2022, Vol.8, No.4, Pages 11 to 22
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ٤، ١٤٠٠، صفحات ١١ تا ٢٢
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Identifying and Investigating the Factors Affecting Household Water Consumption with the Fuzzy Delfi and Topsis Hybrid Approach

H. Dadashi Divkolaei[1], A. Sorayaei[2*], S. A. Nabavi Chashmi[3]

1, 2, 3- Ph.D. Candidate of Industrial Management, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Management, College of Humanities, Islamic Azad University, Babol Branch, Babol, Iran.

*(Corresponding Author Email: a.sorayaei@gmail.com)

Received: 12-07-2021 Revised: 10-08-2021
Accepted: 24-09-2021 Available Online: 19-03-2022

شناسایی و بررسی عوامل تأثیرگذار بر مصرف آب خانگی با رویکرد ترکیبی Delfi و Topsis فازی

حبیب اله داداشی دیوکلایی[1]، علی ثریایی[2*]، سید علی نبوی چاشمی[3]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، استادیار و دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم انسانی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: a.sorayaei@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۲ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۱۲/۲۸

Abstract

In recent years, many cities have been suffering from a shortage of drinking water, mainly due to population growth. Therefore, the tendency to curb excessive water consumption by identifying the main factors affecting consumer behavior in the management of drinking water resources has become very important. Understanding this necessity, the purpose of this study is to identify, and prioritize the factors affecting the pattern of water consumption in the home sector. In this regard, by reviewing the literature in the field of water and interviewing industry experts, the factors affecting consumption in various criteria were identified and monitored. Then, through fuzzy Delphi, action factors were examined and finally, 7 main economic, social, cultural, technical and engineering, legal and managerial, spatial and temporal criteria with 26 sub-criteria were identified. Evaluation and ranking of these factors were performed using the fuzzy Topsis technique. Results obtained from the research of family awareness with weight (0.756) first rank, use of water reducing devices (0.670) second rank, advertising and education (0.603) third rank, consumption motivation (0.545) rank Fourth, water tariffs and pricing (0.508) were ranked fifth and the use of new valves (0.423) was ranked sixth. The findings show that among the various factors, educating and increasing the awareness of households on how to consume water and the use of reducing devices can play an important role in managing water consumption.

Keywords: Fuzzy Delphi, Effective Factors on Water Consumption, Fuzzy Topsis, Consumption Management.

چکیده

در سال‌های اخیر، بسیاری از شهرها، بیشتر به دلیل رشد جمعیت، از کمبود آب آشامیدنی رنج می برند. ازاین‌رو، تمایل به کنترل 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 به دنبال شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر الگوی مصرف آب در بخش خانگی است. در این راستا با بررسی ادبیات موضوع در حوزه آب و مصاحبه با خبرگان صنعت، عوامل تأثیرگذار بر مصرف در معیارهای مختلف شناسایی و پایش شدند. سپس از طریق 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. ارزیابی و رتبه‌بندی این عوامل با استفاده از تکنیک Topsis فازی اقدام شد. نتایج به‌دست آمده از تحقیق میزان آگاهی خانواده با وزن (۰/۷۵۴) رتبه اول، استفاده از ادوات کاهنده آب با وزن (۰/۶۷۰) رتبه دوم، تبلیغات و آموزش با وزن (۰/۶۰۳) رتبه سوم، انگیزه مصرف با وزن (۰/۵۴۵) رتبه چهارم، تعرفه و قیمت‌گذاری آب با وزن (۰/۵۰۸) رتبه پنجم و استفاده از شیرآلات جدید با وزن (۰/۴۲۳) رتبه ششم را داشتند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که از میان عوامل مختلف، می توان با آموزش و افزایش آگاهی خانوارها در چگونگی مصرف آب و استفاده از ادوات کاهنده نقش مهمی در مدیریت مصرف آب داشت.

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

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Dadashi Divkolaei H., Sorayaei A. and Nabavi Chashmi S.A. 2022. Identifying and Investigating the Factors Affecting Household Water Consumption with the Fuzzy Delfi and Topsis Hybrid Approach. Journal of Water and Sustainable Development, 8(4): 11-22. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v8i4.2107.1061

