Archive of SID
Original Paper
doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

Journal of Water and Wastewater, Vol. 32, No.1, pp: 27-40

Ranking of Cultural Methods for Optimal Domestic Water Consumption in Metropolitan Cities Using the Integrated Grey-AHP and Grey-TOPSIS Model

M. Kadkhodaei[1], M. R. Jaefarzadeh[2], A. Abbasi[3]

1. Former Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Water and Environment Research Institute, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Corresponding Author) jafarzad@um.ac.ir
3. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(Received Mar. 7, 2020 Accepted June 17, 2020)

To cite this article:
Kadkhodaei, M., Jaefarzadeh, M. R., Abbasi, A. 2021. "Ranking of cultural methods for optimal domestic water consumption in metropolitan cities using the integrated Grey-AHP and Grey-TOPSIS model" Journal of Water and Wastewater, 32(1), 27-40. Doi: 10.22093/wwj.2020.222682.2998. (In Persian)

Abstract

The scarcity of water resources and the increasing demand for household water, as a result of urban population growth, have made it difficult for the citizens to supply the water they need in metropolises. Therefore, it is necessary to reduce the amount of domestic water consumption in metropolitan areas using management and consumption control strategies. One of the most effective methods to modify the pattern of water consumption is changing the consumers' behavior for efficient water use. (Social) Media advertising, establishing training programs for consumers (citizens), implementing effective training programs in schools, spreading educational brochures among water consumers and and billboard advertising are the most practical approaches to promote water saving behavior in metropolises. The aim of this study is to rank the mentioned methods in changing the water consumption behavior of the citizens. Evaluation and ranking of these methods are carried out applying the integrated method of Grey Analytic Hierarchy Process (Grey-AHP) and Grey-TOPSIS. In this study, Mashhad metropolis was selected as a case study. The results show that (social) media advertising and and billboard advertising are the most influential approaches for promoting the effective consumption of water in Mashhad. Distributing educational brochures, educational materials in schools, and establishing training programs for citizens are ranked second to fourth, respectively. Practical approaches to promote water saving behavior, which are easier to apply, are more appropriate and have a greater influence on reducing water consumption.

Keywords: Consumption Behaviour, Domestic Water Consumption, Mashhad, Grey Analytic Hierarchy Process (Grey-AHP), Grey-TOPSIS Method.

www.SID.ir

Archive of SID
doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۲، شماره ۱، صفحه: ۴۰-۲۷

رتبه‌بندی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب در کلان‌شهرها با استفاده از مدل تلفیقی Grey-AHP و Grey-TOPSIS

محسن کدخدایی[۱]، محمدرضا جعفرزاده[۲]، علی عباسی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، پژوهشکده آب و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
jafarzad@um.ac.ir (نویسنده مسئول)
۳- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(دریافت ۹۸/۱۲/۱۷ پذیرش ۹۹/۳/۲۸)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
کدخدایی، م.، جعفرزاده، م. ر.، عباسی، ع.، ۱۴۰۰، " رتبه‌بندی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب در کلان‌شهرها با استفاده از مدل تلفیقی Grey-AHP و Grey-TOPSIS "مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۱)، ۴۰-۲۷. Doi: 10.22093/wwj.2020.222682.2998

چکیده

محدود بودن منابع آب از یک سو و افزایش تقاضای مصارف خانگی آب در اثر رشد جمعیت شهری از سوی دیگر، تأمین آب موردنیاز شهروندان در کلان‌شهرها را با مشکل مواجه کرده است. بنابراین ضروری است با استفاده از راهکارهای مدیریت و کنترل مصرف، میزان مصارف خانگی آب در کلان‌شهرها کاهش داده شود. با درک این ضرورت، اصلاح الگوی مصرف آب در کلان‌شهرها می‌تواند به‌عنوان یکی از مؤثرترین راهکارهای عملیاتی، مدنظر قرار گیرد. نخستین گام در این راستا، فرهنگ‌سازی برای مصرف بهینه آب در میان شهروندان و مشترکان آب شهری است. از جمله کاربردی‌ترین شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در کلان‌شهرها می‌توان به تبلیغات رسانه‌ای، برگزاری دوره‌های آموزشی برای شهروندان، برگزاری دوره‌های آموزشی در مدارس، توزیع بروشورهای آموزشی در بین مشترکان آب شهری و استفاده از بیلبوردهای تبلیغاتی اشاره کرد. هدف از انجام این پژوهش، رتبه‌بندی شیوه‌های ذکر شده برای تغییر رفتار مصرف آب شهروندان است. ارزیابی و رتبه‌بندی انجام شده در این پژوهش با استفاده از روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی خاکستری (Grey-AHP) و روش تاپسیس خاکستری (Grey-TOPSIS) انجام شد. در این پژوهش، کلان‌شهر مشهد به‌عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، تبلیغات رسانه‌ای و استفاده از بیلبوردهای تبلیغاتی مشترکاً به‌عنوان مناسب‌ترین شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در شهر مشهد شناخته شدند. شیوه‌های توزیع بروشورهای آموزشی، آموزش در مدارس و برگزاری دوره‌های آموزشی برای شهروندان نیز به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب که استفاده از آنها سهولت بیشتری دارد، مناسب‌تر بوده و تأثیر بیشتری بر کاهش مصرف آب دارند.

واژه‌های کلیدی: الگوی مصرف، مصارف خانگی آب، مشهد، روش تحلیل سلسله مراتبی خاکستری، روش تاپسیس خاکستری

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998
Archive of SID

۱- مقدمه

امروزه یکی از مسائل مهم کشورهای دنیا، تأمین آب آشامیدنی جوامع مختلف به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان است. کشور ایران نیز یکی از مناطق خشک و کم‌آب جهان به‌شمار می‌رود (Abbaspoor et al., 2017, Davarpanah, 2005).

افزایش جمعیت، رشد و توسعه شهرها فراتر از ظرفیت آنها و به‌تبع آن افزایش تقاضای آب شرب در شهرها و کلان‌شهرهای کشور باعث شده است تا وضعیت تأمین آب در اکثر کلان‌شهرهای ایران در سال‌های اخیر در حالت بحرانی قرار گیرد (Tahamipoor, 2017).

در میان مصارف مختلف شهری، کشاورزی و صنعتی، تأمین آب شرب برای مصارف خانگی به‌دلیل حیاتی بودن برای انسان و نقشی که در مسائل بهداشتی دارد، اهمیت و حساسیت بسیار بیشتری نسبت به سایر مصارف آب دارد (Maleki Nasab et al., 2007).

مدیریت تقاضا و کاهش میزان مصارف خانگی آب یکی از اقدامات مؤثر در راستای سازگاری با شرایط دشوار موجود است. مدیریت تقاضا باعث می‌شود بتوان حداکثر خدمات را با کمترین حجم آب ممکن، تأمین کرد (Baumann et al., 1998).

اصلی‌ترین مؤلفه مصرف آب شهری، آب خانگی است (Maleki Nasab et al., 2007). بنابراین با کاهش میزان مصارف خانگی آب، تقاضای مصرف آب شهری نیز کاهش می‌یابد.

حدود ۶۵ درصد مصارف آب خانگی را مصارف آب دست‌شویی، حمام و لباس‌شویی تشکیل می‌دهند (Shan et al., 2015).

