از

در مسائل تصمیم گیری چند شاخصه پس از تشکیل ماتریس تصمیم گیری، کافی است با به کارگیری یکی از روش های موجود،

$$Q_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j \quad (7)$$

که $Q_i^{(1)}$: مجموع وزنی راهبرد i است.

$$Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (8)$$

که $Q_i^{(2)}$: محصول وزنی راهبرد i است.

$$Q_i = 0.5 \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij} w_j + 0.5 \prod_{j=1}^n (\bar{x}_{ij})^{w_j} \quad (9)$$

که Q_i : نمره نهایی هر راهبرد و در واقع میانگین مجموع وزنی و محصول وزنی راهبرد i است.

مراحل پردازش ماتریس تصمیم‌گیری به‌طور خلاصه در شکل ۳ نشان داده شده است. بدیهی است هر راهبرد که مقدار Q بیشتری کسب کند دارای امتیاز و اولویت بالاتری خواهد بود (جهانگیری و جهانگیری، ۱۳۹۶). در نهایت راهبردها حسب نمرات به‌دست آمده از بیشترین نمره تا کمترین نمره رتبه بندی شدند. لازم به ذکر است تمامی روابط با استفاده از نرم افزار Excel 2010 مورد محاسبه قرار گرفتند.

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ ماتریس تصمیم‌گیری مسئله مربوطه را که براساس میانگین امتیازاتی که حسب نظرات مدیران و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی به‌دست آمده است نشان می‌دهد.

با استفاده از روابط (۱) تا (۴) وزن هر شاخص برحسب درصد محاسبه شد که شکل ۴ مقدار عددی آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدیدترین آن‌ها روش ارزیابی محصول جمع شده با وزن (WASPAS)^۱ است که اولین بار توسط Zavadskas et al. (2012) معرفی شده است. این روش، ترکیبی از دو مدل WSM (مجموع وزنی) و WPM (محصول وزنی) است که از ویژگی‌ها و مزایای مهم استفاده از آن، دقت بیشتر در مقایسه با روش‌های مستقل است، به‌گونه‌ای که دقت آن تا ۱/۳ برابر در مقایسه با روش مجموع وزنی و ۱/۶ برابر در مقایسه با روش محصول وزنی نیز می‌رسد. علاوه بر این، سادگی محاسبات مربوط به آن از مزایای دیگر این روش محسوب می‌شود. لذا در این تحقیق با به‌کارگیری روش مذکور به‌دلیل سادگی محاسبات و دقت بالایی که دارد و با انجام مراحل زیر ماتریس مسئله مورد پردازش قرار گرفت. این مراحل عبارتند از: ۱- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از روش خطی به‌وسیله رابطه (۵)، در صورتی که شاخص موردنظر از جنس سود باشد (یعنی هرچه امتیاز شاخص بیشتر باشد بهتر خواهد بود) و استفاده از رابطه (۶) در صورتی که شاخص موردنظر از جنس هزینه باشد (یعنی هرچه امتیاز شاخص کمتر باشد بهتر خواهد بود). لازم به ذکر است شاخص‌های اول و دوم؛ یعنی هزینه و زمان اجرای راهبرد از جنس هزینه و بقیه شاخص‌ها از جنس سود هستند. ۲- محاسبه مقدار $Q_i^{(1)}$ با استفاده از رابطه (۷) ۳- محاسبه مقدار $Q_i^{(2)}$ با استفاده از رابطه (۸) ۴- محاسبه Q_i با استفاده از رابطه (۹).

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\text{Max}_i x_{ij}} \quad (5)$$

که \bar{x}_{ij} : نرمال شده مقدار x_{ij} و $\text{Max}_i x_{ij}$: بیشترین مقدار x_{ij} در شاخص j (شاخص‌های از جنس سود) هستند.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\text{Min}_i x_{ij}}{x_{ij}} \quad (6)$$

که $\text{Min}_i x_{ij}$: کمترین مقدار x_{ij} در شاخص j (شاخص‌های از جنس هزینه) است.