مقدمه

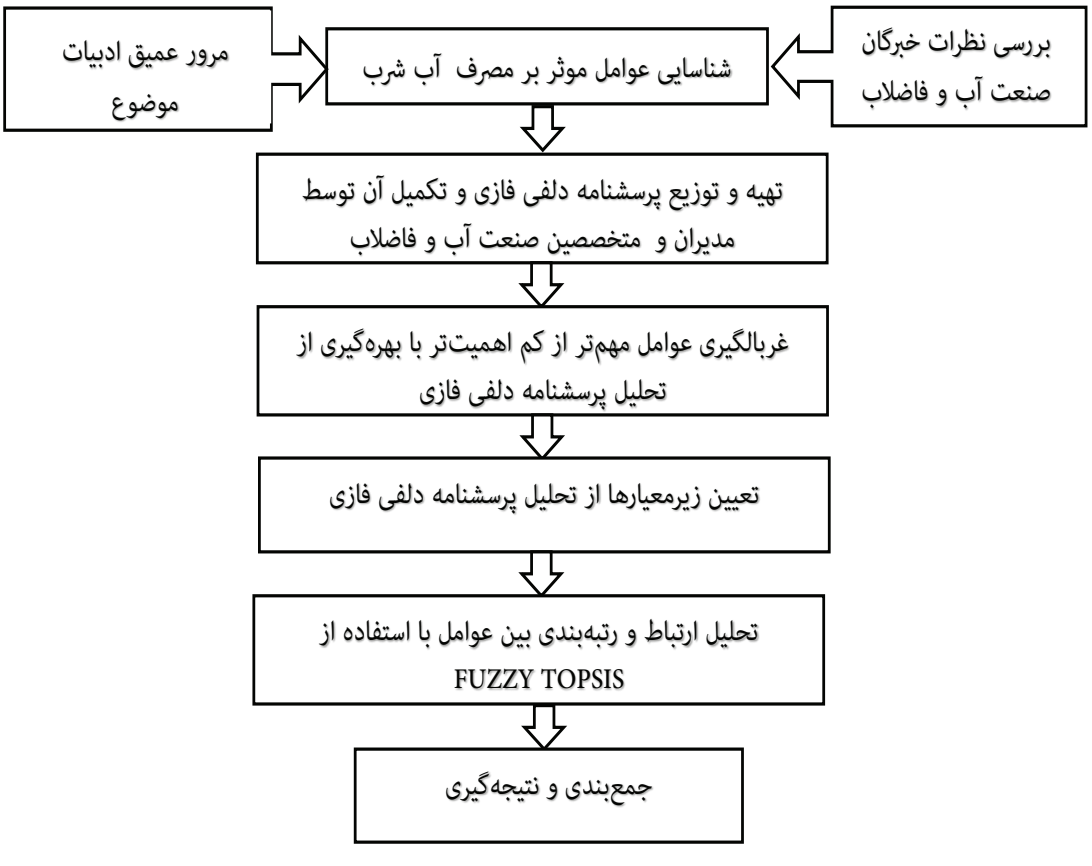
آب مهمترین منبع طبیعی برای توسعه پایدار و کیفیت زندگی است. اما به‌طور نامساوی توزیع شده‌است. تقریباً یک پنجم جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کنند که آب کمیاب است و یک چهارم از کمبود شدید آب رنج می‌برند (United Nations Development Programme، ۲۰۱۲). برای حل این مشکلات، سازمان بهداشت جهانی، یونیسف و دیگر سازمان‌های بین‌المللی تلاش زیادی برای تضمین تأمین آب خانگی ایمن در سراسر جهان انجام دادند. درک روشنی از الگوهای مصرف آب و عواملی که بر مصرف آب تأثیر می‌گذارند برای مدیریت موثر تأمین آب و طراحی موثر سیاست‌های عمومی مربوط به آن حیاتی است. الگوهای مصرف آب فرآیندهای بسیار پیچیده‌ای هستند که تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله تغییرات فصلی و در دسترس بودن آب، محدودیت‌های تأمین آب، ساختار و قیمت‌گذاری تعرفه، ویژگی‌های خانگی، نگرش‌ها و اهداف مربوط به حفاظت از آب قرار دارند (WHO & UNICEF[1]، ۲۰۱۲). مصرف آب خانگی جزء مهمی از کل مصرف آب است و باتوجه به استانداردهای زندگی مصرف‌کنندگان در مناطق شهری و روستایی متفاوت است (Mohammed و Sanaullah، ۲۰۱۷). رشد جمعیت، گسترش فعالیت تجاری، توسعه شهری، آلودگی آب، تغییر آب و هوا و خشکسالی به افزایش کمبود آب در بسیاری از نقاط جهان کمک کرده‌است که در آن، مدیریت ضعیف برآورده کردن تقاضای آب را برای مقامات غیرممکن می‌سازد (Molden، ۲۰۰۷). با این حال، کمبود مطالعات در مورد مصرف آب خانگی در زمان برآورده شدن تقاضای آب خانگی یکی از اهداف اصلی مداخله‌های سیاستی مختلف و دستورالعمل‌ها و برنامه هایی در کاهش خشکسالی یا استراتژی‌های مدیریت آب خانگی است (Narmilan و همکاران، ۲۰۲۰). پیش‌بینی تقاضای آب شرب خانگی و تعیین عوامل مؤثر در مصرف آب، در توسعه برنامه‌ریزی‌های مربوط به خانوارهای کشورهای اروپایی از اهمیت فراوانی دارد (Downward و Taylor، ۲۰۰۷). بااین‌حال، میزان استفاده از آب شهری به عوامل متعددی از جمله الگوها و عادات استفاده از آب توسط جمعیت و غیره بستگی دارد (Siddiqi و Anadon، ۲۰۱۱)

امروزه تأثیر استفاده از ادوات پیشرفته در مصرف آب قابل ملاحظه است. در مطالعه تأثیر کنتورهای هوشمند بر مصرف آب مسکونی که توسط Daminato و همکاران (۲۰۲۱) انجام شد، نتایج نشان داد 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 مصرف‌کنندگان از مصرف آب پایدار با مفهوم رد پای آب[2] که شاخصی است برای نشان دادن روابط پنهان مصرف انسان از آب است. در تحقیق (Gómez و همکاران، ۲۰۲۰) به تجزیه و تحلیل آگاهی اجتماعی در مورد مصرف آب، که به‌عنوان ابزاری اساسی برای بهره‌وری آب و روش‌های تصمیم‌گیری متناسب با چالش‌های ناشی از کمبود آن انجام شد. آنها به این نتیجه رسیدند 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 (۲۰۲۰) در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر دما بر نوشیدن مصرف آب به بررسی عوامل اقلیمی، اقتصادی، اجتماعی، جمعیتی، در دسترس بودن منابع آب، درآمد، قیمت‌گذاری آب، سیاست‌گذاری، زمان و عادات مردم انجام داد. او نشان داد همبستگی قوی بین دما، منابع در دسترس، سیاست‌گذاری، شرایط سیستم آبرسانی و عادات مردم بر مصرف آب نقش دارد. (Rondinel و Sarmiento، ۲۰۲۰) مصرف آب بر روی الگوی مصرف و زیرساخت ها را بررسی کردند. 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 می‌باشند. آنها به این نتیجه رسیدند که مصرف آب به شدت تحت تأثیر ویژگی‌های مسکونی قرار دارد. (Wardak و Yousef Abe، ۲۰۱۹) 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 حاکی‌از آن است که طیف وسیعی از متغیرهای اقتصادی اجتماعی و جمعیتی وجود دارند که بر میزان تقاضای آب تأثیرگذار هستند که ازجمله مهمترین آنها می‌توان به بعد خانوار، سن افراد، تحصیلات، شغل و درآمد افراد اشاره کرد. برخی دیگر از محققان از جمله وجود امور زیربنایی یا خدمات آبرسانی با منفعت عمومی را عواملی مؤثر در تقاضای آب دانسته‌اند (Vliet و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین متغیرهای جمعیت شناختی موثر در مصرف آب شامل بعد خانوار، میزان درآمد و تحصیلات، محل تولد و محل سکونت مورد بررسی قرارداد (Garcia، ۲۰۱۳). شرکت‌های آب و فاضلاب بر مبنای رسالت اصلی خود مسئول تأمین آب سالم و دفع بهداشتی فاضلاب هستند. ازاین رو این شرکت‌ها همیشه با چالش‌های زیادی در مورد مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب برای استفاده صحیح از آب شرب موجود به‌ویژه مصرف آب خانگی روبه‌رو هستند. تعدادی از عوامل وجود دارند که بر رفتار استفاده از آب تأثیر 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 گام‌هایی برای کاهش مصرف آب خانگی را افزایش دهد (Vliet و همکاران، ۲۰۰۹). باتوجه‌به بررسی پیشینه پژوهش