مقدار مصرف آب خانگی تحت تأثیر میزان رفاه اقتصادی و الگوی مصرف جامعه است. بنابراین با اصلاح الگوی مصرف آب، تا حد زیادی می‌توان در مصرف آب خانگی صرفه‌جویی کرد. تقاضای خانگی آب به دو دسته مصارف داخلی مانند استحمام و شست‌وشوی ظروف و لباس و مصارف خارجی مانند آبیاری فضای سبز تقسیم می‌شود (Fallahi et al., 2012).

با توجه به سهم بیشتر مصارف داخلی، کاهش این بخش از مصارف خانگی، نقش مؤثرتری در دستیابی به الگوی صحیح مصرف آب شهری دارد (Fallahi et al., 2012).

بر اساس پژوهش‌های انجام شده، عدم‌نهادینه‌شدن فرهنگ مصرف بهینه و ارزان بودن قیمت آب، مهم‌ترین عوامل در مصرف بیش از حد و غیربهینه آب خانگی در ایران هستند (Maleki et al., 2014).

با اصلاح الگوی مصرف خانگی می‌توان از هدررفت خانگی آب هم به‌صورت مصرف مستقیم و هم غیرمستقیم جلوگیری کرد (Zohouri et al., 2004).

بر اساس بررسی‌هایی که تاکنون در مورد عوامل مؤثر بر میزان مصرف آب خانگی انجام شده است، شاخص‌های تحصیلات، جایگاه شغلی سرپرست خانوار، قیمت آب، تغییرات فصلی (Yazdandad and Mazloom, 2010)، سطح آموزش، اندازه شهرستان، منطقه آب و هوایی (Arbues et al., 2015)، میزان تحصیلات، میزان درآمد، بعد خانوار (Garcia et al., 2013)، تعداد افراد شاغل در خانوار (Kholfi et al., 2018)، نوع مالکیت منزل شامل مالکیت شخصی یا اجاره‌ای (Moosavi et al., 2008)، حضور یا عدم‌حضور کودکان و نوجوانان در منازل، نوع کولر استفاده شده (Rathnayaka et al., 2014)، ظرفیت کولر و ظرفیت وسایل پرمصرف بر میزان مصرف آب شرب شهری مؤثر هستند (Ansari and Salehnia, 2014).

اصلاح الگوی مصرف خانگی آب، به معنی نهادینه کردن روش صحیح مصرف آب با کمترین میزان هدررفت خانگی و بیشترین کارایی برای مصرف موردنظر است (Sobhaninejad and Afshar, 2010).

در بررسی‌هایی که در ارتباط با راهکارهای کاهش مصرف آب انجام شده‌اند، راهکارهای متفاوتی برای اصلاح الگوی مصرف آب خانگی مانند سهمیه‌بندی آب (Alias et al., 2017)، قیمت‌گذاری و افزایش قیمت آب شرب (Garcia-Rubio et al., 2015, Justes et al., 2014)، استفاده از تجهیزات کاهنده مصرف (Shahidi et al., 2019, Willis et al., 2013)، آموزش شیوه‌های صحیح مصرف (Sobhaninejad and Afshar, 2010) و فرهنگ‌سازی الگوی مصرف بهینه آب شرب (Tabesh et al., 2017, Shahidi et al., 2019) ارائه شده‌اند. در میان این راهکارها، فرهنگ‌سازی مصرف بهینه نقش اساسی و کلیدی در اصلاح الگوی مصرف آب شرب دارد (Maleki Nasab et al., 2010).

www.SID.ir

Archive of SID
doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

فرهنگ‌سازی از طریق آگاه‌سازی و آموزش مصرف بهینه، یکی از کم‌هزینه‌ترین، بادوام‌ترین و مقرون‌به‌صرفه‌ترین راه‌های اصلاح الگوی مصرف است (Sobhaninejad and Afshar, 2010).

چنانچه در کنار اصلاح الگوی مصرف آب از تجهیزات کاهنده مصرف نیز استفاده شود، بیشترین کاهش در میزان هدررفت خانگی آب را شاهد خواهیم بود (Willis et al., 2013).

سبحانی‌نژاد و افشار نیز در پژوهش خود، راهکارهای اصلاح الگوی مصرف انرژی را با استفاده از روش کتابخانه‌ای بررسی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، آگاه‌سازی و آموزش مدیریت مصرف انرژی یکی از کم‌هزینه‌ترین، مقرون‌به‌صرفه‌ترین و بادوام‌ترین اصلاح الگوی مصرف انرژی است (Sobhaninejad and Afshar, 2010).

یزدان‌داد و مظلوم در پژوهش خود، عوامل مؤثر بر الگوی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در بخش خانگی در شهر مشهد را بررسی کردند. این پژوهش با استفاده از توزیع پرسش‌نامه به‌صورت مصاحبه و تحلیل‌های آماری انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش، راهکارهای بهینه‌سازی مصرف خانگی آب به‌ترتیب فرهنگ‌سازی، تبلیغات و اطلاع‌رسانی، اصلاح وسایل انتقال آب و استفاده از سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مشترکان هستند (Yazdandad and Mazloom, 2010).

تابش و همکاران در پژوهش خود، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع شهری را بررسی کردند. بر اساس نتایج این پژوهش، کاهش آب بدون درآمد در اولین اولویت و فرهنگ‌سازی در دومین اولیت راهکارهای مدیریت مصارف آب شهری قرار گرفتند (Tabesh et al., 2017).

شهیدی و همکاران در پژوهش خود راهبردهای مؤثر بر مدیریت تقاضای آب شرب در شهر بیرجند را ارزیابی و بررسی کردند. این پژوهش با استفاده از ترکیب روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس انجام شد. بر اساس نتایج این پژوهش، استفاده از کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی یکی از مؤثرترین راهبردهای اصلاح الگوی مصرف آب در مناطق خشک است (Shahidi et al., 2019).

مطالعات و پژوهش‌هایی که فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در آنها بررسی شد، غالباً راهکار فرهنگ‌سازی را در کنار سایر راهکارهای اصلاح الگوی مصرف خانگی آب بررسی کردند. ارزیابی شیوه‌های مختلف فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در آنها انجام نشد. در سایر پژوهش‌های مرتبط نیز تنها به ارائه برخی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب اکتفا شده است و جای خالی رتبه‌بندی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در میان پژوهش‌های پیشین کاملاً محسوس است. این خلأ در این پژوهش به‌خوبی پوشش داده شد. بر اساس نتایج پژوهش شهیدی و همکاران، ترکیب دو روش تحلیل سلسله مراتبی[1] و تاپسیس[2] برای اولویت‌بندی راهبردهای اصلاح الگوی مصرف آب، کارایی مناسبی داشته و بر همین اساس، در این پژوهش نیز از ترکیب این دو روش استفاده شد (Shahidi et al., 2019).