جدول ۱- ماتریس تصمیم‌گیری مربوط به راهبردهای مدیریت مصرف آب شرب روستایی استان مرکزی

تأثیر اجرای راهبرد در کاهش آب بدون درآمد	تأثیر اجرای راهبرد در کاهش مصرف	میزان رضایت مشتریان از اجرای راهبرد	مدت زمان لازم برای اجرای راهبرد	هزینه اجرای راهبرد	شاخصها
					راهبردها
۳/۵۰	۳/۵۴	۳/۶۴	۳/۷۱	۳/۷۱	فرهنگ‌سازی
۳/۴۳	۳/۳۶	۳/۱۴	۳/۰۷	۳/۰۰	استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف
۳/۳۶	۳/۲۱	۲/۷۱	۳/۰۰	۳/۴۳	افزایش آب‌بها
۳/۳۶	۳/۰۹	۲/۹۱	۳/۱۸	۳/۰۰	کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد

تعیین بیشترین مقدار شاخص‌های از جنس سود و کمترین مقدار شاخص‌های از جنس هزینه

	شاخص ۱	شاخص ۲	شاخص ۳	شاخص ۴	شاخص ۵
وزن شاخص‌ها	W1	W2	W3	W4	W5
راهبرد ۱	x11	x12	x13	x14	x15
راهبرد ۲	x21	x22	x23	x24	x25
راهبرد ۳	x31	x32	x33	x34	x35
راهبرد ۴	x41	x42	x43	x44	x45
بیشترین/کمترین مقدار	$Min_i x_{i1}$	$Min_i x_{i2}$	$Max_i x_{i3}$	$Max_i x_{i4}$	$Max_i x_{i5}$

