نشریه علمی
علوم و مهندسی آب و فاضلاب
سال نهم، شماره ۳، صفحات ۴-۱۶، پاییز ۱۴۰۳

Journal of Water and Wastewater Science and Engineering (JWWSE)
Vol. 9, No. 3, PP. 4-16, Autumn 2024
DOI: 10.22112/jwwse.2024.377884.1338

مقاله پژوهشی

شناسایی و بررسی عوامل موثر بر مصرف آب خانگی با رویکرد ترکیب Delfi، Dematel و Topsis فازی

حبیب‌الله داداشی دیوکلایی[۱]، علی ثریایی[۲*] و سیدعلی نبوی چاشمی[۳]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.
۲- استادیارگروه مدیریت صنعتی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.
۳- دانشیار گروه مدیریت مالی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.
* نویسنده مسئول، ایمیل: a.sorayaei@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۰
تاریخ اصلاح: ۱۴۰۲/۰۸/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۵
© انجمن آب و فاضلاب ایران

چکیده

در حال‌حاضر کمبود آب زندگی میلیاردها نفر از مردم سراسر جهان را تهدید می‌کند و با توجه به رشد جمعیت، رشد اقتصادی و تغییرات اقلیمی انتظار می‌رود این روند در آینده ادامه داشته و حادتر شود. از این‌رو، تمایل به مهار مصرف بی‌رویه آب از طریق شناسایی عوامل اصلی موثر بر رفتار مصرف‌کننده در مدیریت منابع آب آشامیدنی بسیار مهم شده است. با درک این ضرورت، هدف پژوهش حاضر شناسایی و بررسی روابط علی و معلولی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب در بخش خانگی است. در این راستا با بررسی ادبیات موضوع در حوزه آب و مصاحبه با خبرگان صنعت، عوامل موثر بر مصرف در معیارهای مختلف شناسایی و پایش شدند. از طریق روش دلفی فازی نسبت به بررسی عوامل اقدام و در نهایت ۷ معیار اصلی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، فنی و مهندسی، قانونی و مدیریتی، مکانی و زمانی با ۲۶ زیرمعیار شناسایی شدند. سپس از طریق روش دیمتل فازی روابط علی و معلولی و ارزیابی و رتبه بندی این عوامل با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی بررسی شد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق میزان آگاهی خانواده، استفاده از ادوات کاهنده آب، تبلیغات و آموزش، انگیزه مصرف، تعرفه و قیمت‌گذاری آب و استفاده از شیرآلات جدید رتبه اول تا ششم را داشتند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که از میان عوامل مختلف می‌توان با افزایش آگاهی‌های لازم به خانوارها در چگونگی نحوه مصرف آب و تغییر در شیوه الگوی مصرف، تاثیرگذاری بالایی در مدیریت مصرف آب داشت.

کلمات کلیدی: دلفی فازی، عوامل موثر بر مصرف آب، دیمتل فازی، تاپسیس فازی، مدیریت مصرف.

Research Paper

Identifying and Investigating the Factors Affecting Household Water Consumption with the Hybrid Approach of FDelfi, FDelphi and FTopsis

Habibollah Dadashi Divkolaei[1], Ali Sorayaei[2*] and Seyed Ali Nabavi Chashmi[3]

1- Ph.D. Candidate in Industrial Management, College of Humanities, Islamic Azad University, Babol Branch, Babol, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Management, College of Humanities, Islamic Azad University, Babol Branch, Babol, Iran.
3- Associate Professor, Department of Management, College of Humanities, Islamic Azad University, Babol Branch, Babol, Iran.
* Corresponding Author, Email: a.sorayaei@gmail.com

Received: 31/12/2022
Revised: 17/11/2023
Accepted: 26/12/2023
© IWWA

Abstract

Currently, the lack of water threatens the lives of billions of people around the world, and due to population growth, economic growth, and climate change, this trend is expected to continue and become more acute in the future. Therefore, the desire to curb excessive water consumption through identifying the main factors affecting consumer behavior has become very important in the management of drinking water resources. By understanding this necessity, the aim of the current research is to identify and investigate the causal relationships and prioritize the factors influencing the pattern of water consumption in the domestic sector. In this regard, by reviewing the literature in the field of water and interviewing industry experts, factors affecting consumption were identified and monitored in various criteria. Through the fuzzy Delphi method to investigate the action factors and finally 7 main economic, social, cultural, technical and engineering, legal and managerial, spatial and temporal criteria with 26 sub-criteria were identified. Then, through the fuzzy Dematel method, cause and effect relationships were investigated and these factors were evaluated and ranked using the fuzzy Topsis technique. The results obtained from the research on family awareness, use of water-reducing devices, advertising and education, consumption motivation, water tariff and pricing, and the use of new faucets ranked first to sixth. The findings of the research show that among various factors, it is possible to have a high impact on water consumption management by increasing the awareness of households on how to use water and changing the consumption pattern.

Keywords: Fuzzy Delphi, Factors affecting water consumption, Fuzzy dimethyl, Fuzzy TOPSIS, Consumption management.

۱- مقدمه

آب مهم‌ترین منبع طبیعی برای توسعه پایدار و کیفیت زندگی است. اما به طور نامساوی توزیع شده‌است. تقریبا یک پنجم جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که آب کمیاب است و یک چهارم از کمبود شدید آب رنج می‌برند (United Nations Development Programme, 2012). با پیشرفت در قرن بیست و یکم، مدیریت منابع آب یکی از بزرگترین چالش‌های جهانی خواهد بود، و با پیش‌بینی کمبود آب در آینده برای اهداف مصرف، نیاز به تجزیه و تحلیل اقتصادی فوری و عمیق در مورد این موضوعات وجود دارد. کسب وکارها، دولت‌ها و سیاست‌گذاران در سرتاسر جهان باید برای فراتر رفتن از یک رویکرد معمول کسب و کار با یکدیگر همکاری کنند تا نه تنها عرضه و بهره‌وری منابع آب فعلی را افزایش دهند، بلکه با تغییر شکل دادن به فعالیت‌های اقتصادی زیربنایی، سطح برداشت را نیز کاهش دهند (Jansen, 2012). اخیراً این نگرانی‌ها در کشورهای در حال توسعه افزایش یافته است و بحث‌های گسترده ای در مورد طراحی و اجرای سیاست‌های آب وجود داشته است (Katz, 2016). تغییرات آب و هوایی، خشکسالی‌های شدید، رشد جمعیت، افزایش تقاضا و مدیریت ضعیف در دهه‌های اخیر بر منابع کمیاب آب شیرین در سراسر جهان تاکید بیشتری داشته و منجر به کمبود شدید آب در بسیاری از مناطق شده است. (Salehi, 2022). با این‌حال، کمبود مطالعات در مورد مصرف آب خانگی در زمان برآورده شدن تقاضای آب خانگی یکی از اهداف اصلی مداخلات سیاستی مختلف و دستورالعمل‌ها و برنامه‌هایی در کاهش خشکسالی یا استراتژی‌های مدیریت آب خانگی است (Narmilan et al., 2021). پیش‌بینی تقاضای آب شرب خانگی و تعیین عوامل مؤثر در مصرف آب، در توسعه برنامه‌ریزی‌های مربوط به خانوارهای کشورهای اروپایی از اهمیت فراوانی برخوردار است (Downward and Taylor, 2007). با این‌حال، میزان استفاده از آب شهری به عوامل متعددی از جمله الگوها و عادات استفاده از آب توسط جمعیت و غیره بستگی دارد (Siddiqi and Anadon, 2011). تهامی‌پور (۱۳۹۶) اما آن‌چه که امروز روش برخورد با مسئله آب را از گذشته جدا می‌کند، عدم امکان افزایش استحصال منابع آبی است. از این‌رو برای کنترل و تعدیل بازار مصرف، راهی جز توجه به بخش تقاضا و مدیریت تقاضا وجود ندارد. به‌طور کلی رفتار با آب به‌عنوان کالایی اقتصادی برای تصمیم‌گیری درباره تخصیص آب میان بخش‌های مختلف به‌ویژه در شرایط کمیابی منابع آب، اهمیت اساسی دارد.

امروزه تاثیر استفاده از ادوات پیشرفته در مصرف آب قابل‌ملاحظه است. نتایج تحقیق Daminato (2021) در مطالعه تاثیر کنتورهای هوشمند بر مصرف آب مسکونی نشان داد که کنتور هوشمند می‌تواند با بهبود اطلاعات و ارائه بازخورد در مورد مصرف آب به خانوارها در تغییرات رفتاری و حفاظت از آب را ارتقا دهند. تحلیل آگاهی مصرف کنندگان از مصرف آب پایدار، با مفهوم رد پای آب[1] شاخصی برای نشان‌دادن روابط پنهان مصرف آب است. در تحقیق Gómez and Barros (2020) آگاهی اجتماعی در مورد مصرف آب را به‌عنوان ابزاری اساسی برای بهره‌وری آب و روش‌های تصمیم‌گیری متناسب با چالش‌های ناشی از کمبود آن تجزیه و تحلیل شد. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بالابردن آگاهی عمومی پیرامون استفاده مسئولانه از آب لازم و ضروری است و دانش اجتماعی امکان تنظیم مدیریت پایدار آب را فراهم می‌کند و مصرف آب با فعالیت‌های روزانه مرتبط است.