علی‌رغم کارایی مناسب روش‌های مذکور، عدم‌قطعیت موجود در ارزیابی‌های کیفی در این روش‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. برای حذف عدم‌قطعیت موجود در روش‌های بیان شده در سایر پژوهش‌ها، از اعداد خاکستری و یا اعداد فازی استفاده می‌شود. در اعداد خاکستری دو انتهای بازه عدد خاکستری مربوطه کاملاً مشخص و معلوم هستند، اما در اعداد فازی، کران بالا و پایین عدد فازی مربوطه مشخص نیست و وابسته به تابع عضویت آن است که تعیین این تابع عضویت نیز با پیچیدگی‌هایی همراه است. به‌همین دلیل استفاده از اعداد خاکستری برای در نظر گرفتن عدم‌قطعیت، سهولت و سادگی بیشتری نسبت به اعداد فازی دارد (Mohammadi and Mowlaei, 2010).

بر همین اساس، در این پژوهش برای رتبه‌بندی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب از روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی خاکستری[3] و تاپسیس خاکستری[4] که عدم‌قطعیت عناصر تصمیم نیز در آنها در نظر گرفته می‌شود، استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

روش تاپسیس یکی از کاربردی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که امکان در نظر گرفتن معیارها و گزینه‌های ارزیابی متعدد در آن وجود دارد و رتبه‌بندی گزینه‌های ارزیابی را بر اساس

[1] Analytic Hierarchy Process (AHP)
[2] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[3] Grey-AHP
[4] Grey-TOPSIS

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998
Archive of SID

ارجحیت هر گزینه نسبت به سایر گزینه‌ها در معیارهای مختلف انجام می‌دهد (Amiri et al., 2016).

استفاده از روش تاپسیس، نیازمند تعیین اوزان معیارها و گزینه‌های ارزیابی است. به‌این منظور و برای در نظر گرفتن عدم‌قطعیت موجود پارامترهای کیفی، در این پژوهش از روش Grey-AHP برای تعیین اوزان عناصر تصمیم و از روش Grey-TOPSIS برای رتبه‌بندی گزینه‌های ارزیابی استفاده شد. است. این دو روش از مراحل مختلفی تشکیل می‌شود. این مراحل در شکل ۱ نشان داده شده است.

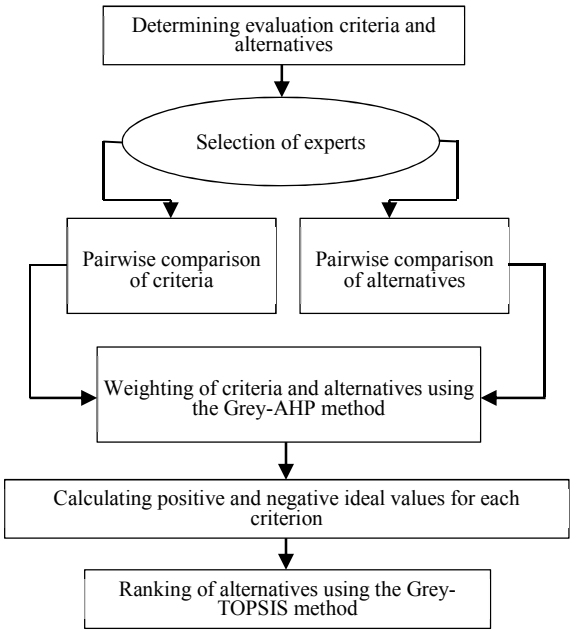


Fig. 1. Steps of ranking by integrated method of Grey-AHP and Grey-TOPSIS

شکل ۱- مراحل رتبه‌بندی با استفاده از روش تلفیقی Grey-AHP و Grey-TOPSIS

۲-۱- روش Grey-AHP

اساس کار در روش AHP بر پایه نظرات کارشناسان و خبرگان بوده و وزن‌دهی به عناصر تصمیم و گزینه‌های ارزیابی با استفاده از مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم انجام می‌شود (Ghodsipoor, 2016). در واقع می‌توان گفت روش AHP روشی برای اولویت‌بندی و تعیین درجه اهمیت شاخص‌ها یا گزینه‌ها نسبت به یکدیگر با روشی علمی به‌منظور تصمیم‌گیری است. این روش، مسائل پیچیده را به تعدادی مسأله ساده تبدیل می‌کند (Najafzadeh, 2016).

روش Grey-AHP نیز مشابه روش AHP است، اما برای در نظر گرفتن عدم‌قطعیت موجود در پارامترهای کیفی، امتیازات عناصر تصمیم در آن به‌صورت بازه‌ای و با استفاده از اعداد خاکستری انجام می‌شود (Zhu et al., 2015, Wang and Liu, 2007).

در ابتدا لازم است تا عناصر تصمیم شامل هدف ارزیابی، معیارهای ارزیابی و گزینه‌ها شناسایی و انتخاب شوند. همان گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، هدف از این ارزیابی، رتبه‌بندی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب است. دو معیار اثربخشی و هزینه اجرا بر اساس پژوهش‌های گذشته انتخاب شدند (Tabesh et al., 2017) و دو معیار جذابیت ظاهری برای مخاطبان و سهولت اجرا نیز با هدف توسعه معیارهای ارزیابی در این پژوهش در نظر گرفته شدند. سه شیوه فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب با استفاده از تبلیغات رسانه‌ای، تشکیل دوره‌های آموزشی در مدارس و توزیع بروشورهای آموزشی در میان مشترکان آب شهری بر اساس پژوهش‌های گذشته (Saffari et al., 2009, Shahidi et al., 2019) و دو شیوه فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب شامل برگزاری کلاس‌های آموزشی برای شهروندان و بیلبوردهای تبلیغاتی نیز با هدف توسعه گزینه‌های ارزیابی در این پژوهش به‌عنوان گزینه‌های ارزیابی انتخاب شدند. پس از تعیین هدف، معیارها و گزینه‌های ارزیابی، درخت تصمیم در روش Grey-AHP مطابق شکل ۲ تشکیل داده شد.

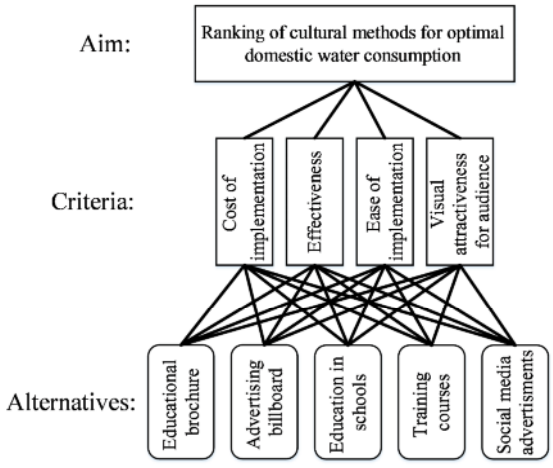


Fig. 2. Decision tree for evaluating cultural methods for optimal domestic water consumption

شکل ۲- درخت تصمیم در ارزیابی روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله بعد، برای انجام مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم لازم است ابتدا گروه کارشناسان و خبرگان انتخاب شود. در این پژوهش، با توجه به جنبه‌های تخصصی و اجتماعی موضوع بررسی شده، تعداد ۲۰ نفر از کارشناسان و فارغ‌التحصیلان رشته‌های مدیریت منابع آب، مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی و برنامه‌ریزی شهری که از وضعیت اجتماعی و فرهنگی شهر مشهد آگاهی کافی داشتند، به‌عنوان گروه خبرگان برای انجام مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم انتخاب شدند. برای تعیین وزن هرکدام از معیارها در روش Grey-AHP، معیارها به‌صورت دوبه‌دو توسط کارشناسان با یکدیگر مقایسه شده و با میانگین‌گیری هندسی مطابق معادله ۱ از مقدار ثبت شده توسط کارشناسان، مقدار اهمیت نسبی معیارها نسبت به یکدیگر تعیین شد (Amiri et al., 2016)

$$Q_{Tij} = (\prod_{t=1}^{n} q_{tij})^{\frac{1}{n}} \qquad (۱)$$

که در آن

n بیانگر تعداد کارشناسان است. q_{tij} و Q_{Tij} نیز به‌ترتیب مقدار مقایسه زوجی عناصر i و j نسبت به یکدیگر توسط کارشناس t ام و مقدار نهایی مقایسه زوجی مربوطه هستند. لازم به ذکر است که مقایسات زوجی بین عناصر تصمیم بر اساس مقیاس ۹ درجه‌ای که در جدول ۱ نشان داده شده است، انجام شدند.

