Biannual Journal of New Explorations in Strategic Business Inetelligence, Vol. 1, No. 1, 2023: 31-51
Web: *https://www.nesibjournal.ir/*
DOI: *10.22034/nesib.2024.190646*

Research Article

Strategic Analysis of Intelligentization of Drinking Water Consumption Measurement Based on the Application of SWOT and Hierarchical Analysis Process (Case Study: Hamadan Province)

Seyyed Hadi Hoseynibidar[1*] | Mohammad Javad Azarshahi[2]

1*. Corresponding Author: Ph.D. Graduated, business management, deputy director of investment planning and development of Tehran Province Water and Sewerage Company, Tehran, Iran. *s.h.hoseynibidar@gmail.com*
2. Ph.D. Graduated, Department of Business Administration, Payam Noor University, Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 22 April 2023
Revised: 25 June 2023
Accepted: 10 Spetembeer 2023

Keywords:
Intelligentization
strategic analysis
drinking water
SWOT
AHP

ABSTRACT

Objective and Context: Water, especially potable water, is a precious commodity for humanity and plays an essential role in people's lives, from the simple fact that it makes up more than half of the human body to its use in various sectors such as health care. Health, food production, agriculture and industry. The world is increasingly looking for solutions to face problems related to water resources management, such as monitoring and controlling wastage in distribution, predicting user demand, and water quality. In this regard, the adoption of new technologies is increasing. The importance of this resource is such that it has been given sacred respect so that great efforts are made to prevent its waste. The widespread challenge of water in the Middle East region has made the political authorities there think about managing the consumption of this life liquid. Now, more than ever, the danger of water scarcity and sometimes waterlessness has been highlighted in some regions of Iran, and water has turned from an essential element for human life into a completely strategic and even security issue. The management of drinking water consumption more than at any other time in history requires the attention and care of the policymakers and rulers of the countries, because in the present era, with the explosive growth of the population and unprecedented climate change, and the occurrence of devastating droughts, the preservation and protection of drinking water has reached an emergency stage. In this regard, intelligentizing the measurement of drinking water consumption, due to its great benefits, has been placed on the agenda of many countries that are far from the challenge of water scarcity. Therefore, in our country, which is struggling with the big crisis of water stress, it is necessary to move towards intelligent measurement of drinking water consumption. The present study was carried out to identify strategies for making drinking water smarter and deciding on the best strategy in this field.

Methodology: From the point of view of the purpose of this research, it is an applied study conducted with a mixed approach (qualitative-quantitative) and as a cross-sectional study. The design of this study is a descriptive survey. The method of data collection in this study was field. In the qualitative part, the data collection tool was interviews with experts; in the quantitative part, the questionnaire was used. The validity of the interviews was obtained through triangulation of the researcher, and in its reliability evaluation, the percentage of agreement coefficient was used and the coefficient was 0.8, which finally confirmed the validity and reliability of the tool in the qualitative part. In evaluating the validity in the quantitative part of the face validity and the reliability evaluation, Cronbach's alpha coefficient was used and the instrument was confirmed.

In the qualitative part, by interviewing experts and using the SWOT method, strengths and weaknesses, opportunities, and threats were identified, and then their scores were obtained by forming a matrix of internal factors and a matrix of external factors. Then the matrix of internal-external factors was drawn. In the following, using the hierarchical analysis process, the evaluation of the best strategy for the implementation of the intelligentization program for the measurement of drinking water consumption was carried out. In evaluating the validity of the research tool in the implementation of the AHP method, face validity was used and in its reliability, the test-retest method was used and confirmed.

Result and Conclusion: The investigation of the internal environment confirmed the identification of eight strengths and eight weaknesses. According to experts, in evaluating the priority of the strengths, the most important ones were "the presence of expert and knowledgeable human resources" and "the presence of capable and risk-taking managers in the implementation of the project" In evaluating the weaknesses, the most important of them were "the limitations of financial resources". The most important opportunities identified were "increasing efficiency and full coverage of meter readings" and "increasing the possibility of achieving financial savings" and the most important threats identified were "increasing population growth" and "drinking water shortage crises and stress". SWOT analysis led to the identification of four strategies one-time, parallel, step-by-step, and combined implementation in smartening the measurement of drinking water consumption. The Analytical Hierarchy Process (AHP) led to the identification of the combined strategy (consisting of one-time, parallel, and step-by-step strategies) as the best strategy.