Dimkić (2020) در مطالعه خود تأثیر دما بر مصرف آب را از طریق بررسی عوامل اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی، در دسترس بودن منابع آب، درآمد، قیمت‌گذاری آب، سیاست‌گذاری، زمان و عادات مردم انجام داد. این مطالعه نشان داد که همبستگی قوی بین دما، منابع در دسترس، سیاست‌گذاری، شرایط سیستم آبرسانی و عادات مردم بر مصرف آب نقش دارد.

Rondine and Sarmiento (2020) با بررسی مصرف آب بر روی الگوی مصرف و زیرساخت‌ها به این نتیجه رسیدند که مصرف آب به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های مسکونی قرار دارد. در این تحقیق الگوی مصرف شامل جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی و زیرساخت‌ها شامل نوع محل سکونت، فناوری وسایل موجود و مصرف مربوط به اتاق‌های (آشپزخانه، خشک‌شویی و سرویس بهداشتی) است. هم‌چنین عوامل خارجی شامل قیمت، آب و هوا و سیاست‌ها هم تاثیرگذار هستند. (Wardak and Yousef Abe (2019 تحلیل عوامل موثر بر مصرف آب در شهر جده را انجام دادند که شامل عوامل جمعیت، دما، رطوبت، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی سالانه بود. نتایج مطالعات مختلف حاکی از آن است که طیف وسیعی از متغیرهای اقتصادی اجتماعی و جمعیتی وجود دارند که بر میزان تقاضای آب تأثیرگذارند که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به بعد خانوار، سن افراد، تحصیلات، شغل و درآمد افراد اشاره کرد (Shove et al., 2005).

برخی دیگر از محققان از جمله وجود امور زیربنایی یا خدمات آبرسانی عام‌المنفعه را عواملی مؤثر در تقاضای آب دانسته‌اند. Garcia (2013) متغیرهای جمعیت شناختی موثر در مصرف آب

شامل بعد خانوار، میزان درآمد و تحصیلات، محل تولد و محل سکونت را مورد بررسی قرارداد. تابش و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، الگویی برای انتخاب مناسب‌ترین راهبرد مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری ارائه دادند. آن‌ها با بهره‌گیری از نظرهای کارشناسان و متخصصین صنعت آب و فاضلاب، راهبردهای مختلف مدیریت مصرف آب را رتبه‌بندی نمودند. راهبردهای انتخاب شده در این تحقیق عبارت بودند از: فرهنگ‌سازی در بین مصرف‌کنندگان، اجرای برنامه‌های آموزشی و تبلیغاتی، کاهش آب بدون درآمد، افزایش آب‌بها و استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف. هم‌چنین معیارهایی مانند هزینه، زمان، رضایت مشترکین، میزان آب بدون درآمد و تأثیر اجرای طرح در کاهش مصرف آب برای وزن‌دهی و تعیین امتیاز راهبردها استفاده شدند. در نهایت راهبرد کاهش آب بدون درآمد به‌عنوان مناسب‌ترین راهبرد از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان شناخته شد. این درحالی است که با توجه به بررسی تحقیقات گذشته بررسی جامعی برای شناسایی عوامل تاثیرگذار مشاهده نشده و عملا محققان تنها عوامل کلی را مورد بررسی قرار دادند. Garcia (2013) متغیرهای جمعیت شناختی، Daminato (2021) تاثیر کنتورهای هوشمند بر آب مصرفی، Gómez and Barros (2020) تجزیه و تحلیل آگاهی اجتماعی مردم و دانش اجتماعی در مصرف آب، Wardak and (2019) Yousef Abe عوامل جمعیت، دما، رطوبت، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی سالانه، Rondine and Sarmiento (2020) تاثیر الگوی مصرف و زیرساخت‌ها را بر روی مصرف آب بررسی کردند.

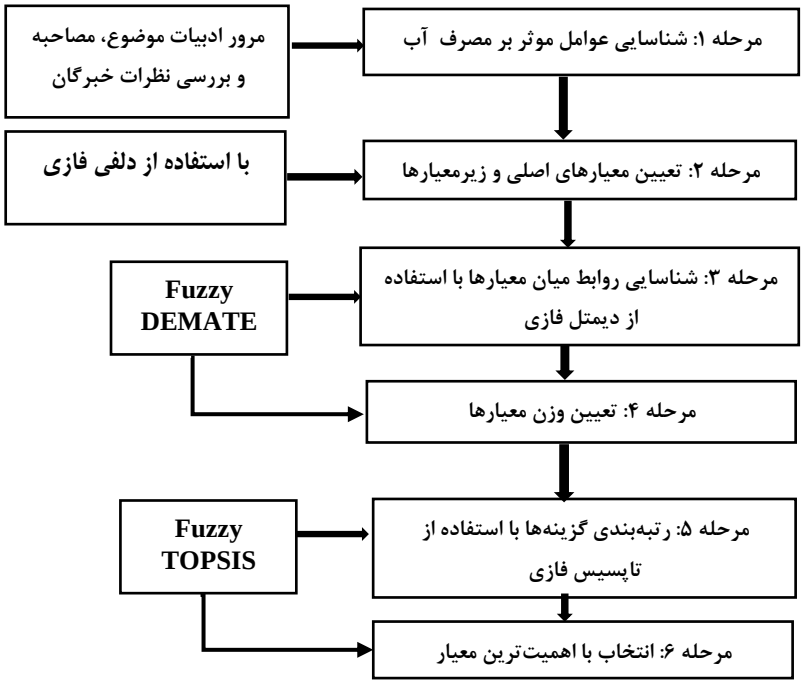
شرکت‌های آب و فاضلاب بر مبنای رسالت اصلی خود مسئول تامین آب سالم و دفع بهداشتی فاضلاب هستند. از این‌رو این شرکت‌ها همیشه با چالش‌های زیادی در مورد مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب برای استفاده صحیح از آب شرب موجود به‌ویژه مصرف آب خانگی روبرو هستند. تعدادی از عوامل وجود دارند که بر رفتار استفاده از آب تاثیر می‌گذارند و هم‌چنین عوامل مهمی هم هستند که به‌طور کامل بررسی نشده‌اند که ممکن است در توسعه استراتژی موثر تقاضا آب مفید باشند و می‌تواند گام‌های لازم برای کاهش مصرف آب خانگی را افزایش دهد (Jorgensen et al., 2009).

با توجه به بررسی پیشینه پژوهش و اهمیت موضوع مصرف آب، پژوهش قابل‌ملاحظه‌ای که به‌صورت جامع عوامل تاثیرگذار بر مصرف آب را مورد شناسایی و بررسی قرار دهد مشاهده نشده است. بر این اساس، با توجه به شرایط اقلیمی و اجتماعی در هر منطقه ضروری است تا عوامل موثر بر مصرف شناسایی و ارتباط میان آن‌ها بررسی شود. از این‌رو در این پژوهش با درک آن‌چه که در یک سطح از منطقه رخ می‌دهد نسبت به شناسایی و دسته‌بندی عوامل اصلی و تعیین زیرعامل‌ها اقدام شده و سپس از منطق فازی برای عدم قطعیت موجود در ارزیابی کیفی عوامل استفاده‌شده است. هم‌چنین برای رتبه‌بندی عوامل شناسایی‌شده، از روش تکنیک تاپسیس[۲] فازی با عدم‌قطعیت عناصر تصمیم استفاده شد تا عواملی که تاثیر مهمی در مصرف آب دارند مشخص شوند و با بهره‌گیری از آن برای مدیریت بهتر منابع آب اقدام شود.