و اهمیت موضوع مصرف آب، پژوهش قابل ملاحظه‌ای که به‌صورت جامع عوامل تأثیرگذار بر مصرف آب را شناسایی و بررسی می‌نماید مشاهده نشده است. بر این اساس، باتوجه‌به شرایط اقلیمی و اجتماعی در هر منطقه ضروری است عوامل تأثیرگذار بر مصرف شناسایی و ارتباط میان آنها بررسی شود. ازاین رو در این پژوهش با درک آنچه که در یك سطح از منطقه رخ می‌دهد نسبت به شناسایی و بررسی دسته‌بندی عوامل اصلی و تعیین زیرمعیارها و غربالگری آن اقدام شده است و از منطق فازی برای عدم قطعیت موجود در ارزیابی کیفی عوامل در نظر گرفته شد که در تحقیقات قبلی مشاهده نشده است و همچنین برای رتبه‌بندی عوامل شناسایی شده، از روش تکنیک تاپسیس فازی با عدم قطعیت عناصر تصمیم استفاده شده است.

روش‌شناسی پژوهش

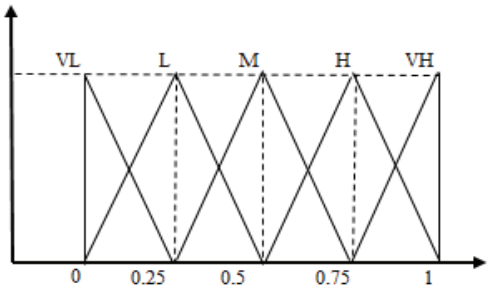
روش تحقیق در این پژوهش، از نوع روش‌های پیمایشی است که از انواع تحقیقات توصیفی به‌شمار می‌رود و از نظر نوع هدف، کاربردی است، زیرا در صدد به‌کارگیری یك روش تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی برای رتبه‌بندی عوامل موثر بر مصرف آب می‌باشد. از سوی دیگر این تحقیق اهمیت میدانی دارد، زیرا بخش اصلی اطلاعات آن از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه توسط متخصصان وخبرگان حوزه مورد مطالعه شرکت آب و فاضلاب استان مازندران گردآوری شده است. شکل (۱)، مراحل پژوهش حاضر را به تصویر کشیده است.



شکل ۱- مراحل پژوهش

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. بعد از جمع‌آوری اطلاعات لازم و پایش و تحلیل محتوای کیفی ۳۹ عوامل موثر شناسایی شدند. سپس با تشکیل پانل دلفی و تهیه پرسشنامه و توزیع آن به بررسی عوامل اقدام شد تا عواملی که از جامعیت بیشتری برخوردار هستند شناسایی شوند. روش دلفی با مشارکت افرادی انجام می‌گیرد که در موضوع پژوهش دانش و تخصص داشته باشند. این افراد با عنوان پانل دلفی شناخته می‌شوند. گزینش اعضای واجد شرایط برای پانل دلفی از مهمترین مراحل این روش به حساب می‌آید؛ زیرا اعتبار نتایج کاربستگی به شایستگی و دانش این افراد دارد. این روش در عمل، یک

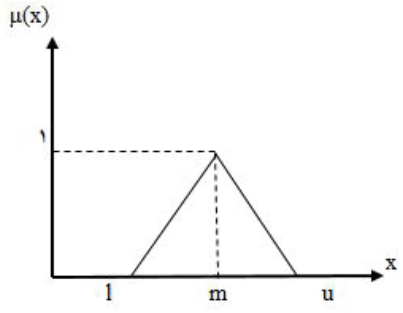
سری از پرسشنامه‌ها یا دوره متوالی به همراه بازخوران کنترل شده‌ای است که تلاش دارد به اتفاق نظر میان یک گروه از افراد متخصص درباره یک موضوع خاص دست پیدا کند (Powell، ۲۰۰۳). کاربرد این روش، ساخت دادن به فرایند ارتباطات گروهی است، به‌نحوی‌که چنین فرایندی در فراهم کردن زمینه درگیری مجموعه‌ای از افراد به‌عنوان یک کل مساله یا موضوعی پیچیده موثر باشد (Linstone و Turoff، ۱۹۷۵). در روش دلفی کلاسیک، نظرات خبرگان در قالب اعداد قطعی بیان می شود، درحالی‌که افراد خبره از شایستگی‌های ذهنی خود برای بیان نظر استفاده می‌کنند و این نشان دهنده احتمالی بودن عدم قطعیت حاکم بر این شرایط است. احتمالی بودن عدم قطعیت، با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد. بنابراین، بهتر است داده‌ها در قالب زبان طبیعی از خبرگان اخذ و با استفاده از مجموعه‌های فازی تحلیل شوند (آذر و فرجی، ۱۳۹۵). Noorderhaben (۱۹۹۵) نشان داد کاربرد روش دلفی فازی ابهام‌های موجود در نظرهای خبرگان را برطرف می‌کند. به‌منظور فازی‌سازی نظرات خبرگان از اعداد فازی استفاده می‌شود. اعداد فازی، مجموعه‌های فازی هستند که در مواجه با عدم قطعیت در مورد یک پدیده به همراه داده‌های عددی تعریف می‌شود. در این مطالعه از عدد فازی مثلثی استفاده شده است. یک عدد فازی مثلثی به‌صورت شکل (۲) نمایش داده می‌شود.



شکل۲- نمایش اعداد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی با سه عدد حقیقی به‌صورت M=(l, m, u) نمایش داده می‌شود. کران بالا (u) بیشینه مقادیر عدد فازی (m) محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی و (l) کران پایین کمینه مقادیرعدد فازی است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی به‌صورت رابطه (۱) است. در شکل (۳) تابع عضویت ارزش کلامی اعداد فازی نشان داده شده است.

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



شکل ۳- ارزش‌های کلامی و اعداد فازی

در مرحله اول دلفی، پرسشنامه‌ای طراحی و از خبرگان درخواست شد تا با استفاده از متغیرهای کلامی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد میزان اهمیت هر یک از عوامل شناسایی شده 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 استفاده شده است (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۳). بعد از جمع‌آوری نظرهای تصمیم گیرندگان با تخصیص عدد فازی مثلثی مطابق جدول (۱) به نظر 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 (Lin و Cheng، ۲۰۰۲).