Originality: The present study is the result of the original review of possible strategies for smartening drinking water consumption in Hamadan province by the authors of this article. The implementation of this study led to the identification of four strategies for the implementation of the smart water meter program in Hamadan province. Also, this research showed that the best strategy for this matter is to use a combination of one-time, parallel, and step-by-step strategies throughout the province according to the situation. It was suggested to implement and advance the program according to the number of subscriptions in each city and according to the acceptance of the program by the subscribers.

How to cite this article:

Hoseynibidar, S.H., Azarshahi, M.J. (2023). Strategic analysis of intelligentization of drinking water consumption measurement based on the application of SWOT and hierarchical analysis process (case study: Hamadan province). *Journal of New Explorations in Strategic Business Intelligence*, 1(1), 31-51. DOI: 10.22034/nesib.2024.190646

© The Author(s).

DOI: *https://doi.org/10.22034/nesib.2024.190646*

Vol, 1, No. 1, 2023, pp.31-51.

کاوش‌هایی نوین در هوشمندی استراتژیک کسب و کار، سال ۱، دوره ۱، شماره ۱، نیمه‌ی نخست ۱۴۰۲: ۵۱-۳۱۱
وبگاه: https://www.nesibjournal.ir/
پیوند یکتا: 10.22034/nesib.2024.190646

مقاله‌ی پژوهشی

تحلیل راهبردی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب با تکیه بر کاربست سوات و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه‌ی موردی: استان همدان)

سیدهادی حسینی‌بیدار[۱*]، محمدجواد آذرشاهی[۲]

۱*ـ نویسنده‌ی مسئول: دانش‌آموخته‌ی دکتری تخصصی، مدیریت بازرگانی، معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه‌گذاری شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تهران، ایران. s.h.hoseynibidar@gmail.com
۲ـ دانش‌آموخته‌ی دکتری تخصصی، مدیریت بازرگانی، گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

چکیده

زمینه/ هدف: آب مهمترین عنصر ضروری برای حیات است و این مایع حیات جایگاه مقدسی برای بشر دارد. مدیریت استفاده از این عنصر همواره چالشی بزرگ برای نوع بشر بوده و امروزه با پیشرفت تکنولوژی، امکان اندازه‌گیری آن به صورت هوشمند و زمان واقعی میسر شده است. هدف این مقاله ارائه‌ی راهبرد مناسب جهت هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب در استان همدان بود.

روش‌شناسی: این مطالعه با رویکردی آمیخته (کیفی ـ کمی) اجرا شد. به لحاظ هدف یک طرح کاملاً کاربردی و از موضع استراتژی، پژوهشی توصیفی پیمایشی است که در بستر یک طرح مقطعی اجرا شد. مشارکت‌کنندگان در این پژوهش ده‌تن خبرگان آشنا به صنعت آب بودند که با استفاده از ابزارهای پرسشنامه و مصاحبه داده‌های لازم از میان آنها گردآوری شد. روایی پرسشنامه‌ها به صورت صوری و پایایی آنها با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ بررسی و تأیید شد. برای تحلیل راهبردی از ماتریس *SWOT* و برای انتخاب بهترین راهبرد از روش *AHP* استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج به دست آمده از روش *SWOT* مؤید آن بود که به طور کلی چهار استراتژی اجرای یکباره، موازی، گام‌به‌گام و ترکیبی برای هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب متصور است. ماحصل روش *AHP* نشان داد که بر اساس نظرات خبرگان بهترین راهبرد برای هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب، اجرای ترکیبی می‌باشد.

اصالت/ نتایج: مطالعه‌ی پیش‌رو نتیجه‌ی اجرای یک طرح کیفی توسط نویسندگان این مقاله در استان همدان است. نتایج این تحقیق اجرای پروژه‌ی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب با از ترکیبی از استراتژی‌های یکباره، موازی و گام به گام را تأیید می‌کند.

کلیدواژگان: هوشمندسازی، تحلیل راهبردی، آب شرب، *SWOT*، *AHP*.