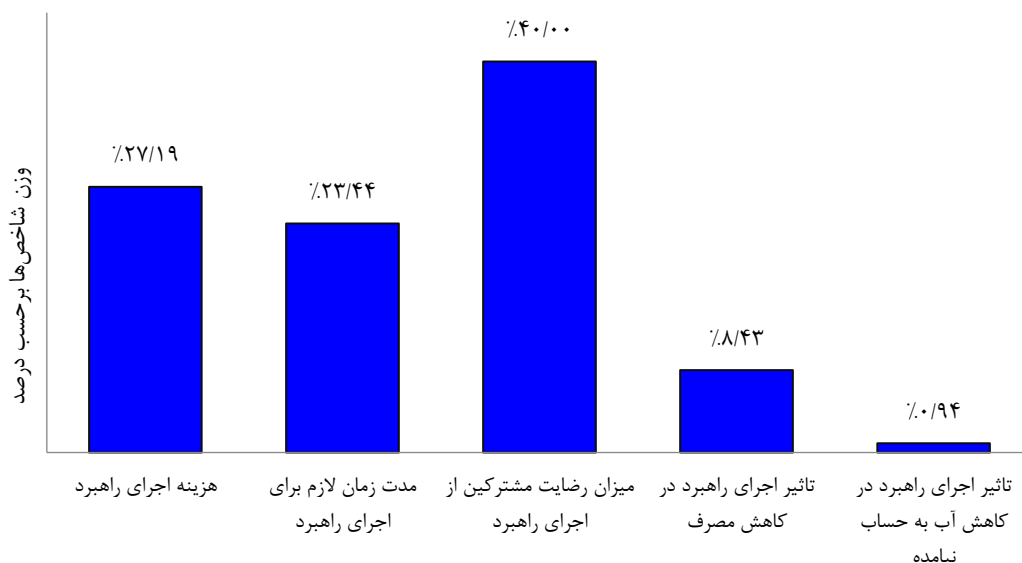
نرمالسازی ماتریس تصمیم

	شاخص ۱	شاخص ۲	شاخص ۳	شاخص ۴	شاخص ۵
وزن شاخص‌ها	W1	W2	W3	W4	W5
راهبرد ۱	$\bar{x}_{11} = \frac{Min_i x_{i1}}{x_{11}}$	$\bar{x}_{12} = \frac{Min_i x_{i2}}{x_{12}}$	$\bar{x}_{13} = \frac{x_{13}}{Max_i x_{i3}}$	$\bar{x}_{14} = \frac{x_{14}}{Max_i x_{i4}}$	$\bar{x}_{15} = \frac{x_{15}}{Max_i x_{i5}}$
راهبرد ۲	$\bar{x}_{21} = \frac{Min_i x_{i1}}{x_{21}}$	$\bar{x}_{22} = \frac{Min_i x_{i2}}{x_{22}}$	$\bar{x}_{23} = \frac{x_{23}}{Max_i x_{i3}}$	$\bar{x}_{24} = \frac{x_{24}}{Max_i x_{i4}}$	$\bar{x}_{25} = \frac{x_{25}}{Max_i x_{i5}}$
راهبرد ۳	$\bar{x}_{31} = \frac{Min_i x_{i1}}{x_{31}}$	$\bar{x}_{32} = \frac{Min_i x_{i2}}{x_{32}}$	$\bar{x}_{33} = \frac{x_{33}}{Max_i x_{i3}}$	$\bar{x}_{34} = \frac{x_{34}}{Max_i x_{i4}}$	$\bar{x}_{35} = \frac{x_{35}}{Max_i x_{i5}}$
راهبرد ۴	$\bar{x}_{41} = \frac{Min_i x_{i1}}{x_{41}}$	$\bar{x}_{42} = \frac{Min_i x_{i2}}{x_{42}}$	$\bar{x}_{43} = \frac{x_{43}}{Max_i x_{i3}}$	$\bar{x}_{44} = \frac{x_{44}}{Max_i x_{i4}}$	$\bar{x}_{45} = \frac{x_{45}}{Max_i x_{i5}}$

محاسبه مجموع وزنی، محصول وزنی و نمره نهایی هر راهبرد

	$Q_i^{(1)}$	$Q_i^{(2)}$	Q_i
راهبرد ۱	$Q_1^{(1)} = \sum_{j=1}^5 \bar{x}_{1j} W_j$	$Q_1^{(2)} = \prod_{j=1}^5 (\bar{x}_{1j})^{W_j}$	$Q_1 = \frac{Q_1^{(1)} + Q_1^{(2)}}{2}$
راهبرد ۲	$Q_2^{(1)} = \sum_{j=1}^5 \bar{x}_{2j} W_j$	$Q_2^{(2)} = \prod_{j=1}^5 (\bar{x}_{2j})^{W_j}$	$Q_2 = \frac{Q_2^{(1)} + Q_2^{(2)}}{2}$
راهبرد ۳	$Q_3^{(1)} = \sum_{j=1}^5 \bar{x}_{3j} W_j$	$Q_3^{(2)} = \prod_{j=1}^5 (\bar{x}_{3j})^{W_j}$	$Q_3 = \frac{Q_3^{(1)} + Q_3^{(2)}}{2}$
راهبرد ۴	$Q_4^{(1)} = \sum_{j=1}^5 \bar{x}_{4j} W_j$	$Q_4^{(2)} = \prod_{j=1}^5 (\bar{x}_{4j})^{W_j}$	$Q_4 = \frac{Q_4^{(1)} + Q_4^{(2)}}{2}$

شکل ۳- مراحل پردازش ماتریس تصمیم‌گیری به منظور تعیین امتیاز کلی هر راهبرد



شکل ۴- مقدار عددی وزن‌های محاسبه شده برای هر شاخص بر حسب درصد

چنانچه در شکل ۴ مشخص است وزن شاخص‌ها با یکدیگر متفاوت هستند به‌گونه‌ای که بیشترین وزن مربوط به شاخص سوم، یعنی میزان رضایت مشترکین از اجرای راهبرد با مقدار عددی ۰/۴۰/۱۰۰٪ و کمترین وزن مربوط به شاخص پنجم، یعنی تاثیر اجرای راهبرد در کاهش آب بدون درآمد با مقدار عددی ۰/۰۹۴٪ است. بنابراین مشخص است که از نظر مدیران و کارشناسان شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی رضایت مشترکین از طرح‌ها و راهبردهای جدید مدیریت مصرف آب از اهمیت بالایی برخوردار است. امروزه نیز موضوع رضایت مشتری یکی از ارکان اساسی در سازمان‌ها محسوب می‌شود به‌گونه‌ای که