جدول ۱- متغیرهای کلامی و اعداد دلفی فازی (Canal و Martínez، ۲۰۱۱)

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)

جهت ارزیابی رد یا قبول عوامل، براساس رابطه (۲) دی‌فازی شدند.

$$Crisp=(l+m+u)/3 \qquad (۲)$$

در این پژوهش جهت تصمیم‌گیری درباره توقف یا ادامه دورهای دلفی اتفاق نظر قوی میان اعضای پانل است. مرز قابل قبول 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، پذیرش شده و در غیر این صورت مورد قبول واقع نمی‌شود (حبیبی و همکاران،۱۳۹۳).

بعد از شناسایی عوامل موثر از طریق تکنیک Topsis فازی عوامل رتبه‌بندی می‌شود. واژه تاپسیس به معنی روش‌های ترجیح بر اساس مشابهت به راه‌حل ایده‌آل است. این مدل در سال ۱۹۸۱ توسط هونگ یون پیشنهاد شد. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایده آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی است. گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال دورترین فاصله با راه‌حل ایده آل منفی دارد (Chen، ۲۰۰۰). مراحل تکنیک تاپسیس فازی به شرح ذیل می‌باشد:

در گام اول تشکیل ماتریس تصمیم بر اساس رابطه (۳) است. ازاین‌رو با طرح پرسشنامه از خبرگان خواسته شد میزان اهمیت هر یك از زیرمعیارها را با متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) نشان دهند. سپس بر پایه اعداد فازی مثلثی، برابر جدول (۲) تبدیل می‌شود.

جدول ۲- متغیرهای کلامی و اعداد تاپسیس فازی (Liu و Tsai، ۲۰۱۲)

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)

$$xij = \frac{1}{K}\left[x^1ij + x^2ij + \cdots + x^kij\right]$$

$$wij = \frac{1}{k}\left[w^1ij + w^2ij + \cdots + w^kij\right]$$

$$\widetilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1j} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2j} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

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

xij نظر فرد zام درباره زیرمعیار iام به صورت اعداد فازی است. xij=(lij,mij,uij)

باتوجه‌به معیارهای رتبه‌بندی فازی ترکیبی، گزینه‌ها را می‌توان بر اساس رابطه (۴) در نظرگرفت.

$$uij = Max(uijk) \qquad mij = \frac{\sum_{k=1}^{k} mijk}{\mathrm{k}} \qquad lij = Min(lijk) \qquad (۴)$$

در گام دوم نرمال نمودن ماتریس تصمیم‌گیری است. اگر هر سلول ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت عدد فازی مثلثی (xij=(lij,mij,uij نشان داده شود، برای حذف اثر مقیاس هر معیار باید عملیات نرمال‌سازی را انجام داد. در این مرحله ماتریس تصمیم‌گیری فازی نظر افراد را به یک ماتریس بی‌مقیاس شده فازی $\widetilde{\mathrm{R}}$ به‌صورت فرمول رابطه (۵) تبدیل می‌شود.

$$\widetilde{R} = \left[\tilde{\mathrm{r}}_{ij}\right] m \times n$$

$$\tilde{\mathrm{r}}_{ij} = \left(\frac{lij}{u_j^*}, \frac{mij}{u_j^*}, \frac{uij}{u_j^*}\right) \qquad (۵)$$

$$u_j^* = Max(uij)$$

در گام سوم ماتریس بی‌مقیاس وزین فازی $\tilde{\mathrm{v}}$ براساس رابطه (۶)، با فرض بردار $\widetilde{w}_j$ به‌عنوان ورودی ایجاد می‌شود. وزن اهمیت هر یک از معیارها را می‌توان با تعیین مستقیم یا غیر مستقیم با استفاده از مقایسه‌های دوتایی به‌دست آورد. در این مقاله اهمیت اوزان معیارهای مختلف و رتبه‌بندی معیارهای با متغیرهای کلامی اعداد مثلثی به‌صورت جدول (۳) در نظر گرفته شده‌است.

جدول ۳- متغیرهای کلامی و اعداد تاپسیس فازی (Chen، ۲۰۰۰)

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)	(۰/۰,۷/۹ ,۱)
خیلی زیاد (VH)	(۰/۹ ,۱ ,۱)

$$\tilde{v} = \left[\tilde{\mathrm{v}}_{ij}\right] m \times n \qquad i = 1,2,\ldots,m \qquad j = 1,2 \ldots . n$$

$$\tilde{v}_{ij=}\tilde{r}_{ij} \cdot \tilde{w}_j = \left(\frac{l_{ij}}{\mathrm{u}_j^*} . \frac{m_{ij}}{u_j^*} . \frac{u_{ij}}{u_j^*}\right) \cdot \left(w_{j1} . w_{j2} . w_{j3}\right) \qquad (۶)$$

در گام چهارم ایده‌آل‌های مثبت و منفی مشخص می‌شود. ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی بر اساس رابطه (۷) به‌دست می‌آید.

$$A^+ = \{\tilde{v}^*_1, \tilde{v}^*_2, \ldots, \tilde{v}^*_n\}$$

$$A^- = \{\tilde{v}^-_1, \tilde{v}^-_2, \ldots, \tilde{v}^-_n\} \qquad (۷)$$

$\tilde{v}^*_i$ بهترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها و $\tilde{v}^-_i$ بدترین مقدار معیار i از بین تمام گزینه‌ها می‌باشد. این مقادیر از رابطه (۸) به‌دست می‌آید.

$$v_j^* = Max\{v_{ij3}\} \; i = 1.2. \ldots . m \quad j = 1.2. \ldots . n$$
$$v_j^- = Max\{v_{ij1}\} \; i = 1.2. \ldots . m \quad j = 1.2. \ldots . n \qquad (۸)$$

در گام بعدی محاسبه وزن شاخص‌ها است. ابتدا فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی محاسبه می‌شود. برای این کار از رابطه(۹) استفاده شده است.

$$D(A.B) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2\right]} \qquad (۹)$$

بعد از محاسبه فواصل، وزن هر شاخص از رابطه (۱۰) به‌دست می‌آید.

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \qquad i = 1.2 \ldots . n \qquad (۱۰)$$

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش دلفی فازی در دو نوبت صورت گرفته است. درگام اول پرسشنامه‌ای شامل ۳۹ عامل شناسایی شده از طریق ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان صنعت در اختیار اعضای گروه پانل قرار گرفت و از آنها درخواست شد نظرشان را دربارهٔ هر یک از عوامل تأثیرگذار بر مصرف آب را در قالب متغیرهای کلامی بیان کنند. سپس برای یافتن درک مشترک از نظرات خبرگان نسبت به هر یک از عوامل، به محاسبه میانگین هندسی پرداخته شد.