به‌صورت مشابه، در هر کدام از معیارها نیز میزان ارجحیت نسبی گزینه‌های ارزیابی نسبت به یکدیگر با استفاده از مقایسات زوجی تعیین شدند. با توجه به اینکه ممکن است امتیازات ثبت شده در بخش مقایسات زوجی، با یکدیگر سازگاری لازم را نداشته باشند، ضریبی به نام ضریب سازگاری[1] تعریف و محاسبه می‌شود

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (۲)$$

که در آن

مقدار این ضریب از تقسیم شاخص سازگاری[2] بر شاخص تصادفی بودن[3] به‌دست می‌آید (Ince et al., 2017)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (۳)$$

که در آن

شاخص سازگاری با توجه به مقدار تعداد معیارها (n) و بیشینه مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی مربوطه (λ_{max}) به‌دست می‌آید. مقدار RI نیز بر اساس تعداد معیارها (n) و مطابق با جدول ۲ تعیین می‌شود. شرط لازم برای تأیید نتایج و مقادیر ثبت شده برای مقایسات زوجی، این است که مقدار ضریب سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد (Zebardast, 2001).

جدول ۱- مقیاس ۹ درجه‌ای در مقایسات زوجی (Ince et al., 2017)

Table 1. 9-Degree scale in pairwise comparisons (Ince et al., 2017)

Score	Definition
1	Equal importance
3	Moderat importance
5	Strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance
2,4,6,8	Intermediate preferences

جدول ۲- مقدار RI (Ince et al., 2017)

Table 2. Random Index (RI) values (Ince et al., 2017)

n	RI	n	RI
1	0	6	1.24
2	0	7	1.32
3	0.58	8	1.41
4	0.9	9	1.45
5	1.12	10	1.49

مقدار ضرایب سازگاری مقایسات زوجی عناصر تصمیم در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شدند. به‌این ترتیب، ضریب سازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارهای ارزیابی برابر با ۰/۰۳ و ضرایب سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی گزینه‌های ارزیابی در معیارهای جذابیت ظاهری برای مخاطبان، سهولت اجرا، اثربخشی و هزینه اجرا به‌ترتیب برابر با ۰/۰۳، ۰/۰۲، ۰/۰۳ و ۰/۰۲ به‌دست آمدند که همگی کوچکتر از مقدار ۰/۱ بودند و به‌این ترتیب، سازگاری تمامی ماتریس‌های مقایسات زوجی عناصر تصمیم تأیید شد.

پس از تأیید سازگاری مقایسات زوجی، برای در نظر گرفته شدن عدم‌قطعیت موجود در این مقایسات، مقدار ثبت شده در

[1] Consistency Ratio (CR)
[2] Consistency Index (CI)
[3] Random Index (RI)

www.SID.ir

Archive of SID
dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

مقایسات زوجی، مطابق جدول ۳ با اعداد خاکستری جایگزین شدند.

جدول ۳- اعداد خاکستری معادل با اعداد قطعی در مقایسات زوجی

Table 3. Equal grey numbers of precise numbers in pairwise comparisons

Precise numbers	Equal numbers
1	[1 – 1.5]
2,3	[1.5 – 3.5]
4,5	[3.5 – 5.5]
6,7	[5.5 – 7.5]
8,9	[7.5 - 9]

اعداد خاکستری، بازه‌هایی از اعداد هستند که به‌وسیله حد بالا و پایین بازه‌های مذکور نشان داده می‌شوند. پس از جایگزینی اعداد قطعی مقایسات زوجی با اعداد خاکستری، ماتریس مقایسات زوجی مربوطه با استفاده از معادله ۴ نرمال‌سازی شده و پس از آن، مقدار اوزان عناصر تصمیم شامل معیارها و گزینه‌های ارزیابی با استفاده از معادله ۵ تعیین می‌شوند (Amiri et al., 2016)

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \quad , \quad i, j = 1,2,\ldots,n \qquad (۴)$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} r_{ij}}{n} \quad , \quad i, j = 1,2,\ldots,n \qquad (۵)$$

که در آن

a_{ij} و r_{ij} به‌ترتیب مؤلفه‌های غیرنرمال و نرمال شده ماتریس مقایسات زوجی و W_i وزن عنصر i است.

۲-۲- روش TOPSIS

در روش TOPSIS یک ماتریس m×n که شامل m گزینه و n معیار است، ارزیابی می‌شود. برای استفاده از روش TOPSIS لازم است ابتدا شاخص‌های کیفی به مقدار کمّی و عددی تبدیل شده و این داده‌های کمّی، نرمال‌سازی شوند (Amiri et al., 2016). سپس با ضرب مقدار وزن معیارها در اوزان گزینه‌ها در معیارهای مختلف، ماتریس موزون ارزیابی محاسبه می‌شود.

با توجه به این که در این پژوهش، اوزان عناصر تصمیم با استفاده از روش AHP به‌دست آمدند، این مقدار نرمال بود و برای استفاده در روش TOPSIS نیازی به نرمال‌سازی نداشت. مقدار ایده‌آل مثبت[1] (V_i^+) و ایده‌آل منفی[2] (V_i^-) در هر معیار مثبت، به‌ترتیب بیشترین و کمترین امتیاز گزینه‌های ارزیابی در آن معیار هستند (Amiri et al., 2016).

پس از استخراج این مقدار، گزینه‌های ارزیابی بر اساس کمینه بودن فاصله از مقدار ایده‌آل مثبت و بیشینه بودن فاصله از مقدار ایده‌آل منفی رتبه‌بندی شدند. میانگین فاصله هر گزینه از گزینه‌های ایده‌آل مثبت (d_i^+) و ایده‌آل منفی (d_i^-) در معیارهای مختلف به‌ترتیب با استفاده از معادلات ۶ و ۷ به‌دست می‌آیند (Amiri et al., 2016)

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left[(V_{ij} - V_j^+)^2\right]} \qquad (۶)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left[(V_{ij} - V_j^-)^2\right]} \qquad (۷)$$

در مرحله بعد، پارامتر شاخص شباهت[3] مطابق معادله ۸ برای هر کدام از معیارها تعیین و محاسبه شد. مقدار شاخص شباهت بین صفر و یک بوده و هرچه به یک نزدیکتر باشد، گزینه مربوطه مطلوبیت بیشتری داشته و در اولویت بالاتری قرار می‌گیرد. بنابراین با محاسبه پارامتر CC_i برای تمام گزینه‌های ارزیابی، اولویت‌بندی گزینه‌ها به‌ترتیب از مقدار بزرگتر تا مقدار کوچکتر آن انجام شد (Amiri et al., 2016)