۲- روش‌شناسی پژوهش

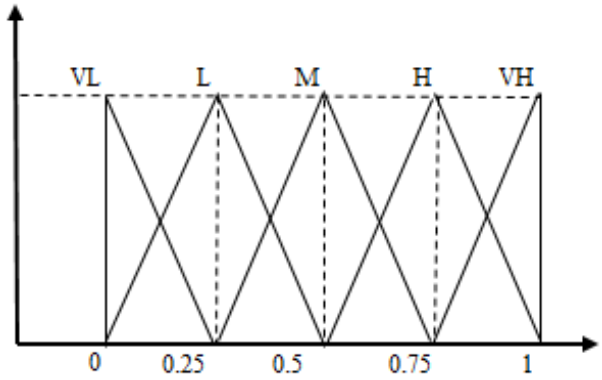
روش تحقیق در این پژوهش، از نوع روش‌های پیمایشی است که از انواع تحقیقات توصیفی به‌شمار می‌رود و ازنظر نوع هدف، کاربردی است، زیرا درصدد به‌کارگیری یک‌روش تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی برای رتبه‌بندی عوامل موثر بر مصرف آب است. از سوی دیگر این تحقیق دارای اهمیت میدانی است، زیرا بخش اصلی اطلاعات آن از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه توسط متخصصان و خبرگان حوزه مورد مطالعه شرکت آب و فاضلاب استان مازندران گردآوری شده است. خبرگان شامل معاونین، مدیران و کارشناسان خبره در حوزه مدیریت مصرف هستند که دارای دانش لازم در حوزه بهره‌برداری و مشترکین بوده، سابقه بالای ۱۵ سال و هم‌چنین انگیزه لازم برای انجام تحقیق را داشته انتخاب شدند. شکل ۱، مراحل اجرای تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. خبرگان شامل ۲۰ نفر از مدیران و کارشناسان باسابقه و سطح تحصیلات بالا و صاحب‌نظران محسوب می‌شوند که از طریق نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شده‌اند. بدین‌صورت، ابتدا محقق با استفاده از روش نمونه‌گیری قضاوتی افراد نخبه و صاحب‌نظر را انتخاب کرده و در ادامه برای یافتن سایر افراد متخصص در آن یک شرکت‌کننده در پژوهش، محقق را به شرکت‌کنندگان دیگر هدایت می‌کند. بعد از جمع‌آوری اطلاعات لازم و پایش و تحلیل محتوای کیفی، ۳۹ عامل موثر شناسایی شدند. سپس با تشکیل پنل دلفی و تهیه پرسشنامه و توزیع آن عوامل بررسی شد تا عواملی که از جامعیت بیشتری برخوردار هستند شناسایی شوند. روش دلفی با مشارکت افرادی انجام می‌گیرد که در موضوع پژوهش دارای دانش و تخصص باشند. این افراد با عنوان پنل دلفی شناخته می‌شوند. گزینش اعضای واجد شرایط برای پنل دلفی از مهم‌ترین مراحل این روش به‌حساب می‌آید؛ زیرا اعتبار نتایج کار بستگی به شایستگی و دانش این افراد دارد. این روش در عمل، یک سری از پرسشنامه‌ها یا دوره متوالی به‌همراه بازخوران کنترل

شده‌ای است که تلاش دارد به اتفاق‌نظر میان یک گروه از افراد متخصص درباره یک موضوع خاص دست پیدا کند (Powell, 2003).



شکل ۱- مراحل اجرای تحقیق

کاربرد این روش، ساختار دادن به فرایند ارتباطات گروهی است، به‌نحوی که چنین فرایندی در فراهم‌کردن زمینه درگیری مجموعه‌ای از افراد به‌عنوان یک کل مسئله یا موضوعی پیچیده موثر باشد (Turoff and Linston, 2002). در روش دلفی کلاسیک، نظرات خبرگان در قالب اعداد قطعی بیان می‌شود، در حالی‌که افراد خبره از شایستگی‌های ذهنی خود برای بیان نظر استفاده می‌کنند و این نشان‌دهنده احتمالی‌بودن عدم‌قطعیت حاکم بر این شرایط است. احتمالی بودن عدم‌قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد (آذر و فرجی، ۱۳۹۰). بنابراین، بهتر است داده‌ها در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ و با استفاده از مجموعه‌های فازی مورد تحلیل قرارگیرند. کاربرد این روش به‌منظور تصمیم‌گیری و اجماع بر مسائلی که اهداف و پارامترها به صراحت مشخص نیستند، به نتایج ارزنده‌ای منجر می شود. ویژگی مهم این روش، ارائهٔ چارچوبی انعطاف‌پذیر است که بسیاری از موانع مربوط به عدم‌دقت و صراحت را تحت‌پوشش قرار می‌دهد (اسماعیل‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱). بسیاری از مشکلات در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به اطلاعات ناقص و نادقیق است. هم‌چنین تصمیم‌های اتخاذ شدهٔ خبرگان، براساس صلاحیت فردی و به‌شدت ذهنی آنان است. بنابراین بهتر است داده‌ها به‌جای اعداد قطعی با عدد فازی نمایش داده شوند. در این مطالعه از عدد فازی مثلثی استفاده شده است. یک عدد فازی مثلثی به‌صورت شکل ۲ نمایش‌داده می‌شود.

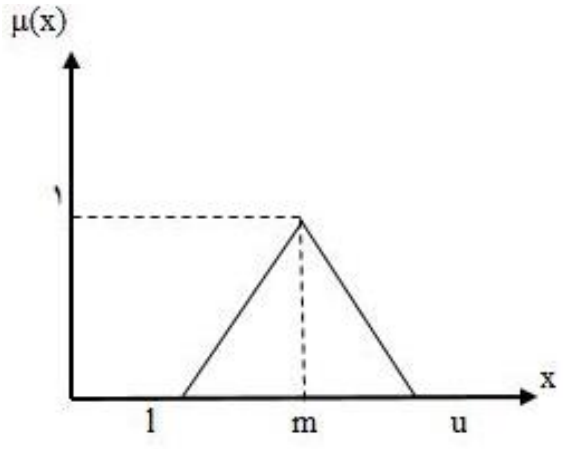


شکل ۲- نمایش اعداد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی با سه عدد حقیقی به‌صورت $M=(l, m, u)$ نمایش داده می‌شود. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی به‌صورت رابطه (۱) است. در شکل ۳ تابع عضویت ارزش کلامی اعداد فازی نشان‌داده شده است.

$$um(x) = \begin{cases} \dfrac{x-l}{m-l} & l \le x \le m \\ \dfrac{u-l}{u-m} & m \le x \le u \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۱)$$

که u: کران بالای بیشینه مقادیر عدد فازی، m: محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی و l: کران پایین کمینه مقادیرعدد فازی هستند.



شکل ۳- ارزش‌های کلامی و اعداد فازی

در مرحله اول دلفی، پرسشنامه‌ای طراحی و از خبرگانی که دارای تجربه بالا و دانش لازم و کافی در زمینه موضوع مورد بررسی و هم‌چنین علاقمند و زمان کافی برای مشارکت در تحقیق را داشتند درخواست شد تا با استفاده از متغیرهای کلامی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد میزان اهمیت هریک از عوامل شناسایی‌شده را مشخص نمایند. یک راه‌کار ساده برای فازی‌سازی داده‌ها استفاده از طیف‌های استاندارد است. در این پژوهش برای تبدیل متغیرهای کلامی خبرگان از اعداد فازی مثلثی از طیف لیکرت ۵ درجه استفاده‌شده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). بعد از جمع‌آوری نظرهای تصمیم‌گیرندگان با تخصیص عدد فازی مثلثی مطابق جدول ۱ به‌نظر هر خبره، نسبت به محاسبه میانگین نظرات اقدام شد. تایید و غربال‌گری شاخص‌ها با مقدار آستانه S صورت می‌پذیرد. هیچ راه ساده و قانونی برای تعیین مقدار آستانه وجود ندارد و اصولا از نظر خبرگان استخراج می‌شود (Cheng and Lin, 2002).

برای ارزیابی رد یا قبول عوامل، بر اساس رابطه (۲) دی‌فازی شدند.

$$Crisp = \frac{l+m+u}{3} \quad (۲)$$

جدول ۱- متغیرهای کلامی و اعداد دلفی فازی (Martinez and Canal, 2011)

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰ ,۰ ,۰/۲۵)
کم	(۰ ,۰/۲۵ ,۰/۵)
متوسط	(۰/۲۵ ,۰/۵ ,۰/۷۵)
زیاد	(۰/۵ ,۰/۷۵ ,۱)
خیلی زیاد	(۰/۷۵ ,۱ ,۱)

در این پژوهش برای تصمیم‌گیری درباره توقف یا ادامه دورهای دلفی اتفاق نظر قوی میان اعضای پنل است. مرز قابل‌قبول بودن عامل آستانه مقدار (۰/۷) است. اگر مقدار دی‌فازی شده عدد فازی مثلثی نزدیک به (۰/۷) یا بالاتر از آن باشد، به‌عنوان عامل قابل قبول، پذیرش‌شده و در غیر این‌صورت مورد قبول واقع نمی‌شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳).

بعد از شناسایی عوامل موثر از طریق تکنیک دیمتل[۳] فازی نسبت به بررسی ساختار تاثیرات درونی میان شاخص‌ها اقدام شد. این تکنیک روشی مؤثر است که با تجمیع دانش گروهی، به تجزیه و تحلیل روابط بین عوامل سیستم می پردازد. مهم‌ترین مشخصه این روش، در تصمیم گیری چن شاخصه و عملکرد آن در ایجاد رابطه و ساختار بین عوامل است (Lee et al., 2011).