میانگین نظرات خبرگان در مرحله اول دلفی فازی بر اساس جدول (۴) می‌باشد. باتوجه‌به یافته‌های مرحله اول از بین ۳۹ متغیر تأثیرگذار تنها ۲۶ متغیر بالاتر از (۰/۷) قرار گرفتند. در مرحله بعد میزان اختلاف نظر هر خبره با میانگین نظرات اعضا پانل خبرگان محاسبه شد. سپس به‌منظور اطمینان از تعیین عوامل تأثیرگذار پرسشنامه دیگری به همراه نظر قبلی هر خبره و میزان اختلاف نظر وی با میانیگن نظرات اعضا پانل در اختیار آنها قرار گرفت.

به علت حجم بالا، نتایج در جدول مرحله اول به‌صورت خلاصه آورده شد.

جدول ۴- نتایج حاصل از مرحله اول فازی

معیار اصلی	زیرمعیار	u	M	l	S۱
اقتصادی	سطح درآمد خانوار	۰/۹۵	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۵
	تعرفه و قیمت‌گذاری آب	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۶۱	۰/۸۲
	تورم	۰/۹۰	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۶
	درآمد سرانه	۰/۹۹	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۵
.....	.....	...	...	...	...
زمانی	درجه حرارات هوا	۰/۹۴	۰/۸۱	۰/۵۶	۰/۷۷
	ماه‌های گرم سال	۰/۹۳	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲
	مدت حضور در منزل	۰/۹۵	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۳
	ساعات مصرف روزانه	۰/۹۶	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۳

براساس نظر (Cheng و Lin، ۲۰۰۲) چنانچه اختلاف بین دو مرحلهٔ نظرسنجی کمتر از حد آستانه خیلی کم (۰/۱) باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود یعنی خبرگان در تمای شاخص ها به توافق رسیدند. در این پژوهش با توجه به این که میزان اختلاف نظر 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 دوم دلفی فازی برابر جدول (۵) می‌باشد. باتوجه‌به نظرات ارائه شده در مرحله دوم و مقایسه آن با نتایج مرحله اول تمامی ۲۶ عامل بالاتر از (۰/۷) و اختلاف نظر خبرگان در دو مرحله از حد آستانه (۰/۱) کمتر بوده مرحله نظر سنجی متوقف و تمام ۲۶ عامل تایید می‌شود. جهت رتبه‌بندی عوامل شناسایی شده، از تکنیک Topsis فازی استفاده شده است. جدول (۶) کدبندی زیرمعیارهای را نشان می‌دهد و خبره‌ها با نماد Dj نشان داده می‌شود.

بعد از کدبندی زیرمعیارها ماتریس اولیه تصمیم با طرح پرسشنامه از خبرگان میزان اهمیت هر یك از زیرمعیارها را با متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) تشکیل شد. جدول (۷) ماتریس تصمیم اولیه خبرگان است. به علت حجم بالا، نتایج جداول به‌صورت خلاصه آورده شد. مرحله نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم، برای نرمالیزه کردن تمام اعداد جدول (۷) بر بزرگترین عدد ستون u تقسیم می‌شود. جدول (۸) ماتریس نرمال شده را نشان می‌دهد.

بعد از نرمالیزه کردن ماتریس در این مرحله ماتریس بی‌مقیاس موزون تشکیل می‌شود. ماتریس بی‌مقیاس مرحله قبل، در وزن معیارها ضرب می‌شود. وزن هر معیار با نظر هر خبره در مورد معیارها مطابق با جدول (۳) به‌صورت اعداد فازی مثلثی در نظر گرفته شده است. سپس میانگین حسابی اعداد فازی درایه‌های اول، دوم و سوم ۲۰ خبره به‌صورت جداگانه میانگین حسابی محاسبه می‌شود. جدول (۹) ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزن‌دار است.

جدول ۵- نتایج حاصل از مرحله دوم فازی

معیار اصلی	زیرمعیار	u	m	l	S2	|S1-S2|
اقتصادی	سطح درآمد خانوار	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۲
	تعرفه و قیمت‌گذاری آب	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۸۱	۰/۰۱
	تورم	۰/۹۰	۰/۶۹	۰/۴۴	۰/۶۸	۰/۰۲
	درآمد سرانه	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۲
	تعداد خانوار	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۰۳
اجتماعی	جمعیت	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۰۴
	سطح طبقه اجتماعی	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۱
	تحصیلات	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۰۰
	تراکم جمعیت شهری	۰/۹۱	۰/۶۹	۰/۴۴	۰/۶۸	۰/۰۳
	تعداد مشترکین	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۲
	شاغل بودن زنان	۰/۹۳	۰/۷۰	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۰۱
	تعداد افراد خردسال	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۲
	برخورداری از باورها و اعتقادات مذهبی	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	۰/۰۳
	میزان آگاهی خانواده	۰/۹۸	۰/۸۴	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۰۲
فنی و مهندسی	قطر انشعاب	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	۰/۰۱
	استفاده از ادوات کاهنده آب	۰/۹۸	۰/۸۵	۰/۶۰	۰/۸۱	۰/۰۱
	استفاده از شیرآلات جدید	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۰۰
	استفاده از کنتور مغناطیسی	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۰۱
	فشار شبکه	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۱
	تعداد انشعاب	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۱
	عمر ساختمان	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	۰/۰۳
	تنوع بخشی در عرضه آب	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۰۱
فرهنگی	تبلیغات و آموزش	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۰۲
	رفتار مصرف‌کننده	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۵۴	۰/۷۵	۰/۰۲
	علایق مصرف‌کننده	۰/۹۶	۰/۸۰	۰/۵۵	۰/۷۷	۰/۰۳
	انگیزه مصرف	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۵۹	۰/۸۰	۰/۰۱
قانونی و مدیریتی	مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف	۰/۹۴	۰/۷۱	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۰۲
	سیاست حمایتی	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۱
	ارایه سیاست کلی در خصوص منابع آب	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	۰/۰۱
	وضع قوانین جهت تشویق و تنبیه مشترکین کم مصرف و پرمصرف	۰/۹۴	۰/۷۱	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۰۱
مکانی	بافت شهری و روستایی	۰/۹۴	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۰۲
	سطح زیر بنا	۰/۹۴	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۰۱
	بافت مناطق فرسوده	۰/۸۹	۰/۶۶	۰/۴۱	۰/۶۵	۰/۰۳
	باغچه در منزل	۰/۹۴	۰/۷۴	۰/۴۹	۰/۷۲	۰/۰۲
	استخر و جکوزی	۰/۹۰	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۰۳
زمانی	درجه حرارات هوا	۰/۹۴	۰/۸۴	۰/۵۹	۰/۷۹	۰/۰۲
	ماه‌های گرم سال	۰/۹۱	۰/۷۳	۰/۴۸	۰/۷۰	۰/۰۱
	مدت حضور در منزل	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۵۱	۰/۷۴	۰/۰۲
	ساعات مصرف روزانه	۰/۹۴	۰/۷۱	۰/۴۶	۰/۷۰	۰/۰۳