کشف نیازها و خواسته‌های مشتریان و برآورده ساختن آن‌ها یک شرط اساسی برای موفقیت در دنیای رقابتی کنونی محسوب می‌شود (Goutam et al., 2007). در تحقیقی که توسط انصاری و صالح‌نیا (۱۳۹۳). صورت گرفته، مشاهده شد که رضایت‌مندی مشترکین، مصرف طولانی‌مدت آنان را تحت تاثیر قرار داده است. پس از پردازش ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از روابط (۵) تا (۹)؛ نمرات $Q_i^{(1)}$ ، $Q_i^{(2)}$ ، Q_i که به ترتیب مجموع وزنی، محصول وزنی و امتیاز کلی هر راهبرد نام دارند و همچنین رتبه نهایی هر راهبرد براساس امتیاز Q_i ، در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نمرات مجموع وزنی، محصول وزنی، امتیاز کلی و رتبه نهایی هر راهبرد

رتبه نهایی	Q_i	$Q_i^{(2)}$	$Q_i^{(1)}$	نمرات راهبردها
دوم	۰/۹۰۱	۰/۸۹۸	۰/۹۰۳	فرهنگ‌سازی
اول	۰/۹۳۴	۰/۹۳۳	۰/۹۳۵	استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف
چهارم	۰/۸۵۳	۰/۸۵۰	۰/۸۵۵	افزایش آب‌بها
سوم	۰/۸۹۳	۰/۸۹۱	۰/۸۹۵	کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد

چنانچه در جدول ۲ مشخص است راهبرد دوم، یعنی استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف رتبه اول، راهبرد اول، یعنی فرهنگ‌سازی رتبه دوم، راهبرد چهارم، یعنی کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد، رتبه سوم و نهایتاً راهبرد سوم، یعنی افزایش آب‌بها، رتبه چهارم را به‌منظور مدیریت مصرف آب در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی کسب نموده‌اند.

رضایت مشترکین از اجرای راهبرد، میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش مصرف و میزان تأثیر اجرای راهبرد در کاهش آب بدون درآمد در شبکه‌های توزیع آب شرب روستاهای استان مرکزی با مشارکت دادن گروهی از مسئولین شرکت آب و فاضلاب روستایی این استان و کمک گرفتن از نظرات آن‌ها رتبه‌بندی شدند. در نهایت تحلیل داده‌ها نشان داد استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف بهترین راهبرد به‌منظور مدیریت مصرف آب در روستاهای این استان است. لذا پیشنهاد می‌شود طبق برنامه‌ای جامع، قطعات کاهنده مصرف آب در دسترس مردم قرار گرفته و آموزش‌های لازم در این خصوص ارائه شود.

۴- نتیجه گیری

یکی از اصلی‌ترین مشکلات شرکت‌های آب و فاضلاب تأمین آب شرب با شاخص‌های قابل قبول کمی و کیفی در شرایطی است که بخش عمده‌ای از کشور ایران تحت شرایط بحرانی آب قرار دارد و بالا بودن سرانه مصرف موجب می‌شود تعادل تقاضا و آب در دسترس از بین برود. در این شرایط باید مدیریت مصرف را در دستور کار قرار داد. لذا سیاست‌ها و راهبردهای مدیریت مصرف آب همواره می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مدرن و دقیق در جهت تأمین اهداف شرکت‌های آب و فاضلاب مورد استفاده قرار گیرد. هدف این راهبردها کاهش مصرف آب و برقراری یک تعادل منطقی و پایدار بین عرضه و تقاضای این ماده حیاتی است.