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \qquad (۸)$$

۲-۳- روش Grey-TOPSIS

در روش Grey-TOPSIS نیز همچون روش تاپسیس، با ضرب اوزان معیارها در درایه‌های ماتریس ارزیابی، ماتریس موزون

[1] Positive Ideal
[2] Negative Ideal
[3] Closeness Coefficient (CC_i)

www.SID.ir

doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998
Archive of SID

ارزیابی حاصل می‌شود، اما با این تفاوت که با توجه به وجود اعداد خاکستری در این روش، کران پایین درایه‌های ماتریس ارزیابی در کران پایین وزن معیار مربوطه و کران بالای درایه‌های ماتریس ارزیابی در کران بالای وزن معیار مربوطه ضرب می‌شوند (مطابق معادله ۹)

$$(\underline{V_{ij}}, \overline{V_{ij}}) = (\underline{a_{ij}} \times \underline{W_j}, \overline{a_{ij}} \times \overline{W_j}) \quad (۹)$$

پس از تشکیل ماتریس موزون ارزیابی در روش Grey-TOPSIS، مقدار خاکستری ایده‌آل مرجع تعیین شده و بر اساس آنها، درجه امکان خاکستری برای هر گزینه نسبت به مقدار ایده‌آل مرجع در هر معیار، با استفاده از معادله ۱۰ محاسبه می‌شود (Sadeghi et al., 2013)

$$P(V_{ij} \le V_j^{max}) = \frac{Max(0, L^* - Max(0, \overline{V_{ij}} - \underline{V_j^{max}}))}{L^*} \quad (۱۰)$$

$$L^* = L(V_{ij}) + L(V_j^{max}) \quad (۱۱)$$

$$L(V_{ij}) = \overline{V_{ij}} - \underline{V_{ij}} \quad (۱۲)$$

با محاسبه میانگین درجه امکان خاکستری هر گزینه در معیارهای مختلف (مطابق معادله ۱۳)، احتمال کوچکتر بودن آن گزینه از گزینه برتر در معیارهای مختلف به‌دست می‌آید.

هر گزینه‌ای که احتمال کوچکتر بودن آن از گزینه برتر کمتر باشد، فاصله کمتری از گزینه برتر داشته و در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد (Sadeghi et al., 2013)

$$P(A_i \le A^{max}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} P(V_{ij} \le V_j^{max}) \quad (۱۳)$$

که در آن

L برابر با فاصله کران بالا و پایین عدد خاکستری مربوطه بوده که با استفاده از معادله ۱۲ محاسبه می‌شود و n در معادله ۱۳، تعداد معیارهای ارزیابی است.

۳- نتایج و بحث

منطقه بررسی شده در این پژوهش، کلان‌شهر مشهد بود که مطابق آمار سال ۱۳۹۵، بالغ بر سه میلیون نفر جمعیت دارد (Ameri, 2017).

میزان مصرف آب در این شهر در سال‌های اخیر روندی افزایشی داشته است و با توجه به محدود بودن منابع، تأمین آب شرب در این کلان‌شهر در آینده‌ای نزدیک با مشکلات جدی مواجه خواهد شد (Atashi et al., 2016). کاهش مصرف آب در این شهر نیازمند اقدامات فرهنگی برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه است (Abbaspoor et al., 2017).

در این پژوهش، پس از انتخاب هدف، معیارها و گزینه‌های ارزیابی در روش AHP، مقایسات زوجی عناصر تصمیم انجام شدند و بر اساس آنها، معیارها و گزینه‌های ارزیابی مطابق جدول ۴ وزن‌دهی شدند. با ضرب اوزان معیارها در مقدار وزن گزینه‌های ارزیابی در هر معیار، ماتریس موزون ارزیابی، به‌دست آمد. مقدار امتیازات موزون گزینه‌های ارزیابی در معیارهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است و با یکدیگر قابل‌مقایسه هستند.

پس از استخراج مقدار ایده‌آل مثبت و منفی، فواصل امتیازات گزینه‌ها از مقدار ایده‌آل مثبت (di+) و ایده‌آل منفی (di−) محاسبه شد و مقدار پارامتر CCi برای هر گزینه تعیین شد. گزینه‌های ارزیابی با توجه به مقدار CCi در روش تاپسیس، مطابق شکل ۴ رتبه‌بندی شدند.

در ادامه، برای ارزیابی تأثیر مدل‌های خاکستری در بهبود نتایج، گزینه‌های ارزیابی با استفاده از روش تلفیقی Grey-AHP و Grey-TOPSIS نیز رتبه‌بندی می‌شوند. به‌این منظور، ابتدا مقدار ثبت شده در مقایسات زوجی با اعداد خاکستری جایگزین شد و با استفاده از میانگین‌گیری هندسی از مقدار مذکور، مقدار خاکستری وزن معیارها و گزینه‌های ارزیابی تعیین شد و ماتریس ارزیابی خاکستری مطابق جدول ۵ تشکیل شد. سپس مقدار درایه‌های ماتریس موزون ارزیابی با استفاده از معادله ۸ محاسبه شد و ماتریس موزون ارزیابی در روش Grey-TOPSIS مطابق جدول ۶ تشکیل شد. با استفاده از جدول ۶، مقدار ایده‌آل مرجع در هر معیار مشخص شد و به‌این ترتیب، درجه امکان خاکستری برای گزینه‌های ارزیابی نسبت به هر کدام از معیارها قابل‌محاسبه بود. سپس

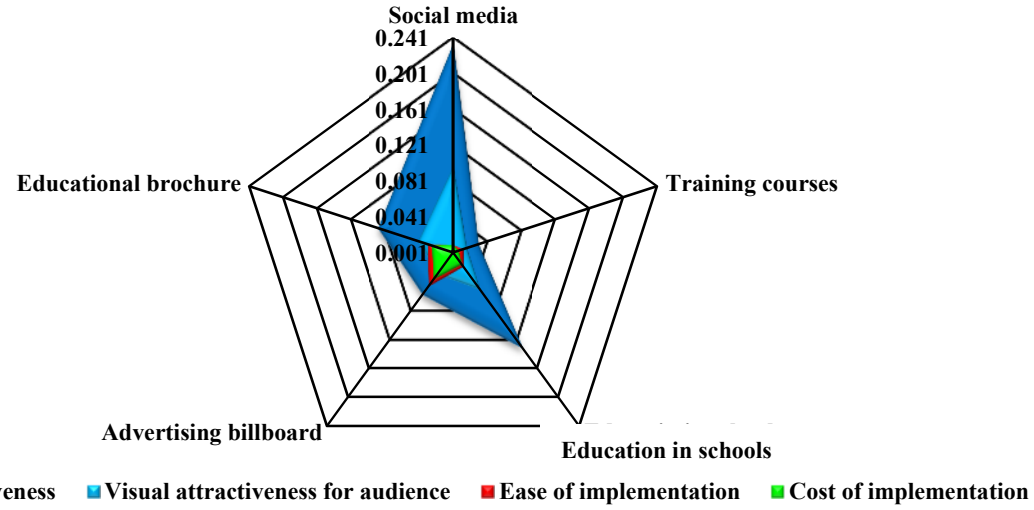
www.SID.ir

Archive of SID
dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

جدول ۴- مقدار وزن معیارها و گزینه‌های ارزیابی در روش AHP

Table 4. Weights of criteria and alternatives in Analytic Hierarchy Process (AHP)