جدول ۶- کدبندی زیرمعیارهای تأثیرگذار بر مصرف آب

زیرمعیار و کدها
سطح درآمد خانوار C۱۱، تعرفه و قیمت‌گذاری آب C۱۲، تعداد خانوار C۱۳، درآمد سرانه C۱۴
جمعیت C۲۱، تحصیلات C۲۲، شاغل بودن زنان C۲، میزان آگاهی زنان C۲۴
استفاده از ادوات کاهنده آبC۳۱، استفاده از کنتور مغناطیسی C۳۲، استفاده از شیرآلات جدید C۳۳، فشار شبکه C۳۴، تنوع بخشی در عرضه آب تنوع بخشی در عرضه آب C۳۵
تبلیغات و آموزش C۴۱، رفتار مصرف‌کنندهC۴۲، علایق مصرف‌کنندهC۴۳، انگیزه مصرف C۴۴
مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف C۵۱، وضع قوانین جهت تشویق وتنبیه مشترکین کم مصرف و پرمصرف C۵۲
بافت شهری و روستایی C۶۱، سطح زیر بنا C۶، باغچه در منزل C۶۳
درجه حرارات هوا C۷۱، ماه‌های گرم سال C۷۲، مدت حضور در منزل C۷۳، ساعات مصرف روزانه C۷۴

جدول ۷- تشکیل ماتریس تصمیم اولیه فازی نظر خبرگان

خبره	D۱			D۲			....	D۱۹			D۲۰		
گزینه	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C۱۱	۳	۵	۷	۵	۷	۹	.....	۵	۷	۹	۳	۵	۷
C۱۲	۵	۷	۹	۸	۱۰	۱۰	.....	۵	۷	۹	۵	۷	۹
C۱۳	۵	۷	۹	۳	۵	۷	.....	۸	۱۰	۱۰	۳	۵	۷
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CV۳	۵	۷	۹	۵	۷	۹	.....	۵	۷	۹	۵	۷	۹
CV۴	۳	۵	۷	۵	۷	۹	.....	۳	۵	۷	۵	۷	۹

جدول ۸- ماتریس تصمیم فازی نرمال شده

خبره	D۱			D۲			....	D۱۹			D۲۰			fuzzy weight		
گزینه	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U	L	m	U
C۱۱	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
C۱۲	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
C۱۳	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
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CV۳	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
CV۴	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 ۹- تشکیل ماتریس تصمیم بی‌مقیاس وزن‌دار

خبره	D۱			D۲			....	D۱۹			D۲۰		
گزینه	L	m	U	L	m	U	....	L	m	U	L	m	U
C۱۱	۰/۱۰۱	۰/۲۵۵	۰/۴۸۰	۰/۱۶۸	۰/۳۵۷	۰/۶۱۷	.....	۰/۱۶۸	۰/۳۵۷	۰/۶۱۷	۰/۱۰۱	۰/۲۵۵	۰/۴۸۰
C۱۲	۰/۲۸۳	۰/۵۰۸	۰/۷۶۱	۰/۴۲۵	۰/۷۲۵	۰/۸۴۵	.....	۰/۲۸۳	۰/۵۰۸	۰/۷۶۱	۰/۱۱۴	۰/۲۸۸	۰/۵۲۹
C۱۳	۰/۱۶۰	۰/۳۴۳	۰/۵۹۴	۰/۰۹۶	۰/۲۴۵	۰/۴۶۲	.....	۰/۲۵۶	۰/۴۹۰	۰/۶۶۰	۰/۰۹۶	۰/۲۴۵	۰/۴۶۲
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
CV۳	۰/۱۸۳	۰/۳۷۵	۰/۶۳۰	۰/۱۸۳	۰/۳۷۵	۰/۶۳۰	.....	۰/۱۱۰	۰/۲۶۸	۰/۴۹۰	۰/۲۹۲	۰/۵۳۵	۰/۷۰۰
CV۴	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 را مطابق رابطه (۸) مشخص می‌شود. ایده‌آل های مثبت برابر است با بزرگترین مقدار درایه‌های هر ستون و ایده‌آل‌های منفی برابر است با کوچکترین مقدار درایه‌های هر ستون است. بعد از تعیین ایده‌آل های مثبت و منفی فاصله هر شاخص از ایده‌آل مثبت و اید آل منفی محاسبه می‌شود و بعد از آن وزن هر شاخص تعیین می‌شود.

جدول (۱۰) نتایج وزن زیرمعیارها و رتبه‌ها را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود زیرمعیار میزان آگاهی خانواده بالاترین رتبه و زیر معیارهای استفاده از ادوات کاهنده آب، تبلیغات و آموزش، انگیزه مصرف و استفاده از شیرآلات جدید رتبه‌های بعدی را داشته و تنوع بخشی در عرضه آب کمترین وزن را داشته است.