در این تحقیق با استفاده از یک مدل نوین تصمیم‌گیری چند شاخصه به نام WASPAS چهار راهبرد مدیریت مصرف آب شامل: فرهنگ‌سازی، استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف، افزایش آب‌بها و کاهش مصارف مجاز آب بدون درآمد با در نظرگیری شاخص‌های هزینه اجرای راهبرد، مدت زمان لازم برای اجرای راهبرد، میزان

۴- پی‌نوشت‌ها

1- Weighted Aggregated Sum Product Assessment (WASPAS)

۵- مراجع

احمدلو، ا.، و کرمی، آ.، (۱۳۹۴)، "بررسی تأثیر فرهنگ‌سازی در جامعه بر اصلاح الگوی مصرف آب"، دومین همایش ملی آب، انسان و زمین، شرکت توسعه سازان گردشگری اصفهان.
انصاری، ح.، بوستانی، آ.، طباطبایی، ع.، و فروزش، م.، (۱۳۹۶)، "بررسی مدیریت مصرف و برآورد میزان تقاضای آب شرب شهری مشهد در آفق ۱۴۲۰"، آب و توسعه پایدار، ۴(۱)، ۱۲۵-۱۳۲.

شمسای، ا.، صالحی، س.، کردی، پ.، و صفوی، س.، (۱۳۹۰)، "تحلیل بر مدیریت مصرف آب با کنترل پارامتر مصرف مجاز بدون درآمد در جدول بالانسینگ"، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب/ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

صالح‌نیا، ن.، و انصاری، ح.، (۱۳۸۶)، "آب یک کالای اقتصادی: مقایسه تعرفه‌های بلوکی فزاینده «IBT-con» با تعرفه نرخی فزاینده «IRT-cap»"، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، انجمن اقتصاد کشاورزی ایران.

صالح‌نیا، ن.، فلاحی، م.، انصاری، ح.، و داوری، ک.، (۱۳۸۶)، "بررسی تعرفه‌های آب شرب شهری و تأثیر آن بر الگوی مصرف آب مشترکان، مطالعه موردی: شهر نیشابور"، مجله آب و فاضلاب، ۱۸(۳)، ۵۰-۵۹.

ضرغامی، م.، و احسانی، ا.، (۱۳۹۰)، "ارزیابی روش‌های مختلف تصمیم‌گیری گروهی چندمعیاره در انتخاب طرح‌های انتقال آب به حوضه دریاچه ارومیه"، تحقیقات منابع آب ایران، ۷(۲)، ۱-۱۴.

طالع‌زاده، ج.، نظری، س.، و پناهی کردلاغری، خ.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی صرفه‌جویی آب خانگی به‌واسطه نصب تجهیزات کاهنده آب در شهر سی‌سخت"، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط‌زیست)، دانشگاه شهرکرد.

عزتی فیض، ج.، (۱۳۹۴)، "بحران آب (چالش‌ها و راه‌کارها)"، فصلنامه زمین‌شناسی تئیس، ۶(۱۵)، ۴۲-۵۰.

فطرس، م. ح.، یاری، ح.، و معبودی، ر.، (۱۳۹۲)، "اثر قیمت‌گذاری بلوکی افزایشی بر مصرف آب شرب در استان‌های کشور"، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، ۳(۱۲)، ۲۹-۴۹.

ملکی‌نسب، ا.، ابریشم‌چی، ا.، و تجربی، م.، (۱۳۸۶)، "ارزیابی صرفه‌جویی در مصرف آب خانگی به‌واسطه استفاده از قطعات کاهنده مصرف"، مجله آب و فاضلاب، ۱۸(۲)، ۱۱-۲.

همشهری آنلاین، (۱۳۹۶)، آشنایی با استان مرکزی، آخرین بازدید: ۱۳۹۷/۵/۲۰

<http://www.hamshahrionline.ir/details/28110>.

of climate and community factors on urban water demand", *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 222-230.

Mladenovic-Ranisavljevic, I.I., Takic, L., and Nolic, D., (2018), "Water quality assessment based on combined Multi-Criteria Decision-Making method with index method", *Water Resources Management*, 32, 2261-2276.

Nazari, B., Liaghat, A., Akbari, M.R., and Keshavarz, M., (2018), "Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement", *Agricultural Water Management*, 208, 7-18.