Criteria	Weights of criteria	Weights of alternatives				
		Social media advertisments	Training courses	Education in schools	Advertising billboard	Educational brochure
Visual attractiveness for audience	0.24	0.41	0.07	0.22	0.13	0.18
Ease of implementation	0.12	0.08	0.10	0.17	0.39	0.26
Effectiveness	0.55	0.43	0.06	0.24	0.11	0.16
Cost of implementation	0.10	0.10	0.07	0.18	0.39	0.26

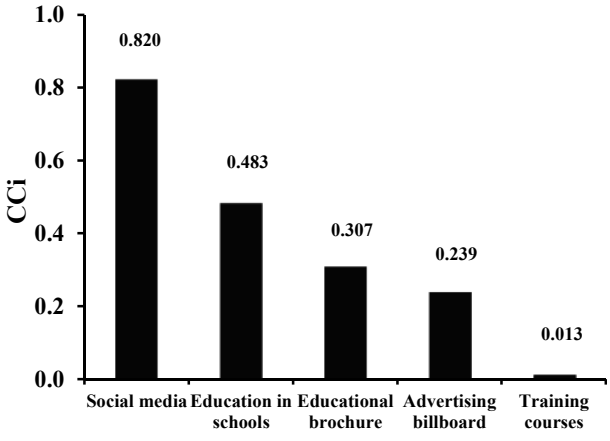


شکل ۳- اوزان گزینه‌های ارزیابی در هرکدام از معیارها

Fig. 3. Weights of alternatives in each one of the criteria

میانگین احتمال کوچکتر بودن مقدار هر گزینه از مقدار ایده‌آل مرجع در معیارهای مختلف با استفاده از معادله ۱۳ محاسبه شد و بر اساس آن، رتبه‌بندی گزینه‌های ارزیابی در روش TOPSIS خاکستری مطابق جدول ۷ ارائه شد.

برای مقایسه نتایج روش‌های TOPSIS و Grey-TOPSIS و ارزیابی تأثیر در نظر گرفته شدن عدم‌قطعیت در نتایج نهایی، رتبه‌بندی‌های گزینه‌های ارزیابی در این روش‌ها در جدول ۷ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، استفاده از روش Grey-TOPSIS و در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در محاسبات، موجب اصلاح نتایج شده و تا حدودی نتایج اولیه در روش TOPSIS را تغییر داده است که حاکی از مثبت بودن تأثیر استفاده از مدل‌های خاکستری در بهبود نتایج نهایی



شکل ۴- رتبه‌بندی گزینه‌های ارزیابی با روش TOPSIS

Fig. 4. Ranking of alternatives by TOPSIS method

www.SID.ir

جدول ۵- مقدار وزن معیارها و گزینه‌های ارزیابی در روش Grey-AHP

Table 5. Weights of criteria and alternatives in Grey Analytic Hierarchy Process (Grey-AHP)

Criteria	Weights of criteria	Weights of alternatives				
		Social media advertisments	Training courses	Education in schools	Advertising billboard	Educational brochure
Visual attractiveness for audience	[0.18,0.29]	[0.31,0.48]	[0.06,0.09]	[0.16,0.28]	[0.09,0.16]	[0.13,0.23]
Ease of implementation	[0.09,0.15]	[0.06,0.09]	[0.08,0.13]	[0.13,0.22]	[0.29,0.47]	[0.20,0.33]
Effectiveness	[0.44,0.64]	[0.32,0.50]	[0.05,0.07]	[0.18,0.31]	[0.08,0.14]	[0.12,0.21]
Cost of implementation	[0.08,0.13]	[0.07,0.13]	[0.05,0.09]	[0.13,0.23]	[0.29,0.47]	[0.19,0.34]

جدول ۶- ماتریس نرمال موزون ارزیابی در روش Grey-TOPSIS

Table 6. Normalized and weighted matrix of evaluation in Grey-TOPSIS method

Criteria	Normalized weights of alternatives				
	Social media advertisments	Training courses	Education in schools	Advertising billboard	Educational brochure
Visual attractiveness for audience	[0.055,0.138]	[0.010,0.025]	[0.029,0.081]	[0.017,0.046]	[0.024,0.066]
Ease of implementation	[0.006,0.014]	[0.007,0.020]	[0.012,0.033]	[0.027,0.070]	[0.019,0.050]
Effectiveness	[0.141,0.324]	[0.021,0.048]	[0.079,0.200]	[0.036,0.091]	[0.052,0.138]
Cost of implementation	[0.006,0.016]	[0.005,0.012]	[0.011,0.030]	[0.024,0.061]	[0.016,0.045]

جدول ۷- رتبه‌بندی گزینه‌های ارزیابی در روش Grey-TOPSIS

Table 7. Ranking of evaluation alternatives in Grey-TOPSIS method

Evaluation alternatives	$P(A_i<A^{max})$	Ranking in Grey-TOPSIS method	Ranking in TOPSIS method
Social media advertisments	0.750	1	1
Training courses	0.750	1	4
Education in schools	0.823	2	3
Advertising billboard	0.856	3	2
Educational brochure	1.000	4	5

است. فرهنگ‌سازی از طریق تبلیغات رسانه‌ای به‌دلیل استفاده از رسانه‌های ارتباط جمعی مانند رادیو و تلویزیون، به‌دلیل بزرگی جامعه مخاطبان خود، اثرگذاری بسیار بیشتری نسبت به سایر روش‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب دارد و به‌دلیل استفاده از فناوری‌های نوین سمعی و بصری در قالب تیزرهای تلویزیونی یا رادیویی، جذابیت زیادی نیز برای مخاطبان دارد. به همین دلیل این گزینه توانسته است در دو معیار اثربخشی و جذابیت برای مخاطبان که وزن بیشتری از سایر معیارهای ارزیابی داشتند، امتیاز بیشتری کسب کند و علی‌رغم هزینه زیادی که دارد و امتیاز کمی که در معیار هزینه اجرا گرفته است، به‌دلیل امتیاز بالا در دو

www.SID.ir

Archive of SID
dx.doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998

معیار مهم‌تر در کنار گزینه بیلبوردهای تبلیغاتی به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب شناخته شد.

استفاده از بیلبوردهای تبلیغاتی برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب سهولت زیادی داشته و هزینه آن نیز بسیار کمتر از تبلیغات رسانه‌ای است. از طرفی، با توجه به این که بیلبوردهای تبلیغاتی روزانه توسط تعداد زیادی از شهروندان بازدید می‌شوند، اثربخشی آنها نیز زیاد است و در صورت طراحی مناسب، می‌توانند جذابیت ظاهری زیادی نیز برای مخاطبان داشته باشند. بر همین اساس، این گزینه نیز در کنار تبلیغات رسانه‌ای در بالاترین رتبه این ارزیابی قرار گرفت.