بعد از شناسایی ارتباطات و ساختار درونی عوامل از طریق تکنیک تاپسیس، رتبه‌بندی عوامل از با اهمیت‌ترین آن انجام شد. واژه تاپسیس به‌معنی روش‌های ترجیح براساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. این مدل در سال ۱۹۸۱ توسط Hong Yun پیشنهاد شد. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی است. گزینه بهینه گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین‌حال دورترین فاصله با راه‌حل ایده‌آل منفی دارد (Chen, 2000).

مراحل تکنیک دیمتل فازی به شرح ذیل است:

در گام نخست محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم (D) از پاسخ‌دهندگان خواسته شد تا میزان تأثیرگذاری عامل i بر عامل j را با استفاده از جدول ۲، نشان دهند. برای بررسی عوامل از نظر ۲۰ خبره استفاده شد. سپس برای ادغام نظرات خبرگان از رابطه (۳) از آن‌ها میانگین حسابی گرفته شد.

$$\tilde{z} = \frac{(\tilde{x}1 + \tilde{x}2 + \tilde{x}3 + \cdots + \tilde{x}p)}{p} \quad (۳)$$

که P: تعداد خبرگان، $\tilde{x}p$، ... ،$\tilde{x}3$،$\tilde{x}2$،$\tilde{x}1$: به‌ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره P است و $\tilde{z}$: عدد فازی

مثلثی به‌صورت $\tilde{z} = (l_{ij}, m_{ij}, lu_{ij})$ است.

جدول ۲- طیف پنج درجه‌ای تکنیک دنپ و معادل قطعی برای عبارات کلامی

متغیر	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تأثیر	۰	(۰ ,۰ ,۰/۲۵)
تأثیر کم	۱	(۰ ,۰/۲۵ ,۰/۵)
تأثیر متوسط	۲	(۰/۲۵ ,۰/۵ ,۰/۷۵)
تأثیر زیاد	۳	(۰/۵ ,۰/۷۵ ,۱)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵ ,۱ ,۱)

در گام دوم، نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم است. مطابق با روابط (۴) و (۵) ماتریس میانگین ارتباطات مستقیم نرمال شده و ماتریس H نامیده می‌شود.

$$H_{ij=}\left(\frac{Z_{ij}}{r}\right)=\left(\frac{l_{ij}}{\mathrm{r}}.\frac{m_{ij}}{r}.\frac{u_{ij}}{r}\right) \quad (۴)$$

$$r=\max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n}u'_{ij},\sum_{i=1}^{n}u'_{ij}\right) \quad (۵)$$

به‌عبارت دیگر مقدار r برابر با بیشترین مقدار جمع سطری حد بالای ماتریس ادغام شده نظرات است. سپس تک‌تک درایه‌های جدول ماتریس ارتباط مستقیم بر این عدد تقسیم می‌شوند و ماتریس نرمال ارتباطات مستقیم به‌دست می‌آید.

در گام سوم، محاسبه ماتریس ارتباط کامل عوامل TC است. بعد از محاسبه ماتریس‌های نرمال، ماتریس روابط کل فازی با توجه به روابط (۶) تا (۹) به‌دست می‌آید. در این روابط I ماتریس یکه و H_l، H_m و H_u هر کدام ماتریس $n_{\times}n$ هستند که n درایه‌های آن را به‌ترتیب عدد پایین، عدد میانی و عدد بالایی اعداد فازی مثلثی ماتریس H را تشکیل می‌دهد و ماتریس ارتباطات کامل TC به‌دست می‌آید.

$$T=\lim_{k\to\infty}(\tilde{H}^1\oplus\tilde{H}^2\oplus\ldots\oplus\tilde{H}^k \quad (۶)$$

$$\left[\tilde{l}_{ij}\right]=H1\times\left(I-\tilde{H}_l\right)^{-1} \quad (۷)$$

$$\left[\tilde{m}_{ij}\right]=H1\times\left(I-\tilde{H}_m\right)^{-1} \quad (۸)$$

$$\left[\tilde{u}_{ij}\right]=H1\times\left(I-\tilde{H}_u\right)^{-1} \quad (۹)$$

در گام چهارم، محاسبه ماتریس ارتباط کامل ابعاد، نخست باید ماتریس TD را از ماتریس ارتباط کامل عوامل TC استخراج نمود. بدین‌جهت هر درایه ماتریس TD از میانگین درایه‌های زیرعوامل در ماتریس TC حاصل می‌شود. اگر هر درایه ماتریس TD، t_{ij} باشد، هر t''_{ij} از میانگین هر T_C^{ij} حاصل می‌شود.

در گام پنجم، محاسبه شدت و جهت تأثیر. مطابق با روابط (۱۰) و (۱۱) میزان شاخص $\tilde{D}$ و $\tilde{R}$ محاسبه می‌شود. شاخص ri بیانگر مجموع سطر i ام و شاخص dj بیانگر مجموع ستون j ام از ماتریس TC با توجه به بعد مربوطه است. به‌همین صورت میزان شاخص $\tilde{R}$ و $\tilde{D}$ محاسبه می‌شود.

$$\left(\tilde{D}\right)=\left(\tilde{D}_i\right)_{n\times1}=\left[\Sigma_{j=1}^{n}=\tilde{T}_{ij}\right]_{n\times1} \quad (۱۰)$$

$$\left(\tilde{R}\right)=\left(\tilde{R}_i\right)_{n\times1}=\left[\Sigma_{j=1}^{n}=\tilde{T}_{ij}\right]_{n\times1} \quad (۱۱)$$

مرحله بعدی میزان اهمیت شاخص‌ها $(\tilde{D}_i+\tilde{R}_i)$ و رابطه بین معیارها $(\tilde{D}_i-\tilde{R}_i)$ مشخص می‌شود. اگر $\tilde{D}_i-\tilde{R}_i>0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i-\tilde{R}_i<0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است. به‌عبارت دیگر هرچه مقدار $\tilde{D}_i+\tilde{R}_i$، عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد.

برای به‌دست آوردن مقادیر قطعی (فازی‌زدایی شده) متغیرهای R و D از رابطه (۱۲) استفاده می‌شود.

$$\text{Defuzzy}=\frac{\left((u-l)+(m-l)\right)}{3}+l \quad (۱۲)$$

مراحل تاپسیس فازی به شرح ذیل است:

درگام اول تشکیل ماتریس تصمیم براساس رابطه (۱۳) است. از این‌رو با طرح پرسشنامه از خبرگان خواسته شد میزان اهمیت هریک از زیرمعیارها را با متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) نشان دهند. سپس متغیرهای کلامی جمع‌آوری شده از سوی خبرگان برابر جدول ۳، به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند.

جدول ۳- متغیرهای کلامی و اعداد تاپسیس فازی (Liu and Tsai, 2000)

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم (VL)	(۰ ,۰ ,۱)
کم (V)	(۱ ,۳ ,۵)
متوسط (M)	(۳ ,۵ ,۷)
زیاد (H)	(۵ ,۷ ,۹)
خیلی زیاد (VH)	(۸ ,۱۰ ,۱۰)

$$xij=\frac{1}{K}[x^1ij+x^2ij+\cdots+x^kij]$$
$$wij=\frac{1}{k}[w^1ij+w^2ij+\cdots+w^kij] \quad (۱۳)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} \cdots \tilde{x}_{1j} \cdots \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} \cdots \tilde{x}_{2j} \cdots \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots \vdots \vdots \vdots \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} \cdots \tilde{x}_{ij} \cdots \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \vdots \vdots \vdots \vdots \vdots \\ \tilde{x}_{m1} \tilde{x}_{m2} \cdots \tilde{x}_{mj} \cdots \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

$$wj = (wj1, wj2, wj3)$$

که $xij = (lij, mij, uij)$ و x_{ij}: نظر فرد jام درباره زیرمعیار iام به‌صورت اعداد فازی است.