Nazwer, D.W., Siebel, M.A., Van Der Zaag, P., Mimi, Z., and Gijzen, H.J., (2010), "A financial, environmental and social evaluation of domestic water management options in the West Bank, Palestine", *Water Resources*

انصاری، ح.، و صالح‌نیا، ن.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی پارامترهای موثر بر مصرف آب شرب شهری با استفاده از تکنیک تست گاما"، مجله آب و فاضلاب، ۲۵(۱)، ۲-۱۳.

تابش، م.، علی‌باریانی، ا.، متولیان، س.س.، روزبهانی، ع.، و بیگی، س.، (۱۳۹۶)، "رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP): مطالعه موردی، شهر تهران"، نشریه مهندسی عمران/امیرکبیر، ۴۹(۱)، ۴۷-۵۶.

جهانگیری، ع.، و جهانگیری، م.، (۱۳۹۶ الف)، "ارزیابی عملکرد بیمارستان با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه پویا: یک مطالعه موردی در بیمارستان تامین اجتماعی امام خمینی (ره) اراک"، مدیریت بهداشت و درمان، ۸(۱)، ۹۱-۱۰۲.

جهانگیری، ع.، و جهانگیری، م.، (۱۳۹۶ ب)، "استفاده هم‌زمان از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و سروکوال به‌منظور رتبه‌بندی بیمارستان‌های منتخب ایران از نظر کیفیت خدمات ادراک‌شده از سوی مراجع‌کنندگان"، تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، ۲(۱)، ۹۰-۱۰۶.

جهانگیری، ع.، جهانگیری، م.، و مصلی، ع.، (۱۳۹۶)، "رتبه‌بندی استان‌های ایران از نظر وجود منابع بهداشتی و درمانی و سطح دسترسی افراد به آنان با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه"، مدیریت بهداشت و درمان، ۸(۳)، ۷۳-۸۴.

جهانگیری، ع.، (۱۳۹۷)، "رتبه‌بندی مناطق مختلف ایران از نظر میزان برون‌سپاری خدمات درمانی و فعالیت درمان غیرمستقیم سازمان تامین اجتماعی در سال ۱۳۹۵ با استفاده از تصمیم‌گیری چند شاخصه"، مدیریت اطلاعات سلامت، ۱۵(۱)، ۳۴-۳۹.

درگاه ملی آمار، (۱۳۹۵)، سرشماری عمومی نفوس و مسکن، https://www.amar.org.ir/Portals/0/census/1395/result/s/tables/jamiat/tafsili/ostani/1-jamiat_ostani.xls 1397.

شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی، (۱۳۹۶)، آخرین وضعیت روستاها،

[Cole, J., Sharvelle, S., Grigg, N., Pivo, G., and Haukaas, J., \(2018\), "Collaborative, Risk-Informed, Triple Bottom Line, Multi-Criteria Decision Analysis planning framework for integrated urban water management", *Water*, 10, 1722.](https://www.abfarmarkazi.ir/sites/default/files/Report_Calzadilla, A., Rehdanz, K., and Tol, R.S.J., (2011), 'Water scarcity and the impact of improved irrigation management: A computable general equilibrium analysis', Agricultural Economics, 42, 305-323.</p>
</div>
<div data-bbox=)

Goutam, C., Prashant, S., and Fred, M., (2007), "Are drivers of customer satisfaction different for buyers/users from different functional areas?", *Journal of Business and Industrial Marketing*, 22, 20-28.

Haque, M.M., Egodawatta, P., Rahman, A., and Goonetilleke, A., (2015), "Assessing the significance

attribute decision-making model for rehabilitation of water distribution systems", *Structure and Infrastructure Engineering*, 14(6), 743-765.

Tscheikner-Gratl, F., Egger, P., Rauch, W., and Kleidorfer, M., (2017), "Comparison of multi-criteria decision support methods for integrated rehabilitation prioritization", *Water*, 9(2), 68.

Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., and Zakarevicius, A., (2012), "Optimization of weighted aggregated sum product assessment", *Electronics and Electrical Engineering*, 122(6), 3-6.