جدول ۱۰- نتایج وزن زیرمعیارها و رتبه‌ها

گزینه	نام زیرمعیار	+di	-di	cci	رتبه
C۱۱	سطح درآمد خانوار	۱۰/۶۶۳	۴/۶۲۶	۰/۳۰۳	۱۴
C۱۲	تعرفه و قیمت‌گذاری آب	۷/۵۲۷	۷/۷۶۵	۰/۵۰۸	۵
C۱۳	تعداد خانوار	۱۰/۹۳۰	۴/۳۲۸	۰/۲۸۴	۱۵
C۱۴	درآمد سرانه	۱۰/۱۳۲	۵/۲۱۱	۰/۳۴۰	۱۰
C۲۱	جمعیت	۹/۷۴۰	۵/۵۰۴	۰/۳۶۱	۸
C۲۲	تحصیلات	۱۱/۶۶۴	۳/۵۹۵	۰/۲۳۶	۱۹
C۲۳	شاغل بودن زنان	۱۱/۹۰۱	۳/۳۶۱	۰/۲۲۰	۲۱
C۲۴	میزان آگاهی خانواده	۳/۷۶۷	۱۱/۵۱۵	۰/۷۵۴	۱
C۳۱	استفاده از کنتور مغناطیسی	۱۱/۸۷۱	۳/۳۹۲	۰/۲۲۲	۲۰
C۳۲	استفاده از شیرآلات جدید	۸/۸۰۰	۶/۴۴۱	۰/۴۲۳	۶
C۳۳	استفاده از ادوات کاهنده آب	۵/۰۵۰	۱۰/۲۳۴	۰/۶۷۰	۲
C۳۴	فشار شبکه	۱۱/۹۰۴	۳/۳۴۸	۰/۲۱۹	۲۲
C۳۵	تنوع بخشی در عرضه آب	۱۲/۵۸۷	۲/۶۵۵	۰/۱۷۴	۲۶
C۴۱	تبلیغات و آموزش	۶/۰۵۹	۹/۲۱۵	۰/۶۰۳	۳
C۴۲	رفتار مصرف‌کننده	۹/۳۰۸	۵/۹۳۷	۰/۳۸۹	۷
C۴۳	علایق مصرف‌کننده	۱۰/۵۵۶	۴/۷۲۵	۰/۳۰۹	۱۳
C۴۴	انگیزه مصرف	۶/۹۵۶	۸/۳۲۶	۰/۵۴۵	۴
C۵۱	مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف	۱۱/۰۱۵	۴/۲۸۱	۰/۲۸۰	۱۷
C۵۲	وضع قوانین جهت تشویق و تنبیه مشترکین کم‌مصرف و پرمصرف	۱۰/۹۵۴	۴/۳۳۵	۰/۲۸۴	۱۶
C۶۱	بافت شهری و روستایی	۱۱/۰۸۱	۴/۱۹۳	۰/۲۷۵	۱۸
C۶۲	سطح زیر بنا	۱۲/۱۵۴	۳/۰۷۹	۰/۲۰۲	۲۵
C۶۳	باغچه در منزل	۱۲/۰۷۰	۳/۱۸۲	۰/۲۰۹	۲۴
C۷۱	درجه حرارات هوا	۱۰/۲۴۰	۶۷۱۰۳۵۵	۰/۳۳۰	۱۱
C۷۲	ماه‌های گرم سال	۱۲/۰۴۲	۳/۲۲۲	۰/۲۱۱	۲۳
C۷۳	مدت حضور در منزل	۱۰/۲۵۱	۵/۰۳۴	۰/۳۲۹	۱۲
C۷۴	ساعات مصرف روزانه	۹/۷۸۰	۵/۵۲۱	۰/۳۶۱	۹

نتیجه‌گیری

هدف از پژوهش حاضر شناسایی و اولویت‌بندی عوامل تأثیرگذار بر الگوی مصرف آب در بخش خانگی است. برای شناسایی عوامل موثر بر مصرف آب، با بررسی جامع ادبیات موضوع و مصاحبه با خبرگان صنعت آب و فاضلاب و پایش اطلاعات عوامل تأثیرگذار به دو دسته اصلی و زیر معیارها تفکیک شدند. این درحالی است که با توجه به بررسی تحقیقات گذشته مطالعه جامعی جهت شناسایی عوامل تأثیرگذار مشاهده نشد و محققان تنها با مدنظر قرار دادن چند متغیر تأثیرگذار بر مصرف، بررسی را انجام دادند. Garcia و همکاران (۲۰۱۳) متغیرهای جمعیت شناختی، Daminato و همکاران (۲۰۲۱) به تأثیر کنتورهای هوشمند بر آب مصرفی، Gómez و همکاران (۲۰۲۰) به تجزیه و تحلیل آگاهی اجتماعی مردم و دانش اجتماعی در مصرف آب، Wardak و Abed (۲۰۱۹) عوامل جمعیت، دما، رطوبت، نرخ تورم و تولید ناخالص داخلی سالانه، Rondine و Sarmiento (۲۰۲۰) مصرف آب بر روی الگوی مصرف و زیرساخت ها را بررسی کردند. به این منظور در این پژوهش به منظور دستیابی به یک مدل جامع، ابتدا با مطالعات کتابخانه ای و بررسی ادبیات موضوع در ابعاد مختلف و مصاحبه با خبرگان صنعت آب و فاضلاب و پایش اطلاعات، هفت عامل اصلی شامل اقتصادی، اجتماعی، فنی و مهندسی، فرهنگی، قانونی و مدیریتی، مکانی و زمانی و بعد از آن با بررسی زیرمعیارهای هر عامل ۳۹ زیرمعیار شناسایی شد. در نهایت برای شناسایی عواملی که در مصرف آب تأثیر بیشتری دارند با استفاده از تکنیک دلفی و بهره‌گیری از منطق فازی و توزیع پرسشنامه بین خبرگان و غربالگیری آن، هفت عامل اصلی با ۲۶ متغیر تأثیرگذار تعرفه و قیمت‌گذاری آب، استفاده از ادوات کاهنده، میزان آگاهی خانواده، انگیزه مصرف، درجه حرارت هوا، استفاده از شیرآلات جدید، درآمد سرانه، سطح درآمد خانوار، فشار شبکه، علایق مصرف‌کننده، رفتار مصرف‌کننده، تنوع بخشی در عرضه آب، استفاده از کنتور مغناطیسی، مدت حضور در منزل، تبلیغات و آموزش، جمعیت، تحصیلات، باغچه در منزل، تعداد خانوار، شاغل بودن زنان، بافت شهری و روستایی، سطح زیربنا، مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف، وضع قوانین جهت تشویق و تنبیه مشترکین کم‌مصرف و پرمصرف، ساعات مصرف روزانه و ماه‌های گرم سال جز عواملی بوده که مورد توافق نظر خبرگان قرار گرفت. همچنین در این پژوهش از منطق فازی برای عدم قطعیت موجود در ارزیابی کیفی عوامل استفاده شده که در تحقیقات قبلی جهت بررسی عوامل از این منطق استفاده نشده بود.