با توجه به معیارهای رتبه‌بندی فازی ترکیبی، گزینه‌ها را می‌توان براساس روابط (۱۴) در نظرگرفت.

$$\begin{aligned} uij &= Max(uijk) \\ mij &= \frac{\sum_{k=1}^{k} mijk}{\mathrm{k}} \\ lij &= Min(lijk) \end{aligned} \qquad (۱۴)$$

گام دوم، نرمال‌نمودن ماتریس تصمیم‌گیری است و هر سلول ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت عدد فازی مثلثی $xij = (lij, mij, uij)$ نشان داده می‌شود. برای حذف اثر مقیاس هر معیار باید عملیات نرمال‌سازی را انجام داد. در این مرحله ماتریس تصمیم‌گیری فازی نظرات افراد، به یک ماتریس بی‌مقیاس شده فازی $\tilde{R}$ به‌صورت فرمول رابطه (۱۵) تبدیل شده است.

$$\tilde{R} = [\tilde{\mathrm{r}}_{ij}] m \times n \qquad (۱۵)$$

$$\tilde{\mathrm{r}}_{ij} = (\frac{lij}{u_j^*}, \frac{mij}{u_j^*}, \frac{uij}{u_j^*}) \qquad (۱۶)$$

$$u_j^* = Max(uij) \qquad (۱۷)$$

در گام سوم ماتریس بی‌مقیاس وزین فازی $\tilde{v}$ براساس رابطه (۱۸)، با فرض بردار $\tilde{w}_j$ به‌عنوان ورودی ایجاد می‌شود. وزن اهمیت هریک از معیارها با تعیین مستقیم یا غیرمستقیم با استفاده از مقایسه‌های دوتایی به‌دست می‌آید. در این مقاله اهمیت اوزان معیارهای مختلف و رتبه‌بندی معیارهای با متغیرهای کلامی اعداد مثلثی به‌صورت جدول ۴ درنظر گرفته شده‌است.

برای محاسبه ماتریس بی‌مقیاس وزین فازی برای معیارهای با جنبه مثبت، از رابطه (۱۸) استفاده شده است.

$$\begin{aligned} &\tilde{v} = [\tilde{\mathrm{v}}_{ij}] m \times n \\ &i = 1,2, \dots, m \qquad j = 1,2 \dots . n \\ &\tilde{v}_{ij=}\tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j = (\frac{l_{ij}}{\mathrm{u}_j^*} . \frac{m_{ij}}{u_j^*} . \frac{u_{ij}}{u_j^*}) \cdot (w_{j1} . w_{j2} . w_{j3}) \end{aligned} \qquad (۱۸)$$

جدول ۴- متغیرهای کلامی و اعداد تاپسیس فازی (Chen, 2000)

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم (VL)	(۰ ,۰ ,۰/۱)
کم (V)	(۰ ,۰/۱ ,۰/۳)
زیرمتوسط (ML)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵)
متوسط (M)	(۰/۳ ,۰۵/ ,۰۷/)
بالای متوسط (MH)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۹)
زیاد (H)	(۰/۷,۰/۹ ,۱)
خیلی زیاد (VH)	(۰/۹ ,۱ ,۱)

در گام چهارم ایده‌آل‌های مثبت و منفی مشخص می‌شود. ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی براساس رابطه (۱۹) به‌دست می‌آید.

$$\begin{aligned} A^+ &= \{\tilde{v}^*_1, \tilde{v}^*_2, \dots, \tilde{v}^*_n\} \\ A^- &= \{\tilde{v}^-_1, \tilde{v}^-_2, \dots, \tilde{v}^-_n\} \end{aligned} \qquad (۱۹)$$

که $\tilde{v}^*_i$: بهترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها و $\tilde{v}^-_i$: بدترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها است. این مقادیر از رابطه (۲۰) به‌دست می‌آید.

$$\begin{aligned} v_j^* &= Max\{v_{ij3}\} \; i = 1.2. \dots . m \quad j = 1.2. \dots . n \\ v_j^- &= Max\{v_{ij1}\} \; i = 1.2. \dots . m \quad j = 1.2. \dots . n \end{aligned} \qquad (۲۰)$$

در گام بعدی محاسبه وزن شاخص‌ها است. ابتدا فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود. برای این‌کار از رابطه (۲۱) استفاده شده است.

$$\begin{aligned} &D(A.B) \\ &= \sqrt{\frac{1}{3}[(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \end{aligned} \qquad (۲۱)$$

بعد از محاسبه فواصل، وزن هر شاخص از رابطه (۲۲) به‌دست می‌آید.

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \qquad i = 1.2 \dots . n \qquad (۲۲)$$

۳- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش بخش دلفی فازی در دو مرحله صورت‌گرفته است. درگام اول پرسشنامه‌ای شامل ۳۹ عامل شناسایی شده از طریق ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان صنعت در اختیار اعضای پنل

قرارگرفت و از آن‌ها درخواست شد نظرشان را دربارهٔ هریک از عوامل موثر بر مصرف آب در قالب متغیرهای کلامی بیان کنند. سپس برای یافتن یک درک مشترک از نظرات خبرگان نسبت به هریک از عوامل موثر بر مصرف آب، میانگین هندسی نظرات خبرگان محاسبه شد.

با توجه به یافته‌های مرحله اول از بین ۳۹ عامل موثر تنها ۲۶ عامل بالاتر از (۰/۷) قرارگرفتند. در مرحله بعد میزان اختلاف‌نظر هر خبره با میانگین نظرات اعضا پنل خبرگان محاسبه شد. سپس به‌منظور اطمینان از تعیین عوامل موثر پرسشنامه دیگری به‌همراه نظر قبلی هر خبره و میزان اختلاف نظر وی با میانگین نظرات اعضا پنل در اختیار آن‌ها قراگرفت. چنان‌چه اختلاف بین دو مرحلهٔ نظرسنجی کمتر از حد آستانه خیلی کم (۰/۱) باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود، یعنی خبرگان به اجماع رسیده‌اند. در این پژوهش با توجه به این‌که میزان اختلاف‌نظر خبرگان بین دو مرحله اول و دوم کمتر از حد آستانه (۰/۱) خیلی کم به‌دست آمد، نظرسنجی در مرحله دوم متوقف شد. میانگین نتایج مرحله اول و دوم دلفی فازی مطابق جدول ۵ است. با توجه به نظرات ارایه شده در مرحله دوم و مقایسه آن با نتایج مرحله اول، تمامی ۲۶ عامل بالاتر از (۰/۷) و اختلاف‌نظر خبرگان در دو مرحله از حد آستانه (۰/۱) کمتر بوده و مرحله نظرسنجی متوقف و تمام ۲۶ عامل تایید می‌شود.

جدول ۵- نتایج حاصل از مرحله اول و دوم دلفی فازی

معیار اصلی	زیرمعیار	U	M	L	S1	U	M	l	S2	|S1-S2|
اقتصادی	سطح درآمد خانوار	۰/۹۵	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۲
	تعرفه و قیمت‌گذاری آب	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۸۲	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۸۱	۰/۰۱
	تورم	۰/۹۰	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۹۰	۰/۶۹	۰/۴۴	۰/۶۸	۰/۰۲
	درآمد سرانه	۰/۹۹	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۲
.....	.....	...	...	...	...	...	...	...	...	...
زمانی	درجه حرارت هوا	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۵۶	۰/۷۷	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۵۹	۰/۷۹	۰/۰۲
	ماه‌های گرم سال	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۰	۰/۰۱
	مدت حضور در منزل	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۳	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۰۲
	ساعات مصرف روزانه	۰/۹۶	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۳	۰/۹۴	۰/۷۱	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۰۳

نکته: به‌علت حجم بالا، نتایج جدول مرحله اول به‌صورت خلاصه آورده شد.

برای بررسی و تاثیر ارتباط ساختاری بین عوامل شناسایی شده از طریق تکنیک دیمتل و برای رتبه‌بندی عوامل شناسایی شده، از تکنیک تاپسیس فازی استفاده شده است. جدول ۶ کدبندی زیرعوامل را نشان می‌دهد و خبره‌ها با نماد *Dj* نشان داده می‌شود.

جدول ۶- کدبندی زیرعوامل موثر بر مصرف آب

زیرعوامل و کدها
سطح درآمد خانوارC11 ، تعرفه و قیمت‌گذاری آب C12، تعداد خانوار C13، درآمد سرانه C14
جمعیت C21، تحصیلات C22، شاغل بودن زنانC23 ، میزان آگاهی زنان C24
استفاده از ادوات کاهنده آب C31، استفاده از کنتور مغناطیسی C32، استفاده از شیرآلات جدید C33، فشار شبکه C34، تنوع‌بخشی در عرضه آب تنوع بخشی در عرضه آب C35
تبلیغات و آموزش C41، رفتار مصرف‌کننده C42، علایق مصرف‌کننده C43، انگیزه مصرف C44
مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف C51، وضع قوانین برای تشویق وتنبیه مشترکین کم‌مصرف و پرمصرف C52
بافت شهری و روستایی C61، سطح زیربنا C62، باغچه در منزل C63
درجه حرارت هوا C71، ماه‌های گرم سال C72، مدت حضور در منزل C73، ساعات مصرف روزانه C74

بعد از کدبندی زیرعوامل‌ها، برای بررسی عوامل از نظرات ۲۰ خبره استفاده شد. سپس برای ادغام نظرات خبرگان از آن‌ها میانگین حسابی گرفته می‌شود. جدول ۷ مقایسات زوجی ماتریس ارتباط مستقیم بین زیرعوامل اصلی است.