توزیع بروشورهای آموزشی برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب در بین شهروندان و مشترکان آب شهری نسبت به سایر شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب، بسیار کم‌هزینه بوده و می‌تواند بخش زیادی از شهروندان و مصرف‌کنندگان آب خانگی را مخاطب قرار دهد، اما به‌دلیل تمایل اندک شهروندان برای مطالعه آن، جذابیت کمتری نسبت به شیوه فرهنگ‌سازی از طریق تبلیغات رسانه‌ای و بیلبوردهای تبلیغاتی داشته و ممکن است نتواند روی تمام مخاطبان خود، اثرگذاری لازم را داشته باشد. بر همین اساس، این گزینه پس از گزینه‌های تبلیغات رسانه‌ای و بیلبوردهای تبلیغاتی، در رتبه دوم این ارزیابی قرار گرفت.

با فرهنگ‌سازی از طریق آموزش در مدارس، در درجه اول دانش‌آموزان و در درجه دوم خانواده‌های آنها با شیوه‌های صحیح مصرف آب آشنا می‌شوند و به‌دلیل بزرگ بودن جامعه مخاطبان، این شیوه در معیار اول این ارزیابی یعنی معیار اثربخشی، امتیاز بالایی را کسب کرده است، اما به‌دلیل گستردگی مدارس و حجم زیاد دانش‌آموزان، اجرای این گزینه سهولت زیادی نداشته و هزینه اجرای آن نیز بیشتر از گزینه‌های بیلبوردهای تبلیغاتی و بروشورهای آموزشی است. به‌همین دلیل، در رتبه‌بندی نهایی، این گزینه در رتبه سوم قرار گرفت.

شیوه فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب از طریق برگزاری دوره‌های آموزشی نیز علاوه بر اینکه هزینه زیادی دارد، به‌دلیل تمایل اندک شهروندان برای شرکت در این دوره‌ها، جذابیت زیادی برای مخاطبان نداشته و به‌دلیل عدم استقبال شهروندان از این شیوه، اثربخشی لازم را نیز نخواهد داشت. بنابراین در تمام معیارهای این ارزیابی کمترین میزان مطلوبیت را داشت و در پایین‌ترین رتبه قرار گرفت.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس آنچه که در این پژوهش به‌دست آمد، شیوه‌ای برای فرهنگ‌سازی الگوی مصرف بهینه آب در شهر مشهد مناسب است که در درجه اول اثربخشی لازم را داشته و برای مخاطبان خود جذابیت داشته باشد و در درجه دوم اجرای آن آسان بوده و مستلزم صرف هزینه کمتری باشد. شیوه‌هایی که برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب در شهر مشهد در این ارزیابی در نظر گرفته شدند، پنج شیوه فرهنگ‌سازی از طریق تبلیغات رسانه‌ای، برگزاری دوره‌های آموزشی، آموزش در مدارس، توزیع بروشورهای آموزشی و نصب بیلبوردهای تبلیغاتی در سطح شهر بودند که با استفاده از تلفیق دو روش Grey-AHP و Grey-TOPSIS رتبه‌بندی شدند. بر اساس رتبه‌بندی انجام شده، شیوه‌های تبلیغات رسانه‌ای و بیلبوردهای تبلیغاتی به‌طور مشترک به‌عنوان مناسب‌ترین شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب انتخاب شدند. دومین اولویت نیز به شیوه توزیع بروشورهای آموزشی اختصاص یافت. آموزش در مدارس نیز در رتبه سوم قرار گرفت و برگزاری دوره‌های آموزشی برای شهروندان به‌عنوان نامناسب‌ترین شیوه فرهنگ‌سازی مصرف بهینه خانگی آب شناخته شد. بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که برگزاری دوره‌های آموزشی برای شهروندان راهکار چندان جذاب و مؤثری نبوده و بر اساس نظرات کارشناسان، شیوه‌های غیرحضوری فرهنگ‌سازی مانند تبلیغات رسانه‌ای، استفاده از بیلبوردهای تبلیغاتی و توزیع بروشورهای آموزشی بین مشترکین، راهکارهای مؤثرتری هستند.

مقایسه نتایج رتبه‌بندی روش‌های غیرخاکستری و خاکستری با یکدیگر حاکی از تأثیر مثبت در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در بهبود نتایج نهایی و دقیق‌تر بودن مدل‌های خاکستری مانند روش تلفیقی Grey-AHP و Grey TOPSIS، نسبت به مدل‌های غیرخاکستری است. بر اساس این مقایسه، با توجه به این که در روش TOPSIS، اختلاف امتیازات گزینه‌های ارزیابی در محاسبه شاخص شباهت تشدید می‌شود، عدم در نظر گرفتن عدم‌قطعیت موجب انحراف نتایج نهایی از مقدار واقعی در رتبه‌بندی عناصری که امتیازاتی نزدیک به یکدیگر دارند می‌شود.

www.SID.ir

doi.org/10.22093/wwj.2020.222682.2998
Archive of SID

روش‌های در نظر گرفته شده در این پژوهش برای فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در مصارف خانگی، با توجه به قابلیت اجرا شدن آنها در کلان‌شهر مشهد انتخاب و رتبه‌بندی شده‌اند، بنابراین این امکان وجود دارد که روش‌های مذکور در شهرهای کوچک و یا مناطق روستایی قابلیت اجرا نداشته باشند. بر همین اساس پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی، شیوه‌های فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در مصارف خانگی در سایر محیط‌های اجتماعی مانند مناطق روستایی و شهرهای متوسط و کم‌جمعیت نیز بررسی و ارزیابی شوند.

با توجه به این که برخی از گزینه‌های ارزیابی در این پژوهش تاکنون در منطقه بررسی شده یعنی شهر مشهد به‌کار برده نشدند، نمی‌توان برآورد دقیقی از هزینه اجرا و سهولت اجرای آنها داشت. بنابراین از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به عدم امکان ارزیابی کمّی گزینه‌های ارزیابی در معیارهای هزینه اجرا و سهولت اجرا اشاره کرد. همچنین تا زمانی که تمامی گزینه‌های ارزیابی به اجرا در نیامده‌اند، نمی‌توان برآورد دقیقی از میزان اثربخشی و جذابیت ظاهری آنها برای مخاطبان داشت. بنابراین در این پژوهش، امتیازات گزینه‌های ارزیابی در معیارهای اثربخشی و جذابیت ظاهری برای مخاطبان به‌صورت کیفی و بر اساس نظرات کارشناسان تعیین شده‌اند. بنابراین پیشنهاد می‌شود پس از اجرا شدن شیوه‌های مختلف فرهنگ‌سازی مصرف بهینه آب در میان شهروندان، در پژوهش‌های بعدی، امتیازات گزینه‌های ارزیابی به‌صورت کمّی نیز برآورد شوند.

۵- قدردانی

در پایان از معاونت پژوهشی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد که طی گرنت پژوهشی شماره ۴۷۳۳۶ از این پژوهش حمایت کردند، قدردانی می‌شود.

References

Abbaspoor, F., Jalili Ghazizadeh, M. & Attari, J. 2017. Impacts of targeted subsidy act on urban water consumption in city of Mashhad, *Journal of Water and Wastewater*, 28(1), 65-73. (In Persian)

Alias A. H., Boyle, C. A. & Hassim, S. 2017. Water demand management: a review on the mechanisms to reduce water demand and consumption. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(3), 554-564.