جهت تعیین میزان اهمیت و رتبه‌بندی هر یک از این عوامل شناسایی شده از تکنیک تاپسیس فازی استفاده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، بیشترین وزن به معیار میزان آگاهی خانواده داده شد که به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل شناسایی شد. دومین عامل به استفاده از ادوات کاهنده اختصاص یافت. عامل تبلیغات و آموزش در رتبه سوم قرار گرفت. اولویت‌های بعدی زیرمعیارها به‌ترتیب انگیزه مصرف، تعرفه و قیمت‌گذاری آب، استفاده از شیرآلات جدید، رفتار مصرف‌کننده، جمعیت، ساعات مصرف روزانه، درآمد سرانه، درجه حرارات هوا، مدت حضور در منزل، علایق مصرف‌کننده، سطح درآمد خانوار، تعداد خانوار، وضع قوانین جهت تشویق و تنبیه مشترکین کم‌مصرف و پرمصرف، مصوبات و برنامه‌های اصلاح الگوی مصرف، بافت شهری و روستایی، تحصیلات،استفاده از کنتور مغناطیسی، شاغل بودن زنان، فشار شبکه، ماه‌های گرم سال، باغچه در منزل، سطح زیر بنا و تنوع بخشی در عرضه آب می‌باشند.

باتوجه‌به نتایج پژوهش حاضر و بنابر نظر خبرگان پیشنهاد می‌شود که افزایش اطلاع‌رسانی و آگاهی دادن به مشترکین می‌تواند نقش مهمی را در مصرف آب داشته باشد. ازاین‌رو مدیران و سیاست‌گذاران باید باتوجه‌به محدودیت‌های مالی با برنامه‌ریزی دقیق نسبت به شناسایی عوامل موثر و تهیه استانداردها در بخش آب و مصرف و بهینه آن فعالیت‌های عملیاتی را انجام دهند. همچنین بر مبنای نتایج حاصل از پژوهش حاضر شرکت آب و فاضلاب باید در خصوص تشویق مشترکین به استفاده از ادوات کاهنده آب و شیرآلات جدید در اولویت برنامه‌های خود داشته باشد. مواردی پیشنهاد می‌شود که پژوهش حاضر را می‌توان از جنب های بسیاری ادامه داد. باتوجه‌به گستردگی و تنوع شاخص‌های مورد مطالعه در پیشینه تحقیقات، می‌توان با انجام این پژوهش توسط متخصصان دیگر در استان‌های مختلف کشور تأثیر و اهمیت آنها را بر مصرف آب بررسی کرد و تعمیم‌پذیری آن را به محك آزمون گذاشت؛ ضمن آنکه می‌توان از متدولوژی‌های کمی، کیفی یا آمیختهٔ دیگری نیز، به‌منظور شناسایی عوامل مؤثر بر مصرف آب و حتی تبیین روابط میان این عوامل استفاده کرد. همچنین با انجام پژوهش به‌وسیله تکنیک‌های ریاضی و تحلیل خوشه‌ای جهت شناسایی مشترکین پرمصرف استفاده کرد و یا هر یک از عوامل مورد بررسی در این پژوهش، به‌طور مستقل و با عمق و وسعت بیشتری ارزیابی شوند تا بتوان با اطلاعات دقیق‌تری جهت تدوین سناریورهای مدیریتی برای تخصیص منابع آب کشور و مدیریت مصرف آب استفاده شود.

قدردانی

نویسندگان این پژوهش مراتب قدردانی خود را از شرکت آب و فاضلاب استان مازندران اعلام می‌نمایند.

پی‌نوشت

1- The World Health Organization & United Nations International Children's Emergency Fund

2- Water Footprint

منابع

آذر. ع. و فرجی، ح. ۱۳۹۵. علوم مدیریت فازی، چاپ پنجم، انتشارات موسسه مهربان، تهران.

حبیبی، ا.، ایزدیار، ص. و سرافراز، ا. ۱۳۹۳. تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، چاپ اول، انتشارات کتیبه گیل مدیر، تهران.

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.

Chen T. 2000. Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems, 114(1): 1–9.

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: 68-84.

Dimkić D. 2020. Temperature Impact on Drinking Water Consumption. Eno viron mental Sciences ProceedingEnvironmental Sciences Proceedings, 2: 31

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. Environ Manage, 82: 277-289.

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

Gómez-Llanos E., Durán-Barroso P. and Robina-Ramírez R. 2020. Analysis of consumer awareness of sustainable water consumption by the water footprint concept. Science of the Total Environment. 721: 137743,

Jorgensen B., Graymore M. and O' Toole K. 2009. Household water use behavior: An integrated model, J Environ Manag, 91(1): 227-236.

Linstone H.A. and Turoff M. 1975. The Delphi method: Techniques and applications. Publisher Addison Wesley Publishing Company. New Jersey.

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.

Martínez-Noya A. and García-Canal E. 2011. Technological capabilities and the decision to outsource/outsource offshore R&D services. International Business Review, 20(3): 264-277.

Molden D. 2007. Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. Publisher Earthscan. London, United Kingdom.

Mohammad A. and Sanaullah P. 2017. An Empirical Analysis of Domestic Water Sources, Consumption and Associated Factors in Kandahar City, Afghanistan. Resources and Environment, 7(2): 49-61.

Narmilan A., Puvanitha N., Niroash G., Sugirtharan M. and Vassanthini R. 2020. Domestic water consumption pattern by urban households, International Journal of Human Capital in Urban Management. 6(3): 225-236.

Noorderhaben N. 1995. Strategic decision making, Addison-Wesley, UK. Overby, E., Bharadwaj, A. and Sambamurthy V. 2006. Enterprise agility and the enabling role of information technology, European Journal of Information Systems, 15(2): 120-131.

Powell C. 2003. The Delphi technique: myths and realities. Journal of Advanced Nursing, 41(4): 376–382.

frastructures of consumption, environmental innovation in the utility industries, Publisher Earthscan. 1st Edition. London.

Wardak H. & Abed S. 2019. Analysis of Factors Affecting Water Consumption in Jeddah City, Conference: Industrial & Systems Engineering Conference (ISEC)

WHO & UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. 2012. Progress on Drinking Water and Sanitation: (Update), USA, World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/44842.

Rondinel-Oviedo D. and Sarmiento-Pastor. 2020. Water: consumption, usage patterns, and residential infrastructure A comparative analysis of three regions in the Lima metropolitan area. Journal Water International, 45(7-8): 824-846.

Siddiqi A. and Anadon L.D. 2011. The water–energy nexus in Middle East and North Africa, Energy Policy, 39: 4529–4540.

UNDP. 2012. The Millennium Development Goals Report. United Nations Development Programme. New York, USA.

Van Vliet B., Chappells H. and Shove E. 2005. In-