در گام بعدی با به‌دست آوردن r که برابر با بیشترین مقدار جمع سطری حد بالای ماتریس ادغام شده نظرات است، بیشترین

مقدار در این پژوهش برابر با ۲۴/۰۰۴ است. سپس تک‌تک درایه‌های جدول ماتریس ارتباط مستقیم بر این عدد تقسیم می‌شوند و ماتریس نرمال ارتباطات مستقیم به‌دست می‌آید. جدول ۸ ماتریس نرمال ارتباطات مستقیم فازی بین زیرعوامل را نشان می‌دهد.

جدول ۷- ماتریس روابط مستقیم فازی بین زیرعوامل

	C11			C12			....	C73			C74		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C11	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۵۰۰	۰/۷۵۰	۰/۹۸۸	.....	۰/۶۵۰	۰/۹۰۰	۱/۰۰۰	۰/۶۷۳	۰/۹۳۳	۱/۰۰۰
C12	۰/۰۶۳	۰/۳۱۳	۰/۵۶۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	.....	۰/۶۰۰	۰/۸۵۰	۰/۹۶۳	۰/۵۳۸	۰/۷۸۸	۱/۰۰۰
C13	۰/۰۷۵	۰/۳۲۵	۰/۵۶۳	۰/۵۷۵	۰/۸۲۵	۱/۰۰۰	.....	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۲۶۲	۰/۰۶۳	۰/۳۱۳	۰/۵۵۰
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
C72	۰/۵۸۸	۰/۸۳۸	۱/۰۰۰	۰/۳۶۳	۰/۶۱۳	۰/۸۱۳	.....	۰/۴۳۸	۰/۶۸۸	۰/۹۰۰	۰/۲۲۵	۰/۴۶۳	۰/۷۱۳
C73	۰/۴۲۵	۰/۶۷۵	۰/۸۸۸	۰/۲۵۰	۰/۴۸۸	۰/۷۳۸	.....	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۵۶۳	۰/۸۱۳	۱/۰۰۰
C74	۰/۵۸۸	۰/۸۳۸	۱/۰۰۰	۰/۴۸۸	۰/۷۳۸	۰/۹۸۸	.....	۰/۵۸۸	۰/۸۳۸	۰/۹۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰

نکته: به‌علت حجم بالا، نتایج جداول به‌صورت خلاصه آورده شد.

جدول ۸- ماتریس نرمال روابط مستقیم فازی بین زیرعوامل

	C11			C12			....	C73			C74		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C11	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۲۱	۰/۰۳۱	۰/۰۴۱	.....	۰/۰۲۷	۰/۰۳۷	۰/۰۴۲	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۲
C12	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	.....	۰/۰۲۵	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۴۲
C13	۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳	۰/۰۲۴	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲		۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳
.....	...	....	....	....	....	....	.....	...	...	...	...	...	...
C72	۰/۰۲۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳۴	.....	۰/۰۱۸	۰/۰۲۹	۰/۰۳۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۹	۰/۰۳۰
C73	۰/۰۱۸	۰/۰۲۸	۰/۰۳۷	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	.....	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰	۰/۰۲۳	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲
C74	۰/۰۲۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۲۰	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	.....	۰/۰۲۴	۰/۰۳۵	۰/۰۴۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰

در مرحله بعد ماتریس ارتباط کامل عوامل براساس رابطه‌های (۷) تا (۹) به‌دست می‌آید. نتایج در ماتریس ارتباط کامل عوامل TC (جدول ۹) نشان داده شده است.

جدول ۹- ماتریس ارتباطات کامل (TC) فازی بین زیرعوامل

	C11			C12			....	C73			C74		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C11	۰/۰۱۵	۰/۰۸۰	۰/۰۶۸۸	۰/۰۳۴	۰/۱۱۱	۰/۷۲۰	.....	۰/۰۴۲	۰/۱۱۶	۰/۷۲۶	۰/۰۴۴	۰/۱۲۲	۰/۷۴۵
C12	۰/۰۲۴	۰/۱۱۳	۰/۸۱۸	۰/۰۲۰	۰/۱۰۱	۰/۸۰۸	.....	۰/۰۴۷	۰/۱۳۵	۰/۸۴۲	۰/۰۴۵	۰/۱۳۷	۰/۸۶۷
C13	۰/۰۲۲	۰/۱۰۴	۰/۷۸۹	۰/۰۴۱	۰/۱۲۵	۰/۸۰۹	.....	۰/۰۲۰	۰/۰۹۲	۰/۷۸۵	۰/۰۲۳	۰/۱۰۸	۰/۸۱۸
.....	....	....	.....	....	...	....	.....	....	...	....	....	....	....
C72	۰/۰۴۵	۰/۱۳۵	۰/۸۴۸	۰/۰۳۴	۰/۱۲۷	۰/۸۴۳	.....	۰/۰۴۰	۰/۱۲۹	۰/۸۵۳	۰/۰۳۳	۰/۱۲۵	۰/۸۶۸
C73	۰/۰۳۹	۰/۱۲۸	۰/۸۴۱	۰/۰۳۰	۰/۱۲۱	۰/۸۳۸	.....	۰/۰۲۲	۰/۱۰۱	۰/۸۲۴	۰/۰۴۶	۰/۱۳۸	۰/۸۷۷
C74	۰/۰۴۶	۰/۱۳۲	۰/۸۳۵	۰/۰۴۱	۰/۱۳۰	۰/۸۳۸	.....	۰/۰۴۷	۰/۱۳۳	۰/۸۴۴	۰/۰۲۴	۰/۱۰۳	۰/۸۳۶

مرحله بعدی شامل محاسبه شدت و جهت تأثیر است. جدول ۱۰ مطابق با روابط (۱۰) و (۱۱)، میزان شاخص‌های R و D را نشان می دهد. زیرعواملی که شاخص (R-D) آنان بزرگ‌تر از صفر باشد عامل اثرگذار و کوچکتر از صفر، عوامل اثرپذیر هستند.

برای اولویت‌بندی عوامل از تکنیک تاپسیس فازی استفاده شد. ماتریس اولیه تصمیم با طرح پرسشنامه از خبرگان میزان اهمیت هریک از زیرعوامل با متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تشکیل شد. جدول ۱۱ ماتریس

تصمیم اولیه خبرگان است.

در مرحله نرمالیزه‌کردن ماتریس تصمیم، تمامی اعداد جدول ۱۱ بر بزرگترین عدد ستون u تقسیم می‌شود. جدول ۱۲ ماتریس نرمال‌شده را نشان می‌دهد.

بعد از نرمالیزه‌کردن ماتریس، در این مرحله ماتریس بی‌مقیاس موزون تشکیل شده است. ماتریس بی‌مقیاس مرحله قبل در وزن معیارها ضرب می‌شود. وزن هر عامل با نظر هر خبره در مورد عامل‌ها مطابق با جدول ۴ به‌صورت اعداد فازی مثلثی درنظر گرفته‌شده است. سپس میانگین حسابی اعداد فازی درایه‌های اول، دوم و سوم ۲۰ خبره به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود. جدول ۱۳ ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزن‌دار را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- میزان شاخص‌های R و D

	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C24	C31	C32	C33	C34	C35
D	۲/۹۷۳	۳/۴۷۰	۳/۳۴۲	۳/۵۴۹	۳/۵۱۱	۳/۴۶۲	۳/۵۶۱	۳/۳۵۶	۴/۲۹۱	۴/۳۶۸	۴/۵۱۶	۴/۴۷۱	۴/۵۲۸
R	۳/۲۴۹	۳/۳۰۳	۳/۴۸۲	۳/۳۰۱	۳/۲۹۹	۳/۵۴۲	۳/۴۷۸	۳/۵۷۰	۴/۴۹۶	۴/۴۹۶	۴/۵۵۰	۴/۴۲۱	۴/۴۱۲
R+D	۶/۲۲۲	۶/۷۷۳	۶/۸۲۴	۶/۸۱۰	۷/۰۰۴	۷/۰۳۸	۶/۹۲۶	۸/۷۸۷	۸/۸۶۵	۹/۰۶۶	۸/۸۹۲	۸/۷۳۹	۸/۷۳۹
R-D	-۰/۲۷۵	۰/۱۶۷	-۰/۱۴۰	۰/۲۴۸	۰/۲۱۲	-۰/۰۸۰	۰/۰۸۳	-۰/۲۱۵	-۰/۲۰۵	-۰/۱۲۸	-۰/۰۳۴	۰/۰۵۰	۰/۳۱۶
	C41	**C42**	**C43**	**C44**	**C51**	**C52**	**C61**	**C62**	**C63**	**C71**	**C72**	**C73**	**C74**
D	۳/۳۲۹	۳/۶۴۳	۳/۵۹۷	۳/۵۶۲	۱/۶۵۷	۱/۶۲۸	۲/۶۲۵	۲/۵۱۱	۲/۵۸۳	۳/۴۶۵	۳/۵۸۶	۳/۵۸۳	۳/۵۴۳
R	۳/۵۵۳	۳/۷۰۷	۳/۴۳۷	۳/۴۴۳	۱/۶۳۹	۱/۶۴۶	۲/۶۹۵	۲/۴۰۲	۲/۶۲۲	۳/۵۰۹	۳/۶۶۲	۳/۴۵۶	۳/۵۴۶
R+D	۶/۸۸۲	۷/۳۵۰	۷/۰۲۴	۷/۰۰۵	۳/۲۹۷	۳/۲۷۵	۵/۳۲۱	۴/۹۱۳	۵/۲۰۵	۶/۹۷۴	۷/۲۴۸	۷/۰۴۲	۷/۰۸۹
R-D	-۰/۲۲۴	-۰/۰۶۴	۰/۱۶۹	۰/۱۱۹	۰/۰۱۸	-۰/۰۱۸	-۰/۰۷۰	۰/۱۰۹	-۰/۰۳۹	-۰/۰۴۴	-۰/۰۷۶	۰/۱۲۴	-۰/۰۰۴