ارجاع به این مقاله:
حسینی‌بیدار، سیدهادی.، آذرشاهی، محمدجواد. (۱۴۰۲). تحلیل راهبردی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب با تکیه بر کاربست سوات و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه‌ی موردی: استان همدان)، دوفصلنامه‌ی کاوش‌هایی نوین در هوشمندی استراتژیک کسب و کار. دوره ۱(۱)، ۵۱-۳۱. *DOI: 10.22034/nesib.2024.190646*
DOI: https://doi.org/10.22034/nesib.2024.190646

تاریخ ارسال: ۱۴۰۲/۰۲/۰۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۹

۱ـ مقدمه

آب، به ویژه آب قابل شرب، یک کالای گرانبها برای بشریت بوده (کاراتو و همکاران، ۲۰۲۳) و نقش اساسی در زندگی مردم ایفا می‌کند. بیش از نیمی از بدن انسان از آب تشکیل شده و این مایع حیات کاربردهای بسیار زیادی در بخش‌های مختلف مانند مراقبت‌های بهداشتی، تولید مواد غذایی، کشاورزی و صنعت دارد. جهان به طور فزاینده‌ای به دنبال راه‌حل‌هایی برای رویارویی با مشکلات مربوط به مدیریت منابع آب است، مانند نظارت و کنترل هدررفت در توزیع، پیش‌بینی تقاضای کاربران و کیفیت آب (سوارس‌آسسنسائو[1] و همکاران، ۲۰۲۳). اهمیت این منبع به حدی است که احترام مقدسی برای آن ایجاد شده، به شکلی که تلاش‌های وافری برای جلوگیری از اتلاف آن صورت می‌پذیرد (کاراتو[2] و همکاران، ۲۰۲۳). شرکت‌های آب با چالش‌هایی مانند افزایش جمعیت، قدیمی شدن امکانات و کاهش تعداد کارکنان مواجه هستند. بنابراین، بهینه‌سازی و ارتقای بهره‌وری خدمات آب برای پایداری خدمات آب سالم و بهداشتی ضروری است. کنتورهای آب برای محاسبه هزینه‌ها نصب می‌شوند و کنتورخوان‌ها هر ماه یا هر ۴۵ روز به هر خانوار مراجعه می‌کنند و زمان، تلاش و منابع قابل‌توجهی را صرف قرائت کنتور می‌کنند. علاوه بر این، در مناطقی که قرائت کنتور دشوار است، مانند مناطقی که بارش برف سنگین یا جزایر دور افتاده وجود دارد، لازم است اقداماتی برای اطمینان از ایمنی کنتور خوان‌ها و اقدامات متقابل در برابر تأخیر در قرائت کنتور در نظر گرفته شود (تاتئیشی و همکاران، ۲۰۲۳). در برخی موارد کنتورهای آب موجود در حیاط خانه‌ها تعبیه شده و به همین دلیل دسترسی به محل مشکل است. در چنین شرایطی، پرسنل قرائت کنتور باید منتظر بمانند تا مشتری در را باز کند. روش جمع‌آوری دستی داده‌ها نیز گران، دشوار و در نتیجه ناکارآمد است. راه‌حل باید انتقال کنتور آب آنالوگ به یک کنتور آب هوشمند باشد (ویجایان و لئونگ[3]، ۲۰۲۲). در پاسخ به این مسائل، کنتورهای هوشمند آب با استفاده از ارتباطات بی‌سیم نه تنها باعث صرفه‌جویی در کار در قرائت کنتور می‌شود، بلکه امکان به دست آوردن داده‌های دقیق از جمله نوسانات تقاضا را نیز فراهم می‌کند (تاتئیشی[4] و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این در عصر حاضر، آگاهی عمومی به خصوص نسل جدید به بلوغ رسیده است، زیرا با آگاهی از محدودیت منابع طبیعی به خصوص آب شرب، هم به سمت رفتار سازگارتر با محیط زیست و هم به سوی راه‌حل‌های مبتنی بر فناوری در جهت کاهش هدررفت غیر ارادی منابع طبیعی سوق یافته‌اند. به همین جهت موضوع نشت در سطح خانوار به یکی از چالش‌برانگیزترین اهداف اندازه‌گیری هوشمند تبدیل شده است (کاراتو و همکاران، ۲۰۲۳). اگرچه پیشرفت تکنولوژی در حال رخ دادن است، در بسیاری از موارد، اندازه‌گیری دقیق مصرف آب خانگی در زمان واقعی برای نظارت بر آن و اعمال رفتارهای صرفه‌جویی در مصرف آب ممکن نیست. اکثر کشورها به سیستم‌های اندازه‌گیری آب آنالوگ و دستی متکی هستند که مقرون به صرفه هستند اما نمی‌توانند داده‌های لحظه‌ای و دقیق را در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهند. استفاده از دستگاه‌های خودکار که می‌توانند مصرف آب را در زمان واقعی اندازه‌گیری کنند، می‌تواند پتانسیل عظیمی را هم برای کاربران نهایی و هم برای محیط زیست فراهم کند. این کنتورهای آب اتوماتیک که اصطلاحاً به آن کنتورهای هوشمند آب یا *IoT* (مبتنی بر اینترنت اشیا[5]) می‌گویند، دستگاه‌هایی هستند که به لوازم خانگی متصل می‌شوند و مصرف آب را ثبت می‌کنند در حالی که به طور خودکار داده‌ها را به یک دستگاه از راه دور (گوشی هوشمند و غیره) انتقال می‌دهند (مادیاس[6] و همکاران، ۲۰۲۳الف). آنچه در حرکت به سوی استفاده از اندازه‌گیری‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت مزید بر علت می‌شود، پرداختن به تشدید بحران جهانی کمبود آب نیازمند راه‌حل‌های نوآورانه‌ای مانند سیستم استفاده مجدد از آب هوشمند است که از فناوری‌های اینترنت اشیا *(IoT)* استفاده می‌کند (دِ ریبیرا، ۲۰۲۳: *i*). با محبوبیت روزافزون اندازه‌گیری هوشمند، تغییری به سمت توانمندسازی مصرف‌کنندگان برای کاهش ضایعات غیرضروری و بهینه‌سازی مصرف آب، به‌جای اتکای صرف به شرکت‌های خدمات آب صورت می‌گیرد (دِ ریبیرا،