Ameri, F. 2017. *Statistics of Mashhad 1395*, Mashhad Municipality's Deputy for Planning and Human Capital Development, Mashhad. (In Persian)

Amiri, M., Darestani Farahani, A. & Mahboob Ghodsi, M. 2016. *Multi-criteria decision making*, Kian Press, Tehran. (In Persian)

Ansari, H. & Salehnia, N. 2014. Evaluation of effective parameters on urban water consumption using gamma test technique. *Journal of Water and Wastewater*, 1(1), 2-13. (In Persian)

Arbues, F., Bolsa, M. A. & Villanua, I. 2015. Which factors determine water saving behaviour? evidence from spanish households. *Urban Water Journal*, 13(5), 511-520.

Atashi, M., Davari, K. & Sharifi, M. B. 2016. Simulation of the integrated appropriation of surface water and underground drinking water in Mashhad, *Journal of Water and Wastewater*, 26(5), 23-34. (In Persian)

Baumann, D. D., Boland, J. J. & Hanemann, W. M. 1998. *Urban water demand management and planning*, McGraw Hill Professional, New York.

Davarpanah, G. 2005. The effects of water-absorbent materials on water supply for tree planting in the semi-arid regions. *Journal of Water and Wastewater*, 16(1), 62-69. (In Persian)

www.SID.ir

Fallahi, M. A., Ansari, H. & Moghaddas, S. 2012. Evaluating effective factors on household water consumption and forecasting its demand: panel data approach. *Journal of Water and Wastewater*, 23(4)**,** 78-87. (In Persian)

Garcia-Rubio, M. A., Ruiz-Villaverde, A. & Gonzalez-Gomez, F. 2015. Urban water tariffs in Spain: what needs to be done?, *Water*, 7**,** 1456-1479.

Garcia, X., Ribas, A., Llausas, A. & Sauri, D. 2013. Socio-demographic profiles in suburban developments: implicationsfor water-related attitudes and behaviors along the Mediterranean coast. *Applied Geography*, 41(5)**,** 46-54.

Ghodsipoor, S. H. 2016. *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, Amir Kabir University of Technology Publications, Tehran. (In Persian)

Ince, M., Yigit, T., & Isik. A. H. 2017. AHP-TOPSIS method for learning object metadata evaluation, *International Journal of Information and Education Technology*, 7(12), 884-887.

Justes, A., Barberan, R. & Farizo, B. A. 2014. Economic valuation of domestic water uses. *Science of the Total Environment*, 472**,** 712-718.

Kholfi, A. A., Shiri, G. & Poorashraf, Y. 2018. Investigating the consumption pattern of domestic water by segmentation approach for water consumers (case study: domestic water consumers in Ilam city), *Journal of Water and Wastewater*, 29(2)**,** 59-67. (In Persian)

Maleki, F., Eftekhar, H. & Gholamrezaei, S. 2014. Investigating the strategies for institutionalization of optimum and sustainable water consumption culture, *2nd National Conference on Water Crisis*, Shahrekord University, Shahrekord. (In Persian)

Maleki nasab, A., Abrishamchi, A. & Tajrishi, M. 2007. Assessment of residential water conservation due to using low-flow fixtures, *Journal of Water and Wastewater*, 18(2)**,** 2-11. (In Persian)

Maleki nasab, A., Tabesh, M. & Ghalibaf Sarshoori, M. 2010. Assessment of household water saving due to using water-efficient fixtures and faucets, *Iran-Water Resources Research*, 6(2)**,** 36-45. (In Persian)

Mohammadi, A. & Mowlaei, N. 2010. Applying multi-criteria grey decision making in evaluating the performance of companies. *Industrial Management Journal*, 2(4)**,** 125-142. (In Persian)

Moosavi, S. N., Mohammadi, H. & Soltani, G. 2008. To determine and assess the cost and price elasticity of urban household water use groups with private ownership and rent in the region of Marvdasht, *Water Resources Engineering*, 1(1), 67-76. (In Persian)

Najafzadeh, H. 2016. Study and analysis of international experiences of adaptation to dehydration and drought and the possibility of using these experiences in the climatic and social conditions of the holy city of Mashhad, Master's thesis, Islamic Azad University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)

Rathnayaka, K., Maheepala, S., Nawarathna, B., George, B., Malano, H. & Arora, M. 2014. Factors affecting the variability of household water use in Melbourne, Australia, Resources, *Conservation and Recycling*, 92(14)**,** 85-94.

Sadeghi, M., Razavi, S. H. & Saberi, N. 2013. Application of grey TOPSIS in preference ordering of action plans in balanced scorecard and strategy map. *Informatica*, 24(4)**,** 619-635.

www.SID.ir

Archive of SID

Saffari, S., Samiei, M. J., Bigham, F., Zeinali, M., Rasooli, M. B. & Fashaei, M. 2009, A look at the culture of water use in pioneering countries, *National Conference on Sustainable Development Patterns in Water Management*, Mahab Samen Consulting Engineering Company, Mashhad. (In Persian)

Shahidi, A., Khashei-Siuki, A. & Zeraatkar, Z. 2019. Investigating effective strategies on drinking water demand management in Birjand city. *Journal of Water and Wastewater*, 30(1)**,** 130-135. (In Persian)

Shan, Y., Yang, L., Perren, K. & Zhang, Y. 2015. Household water consumption: insight from survey in Greece and Poland. *Procedia Engineering*, 119**,** 1409-1418.

Sobhaninejad, M. & Afshar, A. 2010. Correction of consumption pattern with an emphasis on the role of education. *Social-Cultural Knowledge Journal*, 2**,** 155-170. (In Persian)

Tabesh, M., Alibariani, E., Motevalian, S. S., Roozbehani, A. & Beygi, S. 2017. 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*, 49(1), 47-56**.** (In Persian)

Tahamipoor, M. 2017. Economic value, approach for water demand management in industrial use case study: chemical manufacturing industries. *Journal of Water and Wastewater*, 28(1)**,** 74-83. (In Persian)

Wang, W. & Liu, Z. Z. 2007. Contractors selection based on the grey decision model, *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing,* Shanghai, China, 5301-5304.

Willis, R. M., Stewart, R. A. & Giurco, D. P. 2013. End use water consumption in households: impact of sociodemographic factors and efficient devices. *Journal of Cleaner Production*, 60(2)**,** 107-115.

Yazdandad, H. & Mazloom, B. Z. 2010. Investigating the factors affecting the pattern of water consumption and its optimization in the household (case study: Mashhad city), *3rd National Conference on Operation and Maintenance of Water and Wastewater Systems*, Shahid Beheshti University, Tehran. (In Persian)

Zebardast, E. 2001. Application of hierarchical analysis process in urban and regional planning. *Honarhaye Ziba Publication*, 10**,** 13-21. (In Persian)

Zhu, G., Hu, J., Qi, J. Gu, C. & Peng, Y. 2015. An integrated AHP and VIKOR for design concept evaluation based on rough number. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3)**,** 408-418.

Zohouri, F. V., Rugg-Gunn, A. J., Fletcher, E. S., Hackett, A. F., Moynihan, P. J. & Mathers, J. C. 2004. Changes in water intake of Northumbrian adolescents 1980 to 2000. *British Dental Journal*, 196(13)**,** 547-552.

www.SID.ir