جدول ۱۱-تشکیل ماتریس تصمیم اولیه فازی نظر خبرگان

خبره / گزینه	D1			D2			....	D19			D20		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C11	۳	۵	۷	۵	۷	۹	.....	۵	۷	۹	۳	۵	۷
C12	۵	۷	۹	۸	۱۰	۱۰	.....	۵	۷	۹	۵	۷	۹
C13	۵	۷	۹	۳	۵	۷	.....	۸	۱۰	۱۰	۳	۵	۷
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
C73	۵	۷	۹	۵	۷	۹	.....	۵	۷	۹	۵	۷	۹
C74	۳	۵	۷	۵	۷	۹	.....	۳	۵	۷	۵	۷	۹

جدول ۱۲- ماتریس تصمیم فازی نرمال شده

خبره / گزینه	D1			D2			....	D19			D20			Fuzzy weight		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U	L	m	U
C11	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۹	.....	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۶۹
C12	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۸	۱	۱	.....	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۵۷	۰/۷۳	۰/۸۵
C13	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۳	۰/۵	۰/۷	.....	۰/۸	۱	۱	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۶۶
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
C73	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۰/۹	.....	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۷۰
C74	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۹	.....	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۷۳

جدول ۱۳- تشکیل ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزن‌دار

خبره / گزینه	D1			D2			....	D19			D20		
	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C11	۰/۱۰۱	۰/۲۵۵	۰/۴۸۰	۰/۱۶۸	۰/۳۵۷	۰/۶۱۷	.....	۰/۱۶۸	۰/۳۵۷	۰۰/۶۱۷	۰/۱۰۱	۰/۲۵۵	۰/۴۸۰
C12	۰/۲۸۳	۰/۵۰۸	۰/۷۶۱	۰/۴۲۵	۰/۷۲۵	۰/۸۴۵	.....	۰/۲۸۳	۰/۵۰۸	۰/۷۶۱	۰/۱۱۴	۰/۲۸۸	۰/۵۲۹
C13	۰/۱۶۰	۰/۳۴۳	۰/۵۹۴	۰/۰۹۶	۰/۲۴۵	۰/۴۶۲	.....	۰/۲۵۶	۰/۴۹۰	۰/۶۶۰	۰/۰۹۶	۰/۲۴۵	۰/۴۶۲
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
C73	۰/۱۸۳	۰/۳۷۵	۰/۶۳۰	۰/۱۸۳	۰/۳۷۵	۰/۶۳۰	.....	۰/۱۱۰	۰/۲۶۸	۰/۴۹۰	۰/۲۹۲	۰/۵۳۵	۰/۷۰۰
C74	۰/۱۱۴	۰/۲۷۸	۰/۵۰۴	۰/۱۹۰	۰/۳۸۹	۰/۶۴۸	.....	۰/۱۹۰	۰/۳۸۹	۰/۶۴۸	۰/۳۰۴	۰/۵۵۵	۰/۷۲۰

سپس ایده‌آل مثبت و منفی مطابق رابطه (۸) مشخص می‌شود. ایده‌آل‌های مثبت برابر است با بزرگ‌ترین مقدار درایه‌های هر ستون و ایده‌آل‌های منفی برابر است با کوچکترین مقدار درایه‌های هر ستون. بعد از تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی، فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی محاسبه و بعد از آن وزن هر شاخص تعیین می‌شود. جدول ۱۴ نتایج وزن زیرعامل‌ها و رتبه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱۴- نتایج وزن زیرعامل‌ها و رتبه‌ها

گزینه	نام زیرمعیار	*di+*	*di-*	*cci*	رتبه
C11	سطح درآمد خانوار	۱۰/۶۶۳	۴/۶۲۶	۰/۳۰۳	۱۴
C12	تعرفه و قیمت‌گذاری آب	۷/۵۲۷	۷/۷۶۵	۰/۵۰۸	۵
C13	تعداد خانوار	۱۰/۹۳۰	۴/۳۲۸	۰/۲۸۴	۱۵
C14	درآمد سرانه	۱۰/۱۳۲	۵/۲۱۱	۰/۳۴۰	۱۰
C21	جمعیت	۹/۷۴۰	۵/۵۰۴	۰/۳۶۱	۸
C22	تحصیلات	۱۱/۶۶۴	۳/۵۹۵	۰/۲۳۶	۱۹
C23	شاغل بودن زنان	۱۱/۹۰۱	۳/۳۶۱	۰/۲۲۰	۲۱
C24	میزان آگاهی خانواده	۳/۷۶۷	۱۱/۵۱۵	۰/۷۵۴	۱
C31	استفاده از کنتور مغناطیسی	۱۱/۸۷۱	۳/۳۹۲	۰/۲۲۲	۲۰
C32	استفاده از شیرآلات جدید	۸/۸۰۰	۶/۴۴۱	۰/۴۲۳	۶
C33	استفاده از ادوات کاهنده آب	۵/۰۵۰	۱۰/۲۳۴	۰/۶۷۰	۲
C34	فشار شبکه	۱۱/۹۰۴	۳/۳۴۸	۰/۲۱۹	۲۲
C35	تنوع بخشی در عرضه آب	۱۲/۵۸۷	۲/۶۵۵	۰/۱۷۴	۲۶
C41	تبلیغات و آموزش	۶/۰۵۹	۹/۲۱۵	۰/۶۰۳	۳
C42	رفتار مصرف کننده	۹/۳۰۸	۵/۹۳۷	۰/۳۸۹	۷
C43	علایق مصرف کننده	۱۰/۵۵۶	۴/۷۲۵	۰/۳۰۹	۱۳
C44	انگیزه مصرف	۶/۹۵۶	۸/۳۲۶	۰/۵۴۵	۴
C51	مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف	۱۱/۰۱۵	۴/۲۸۱	۰/۲۸۰	۱۷
C52	وضع قوانین برای تشویق وتنبیه مشترکین کم مصرف و پرمصرف	۱۰/۹۵۴	۴/۳۳۵	۰/۲۸۴	۱۶
C61	بافت شهری و روستایی	۱۱/۰۸۱	۴/۱۹۳	۰/۲۷۵	۱۸
C62	سطح زیربنا	۱۲/۱۵۴	۳/۰۷۹	۰/۲۰۲	۲۵
C63	باغچه در منزل	۱۲/۰۷۰	۳/۱۸۲	۰/۲۰۹	۲۴
C71	درجه حرارت هوا	۱۰/۲۴۰	۶۷۱۰۳۵۵	۰/۳۳۰	۱۱
C72	ماه‌های گرم سال	۱۲/۰۴۲	۳/۲۲۲	۰/۲۱۱	۲۳
C73	مدت حضور در منزل	۱۰/۲۵۱	۵/۰۳۴	۰/۳۲۹	۱۲
C74	ساعات مصرف روزانه	۹/۷۸۰	۵/۵۲۱	۰/۳۶۱	۹

براساس نتایج جدول ۱۴ مشاهده می‌شود زیرعامل میزان آگاهی خانواده بالاترین رتبه و زیرعامل‌های استفاده از ادوات کاهنده آب، تبلیغات و آموزش، انگیزه مصرف و استفاده از شیرآلات جدید رتبه‌های بعدی را داشته است.