Management, 24, 4445-4467.

Price, J. I., Cermak, J.M., and Felardo, J., (2014), "Low-flow appliances and household water demand: An evaluation of demand-side management policy in Albuquerque, New Mexico", *Journal of Environmental Management*, 133, 37-44.

Sahin, O., Bertone, E., and Beal, C.D., (2017), "A systems approach for assessing water conservation potential through demand-based water tariffs", *Journal of Cleaner Production*, 148, 773-784.

Salehi, S., Jalili Ghazizadeh, M.R., and Tabesh, M., (2018), "A comprehensive criteria-based multi-

پیوست: نمونه‌ای از پرسشنامه

مسئول محترم شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی
با سلام و احترام؛

خواهشمند است پرسشنامه زیر را که در ارتباط با انتخاب بهترین راهبرد مدیریت مصرف آب است را با نهایت دقت تکمیل فرمائید.

نام و نام خانوادگی (در صورت تمایل): سمت:

سن: سابقه: تحصیلات:

امتیاز					سوال	ردیف
خیلی زیاد ۵	زیاد ۴	متوسط ۳	کم ۲	خیلی کم ۱		
					به نظر شما فرهنگ‌سازی در مدیریت مصرف آب چهقدر مستلزم صرف هزینه در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی است؟	۱
					به نظر شما فرهنگ‌سازی در زمینه مدیریت مصرف آب در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی چهقدر مستلزم صرف زمان است؟	۲
					به نظر شما فرهنگ‌سازی در مدیریت مصرف آب چهقدر موجب رضایت مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی می‌شود؟	۳
					به نظر شما فرهنگ‌سازی در مدیریت مصرف آب چهقدر در کاهش مصرف آب مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی تاثیرگذار است؟	۴
					به نظر شما فرهنگ‌سازی در مدیریت مصرف آب چهقدر در کاهش میزان آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی موثر است؟	۵
					به نظر شما استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف آب چهقدر مستلزم صرف هزینه در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی است؟	۶
					به نظر شما استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف آب در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی چهقدر مستلزم صرف زمان است؟	۷
					به نظر شما استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف آب چهقدر موجب رضایت مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی می‌شود؟	۸
					به نظر شما استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف آب چهقدر در کاهش مصرف آب مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی تاثیرگذار است؟	۹
					به نظر شما استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف آب چهقدر در کاهش میزان آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی موثر است؟	۱۰
					به نظر شما افزایش آب‌بهای مشترکین آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی چهقدر مستلزم صرف هزینه برای شرکت است؟	۱۱
					به نظر شما افزایش آب‌بها در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی چهقدر مستلزم صرف زمان است؟	۱۲
					به نظر شما افزایش آب‌بها چهقدر موجب رضایت مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی می‌شود؟	۱۳

					به نظر شما افزایش آب بها چه قدر در کاهش مصرف آب مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی تاثیرگذار است؟	۱۴
					به نظر شما افزایش آب بها چه قدر در کاهش میزان آب به حساب نیامده‌ی شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی موثر است؟	۱۵
					به نظر شما کاهش مصارف مجاز بدون درآمد آب چه قدر مستلزم صرف هزینه در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی است؟	۱۶
					به نظر شما کاهش مصارف مجاز بدون درآمد آب در شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی چه قدر مستلزم صرف زمان است؟	۱۷
					به نظر شما کاهش مصارف مجاز بدون درآمد آب چه قدر موجب رضایت مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی می‌شود؟	۱۸
					به نظر شما کاهش مصارف مجاز بدون درآمد آب چه قدر در کاهش مصرف آب مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی تاثیرگذار است؟	۱۹
					به نظر شما کاهش مصارف مجاز بدون درآمد آب چه قدر بر میزان آب بدون درآمد شرکت آب و فاضلاب روستایی استان مرکزی تاثیرگذار است؟	۲۰

خواهشمند است هرگونه توضیحات لازم را در صورت تمایل در این قسمت درج نمایید.