۴- نتیجه گیری

هدف از پژوهش حاضر شناسایی و بررسی روابط علی و معلولی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر الگوی مصرف آب در بخش خانگی بود. برای شناسایی عوامل موثر بر مصرف آب، با بررسی موضوع و مصاحبه با خبرگان و پایش اطلاعات، عوامل موثر به دو دسته اصلی و زیرمعیارها تفکیک شدند. در ابتدا با بررسی موضوع در ابعاد مختلف و پایش اطلاعات، هفت عامل اصلی شامل اقتصادی، اجتماعی، فنی و مهندسی، فرهنگی، قانونی و مدیریتی، مکانی و زمانی و ۳۹ زیرعوامل شناسایی شد. درنهایت برای شناسایی عواملی که در مصرف آب از جامعیت بیشتری برخوردارند با استفاده از تکنیک دلفی و بهره‌گیری از منطق فازی و توزیع پرسشنامه بین خبرگان و غربال‌گیری آن، هفت عامل اصلی با ۲۶ زیرعوامل موثر مورد توافق خبرگان قرارگرفت. هم‌چنین از منطق فازی در این پژوهش برای عدم‌قطعیت موجود در ارزیابی کیفی عوامل استفاده شد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از روابط علی و معلولی زیرعامل‌های تنوع بخشی در عرضه، موثرترین زیرعامل در مصرف آب است. هم‌چنین زیرعامل‌های اثرگذار دیگر درآمد سرانه، جمعیت، علایق مصرف‌کننده، تعرفه و قیمت‌گذاری، مدت حضور در منزل، انگیزه مصرف، سطح زیر بنا، شاغل‌بودن زنان، فشار شبکه، مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف نقش مهمی در مصرف آب دارند. اما زیرعامل ساعت مصرف روزانه به‌عنوان تاثیرپذیرترین زیرعامل در مصرف آب است. در حقیقت مدیران با درک بهتر روابط این عوامل، می‌توانند برای مقابله با مصرف نادرست، تصمیم‌گیری دقیق‌تری داشته باشند.

در نهایت برای میزان اهمیت و رتبه‌بندی هریک از این عوامل شناسایی‌شده، از تکنیک تاپسیس فازی استفاده شد. براساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین وزن و اهمیت به زیرعامل میزان آگاهی خانواده داده شد. دومین رتبه به استفاده از ادوات کاهنده و رتبه سوم تبلیغات و آموزش اختصاص یافت.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، شرکت آب و فاضلاب باید با ایجاد برنامه‌ریزی دقیق نسبت به روشن‌سازی و افزایش میزان آگاهی خانوارها در میزان مصرف آب استاندارد اقدام نماید. هم‌چنین شرکت با افزایش اطلاع‌رسانی و دادن آگاهی به مشترکین می‌تواند نقش مهمی در کنترل مصرف آب داشته باشد. از این‌رو مدیران و سیاست‌گذاران باید با توجه به محدودیت‌های مالی، با برنامه‌ریزی دقیق نسبت به شناسایی عوامل موثر و تهیه رویه‌های استاندارد و بهینه‌سازی در مصرف آب، فعالیت‌های عملیاتی را انجام دهند و مشترکین را به استفاده از ادوات کاهنده در مصرف آب و شیرآلات جدید تشویق نمایند.

۵- پی‌نوشت‌ها

1- Water Footprint
2- Topsis
3- Dematel

۶- مراجع

آذر، ا.، و فرجی، ح.، (۱۳۹۰)، *علوم مدیریت فازی*، ویرایش چهارم، تهران، موسسه مهربان، ۴۳.

اسماعیل‌زاده، م.، کاظمی، ع.، و صفری، ح.، (۱۴۰۱)، "شناسایی و اولویت‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی سیستم‌های خدمات محصول هوشمند به‌روش بهترین بدترین راف فازی"، *مدیریت صنعتی*، ۱۴(۴)، ۵۳۹-۵۶۴، https://doi:10.22059/IMJ.2022.336855.100791.

تابش،م.، علی باریانی، ا.، متولیان، س.، روزبهانی، ع.، و بیگی، س.، (۱۳۹۶)، "رتبه بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از روش چند شاخصه تحلیل سلسله مراتبی (FAHP) مورد مطالعه شهر تهران"، *مهندسی عمران امیرکبیر*، ۴۹(۱)، ۴۷-۵۵، https://doi: 10.22060/ceej.2015.379.

تهامی‌پور، م.، (۱۳۹۶)، "ارزش اقتصادی، رویکردی به مدیریت تقاضای آب در مصارف صنعتی"، *آب و فاضلاب*، ۲۸(۱)، ۷۴-۸۳، https://doi.org/10.22093/wwj.2017.39476.

حبیبی، ا.، ایزدیار، س.، و سرافراز، ا.، (۱۳۹۳)، *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*، پارس مدیر، ۳۲.

Cheng, C.H., and Lin, Y., (2002), "Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation", *European Journal of Operational Research*, 142(1), 174-186, https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00280-6.

Chen, T., (2000), "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9, https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1.

https://doi.10.22034/IJHCUM.2021.03.02.
Powell, C., (2003), "The Delphi technique: Myths and realities", *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376-382, https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.
Rondine, D., and Sarmiento, J., (2020), "Water: Consumption, usage patterns, and residential infrastructure, A comparative analysis of three regions in the Lima metropolitan area", *Water International*, 45(7), 1-7, https://doi.org/10.1080/02508060.2020.1830360.
Salehi, M., (2022), "Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis", *Environment International*, 158(1), 106936, https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936.
Shove, E., Chappells, H., and Van Vliet, B., (2005), *Infrastructures of consumption, Environmental innovation in the utility industries*, Routledge, London, https://doi.org/10.4324/9781849771726.
Siddiqi, A., and Anadon, L.D., (2011), "The water–energy nexus in Middle East and North Africa", *Energy Policy*, 39(8), 4529-4540, https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.023.
Turoff, M., and Linstone, H.A., (2002), "The Delphi method: Techniques and applications", New Jersey: Portland State University, Institute of Technology, 145-170.
UNDP, (2012), "The millennium development goals report", United Nations Development Programme, New York, USA.
Wardak, H.A., and Abed, S. Y., (2019). "Analysis of factors affecting water consumption in Jeddah city", In *2019 Industrial & Systems Engineering Conference (ISEC)*, 1-6, https://doi: 10.1109/IASEC.2019.8686495.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

Daminato, C., Diaz-Farina, E., Filippini, M., and Padrón-Fumero, N., (2021), "The impact of smart meters on residential water consumption: Evidence from a natural experiment in the Canary Islands", *Resource and Energy Economics*, 64(3), 68-84, https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2021.101221.
Dimkić, D., (2020), "Temperature impact on drinking water consumption Jaroslav Černi water institute", *Presented at the 4th EWAS International Conference: Valuing the Water, Carbon, Ecological Footprints of Human Activities*, 2(1), 24-37, https://doi.org/10.3390/environsciproc2020002031.
Downward, S.R., and Taylor, R., (2007), "An assessment of Spain's programa AGUA and its implications for sustainable water management in the province of Almería", *Journal of Environmental Manage*ment, 82(2), 277-289, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2005.12.015.
Garcia, X., Ribas, A., Llausàs, A., and Saurí, D., (2013), "Socio-demographic profiles in suburban developments, *Implications for water-related attitudes and behaviors along the Mediterranean coast", Applied Geography*, 41(5) 46-54, https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.03.00.
Gómez, E., Durán, P., and Robina, R., (2020), "Analysis of consumer awareness of sustainable water consumption by the water footprint concept", *Science of the Total Environment*, 721(3), 1-43, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137743.
Jansen, A.I., (2012), "Aspects of the economics of water management in urban settings in South Africa with a focus on Cape Town", Ph.D. Dissertation, Faculty of Economics and Management Sciences, Stellenbosch University, http://hdl.handle.net/10019.1/19974.
Jorgensen, B., Graymore M., and O' Toole, K., (2009), "Household water use behavior: An integrated model", *Journal of Environmental Manage*ment, 91(1), 227-236, https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.08.009.
Katz, D., (2016), "Undermining demand management with supply management: Moral hazard in Israeli water policies", *Water*, 8(4), 1-13, https://doi.org/10.3390/w8040159.
Lee, M., Han, H., and Willson, G., (2011), "The role of expected outcomes in the formation of behavioral intentions in the green-hotel industry", *Journal of Travel and Tourism Marketing*, 28(8), 840-855, https://doi.org/10.1080/10548408.2011.623049.
Liu, H.T., and Tsai, Y.L., (2012), "A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry", *Safety Science*, 50(4), 67-78, https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.11.021.
Martinez, N.A., and Canal, E, (2011), "Technological capabilities and the decision to outsource/outsource offshore R&D services", *International Business Review*, 20(3), 264-277, https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2011.01.008.
Narmilan, A., Puvanitha, N., Niroash, G., Sugirtharan, M., and Vassanthini, R., (2021), "Domestic water consumption pattern by urban households", *Capital Urban Manage*, 6(3), 225-236,