---

[1]- Ascenção
[2]- Carratù
[3]- Vijayan and Leong
[4]- Tateishi
[5]- Intenet of Things
[6]- Madias

۲۰۲۳: ۲۳). اندازه‌گیری هوشمند مبتنی بر توسعه اینترنت اشیا (*IoT*) در دهه گذشته رشد فزاینده‌ای داشته است. زیرا کنتورها در شهرها و مناطق روستایی، یعنی جایی که راه حل ارتباطات مبتنی بر کابل‌های مخابراتی مقرون به صرفه نیست، پراکنده شده‌اند. اندازه‌گیری هوشمند برای خدمات عمومی در کاربردهای مختلف مانند شبکه‌های توزیع برق، آب یا گاز استفاده می‌شود. بخش آب با انبوهی از تهدیدات جدی مواجه است که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی، از جمله رشد شهرنشینی، رشد جمعیتی، افزایش استانداردهای زندگی و افزایش مناطق کم‌آب است. اندازه‌گیری هوشمند در شبکه‌های توزیع آب امکان استفاده بهتر از این منبع کمیاب را فراهم می‌کند. وقتی صحبت از شهرهای هوشمند می‌شود، اندازه‌گیری هوشمند آب به این معنی است که سیستم‌های آب و فاضلاب متمرکز، شبکه‌ای، داده‌های دستگاه‌های متصل را برای بهبود عملکرد کلی به کار می‌گیرند. شرکت‌های آب از داده‌ها برای شناسایی نشت‌های موجود و بالقوه، مقایسه سطوح مصرف سال به سال، پیگیری پرداخت‌های مشتریان و ارائه اطلاعات در مورد نحوه استفاده از آب بر اساس نوع کسب‌وکار یا اندازه خانه استفاده می‌کنند. همچنین به مدیران شهر کمک می‌کند تا اولویت‌های آینده را در مورد پایداری، نگهداری زیرساخت، عملکرد کلی سیستم و موارد دیگر تعیین کنند (گارسیامارتین[1] و همکاران، ۲۰۲۳). در دسترس بودن آب و مدیریت پایدار آن، و همچنین دسترسی به آب سالم کافی برای مصارف خانگی و شخصی، به عنوان یک حقوق اساسی بشر توسط سازمان ملل متحد (*UN*) ثبت شده است و دستیابی به چنین هدفی مستلزم انطباق شرکت‌های آب و فاضلاب با فناوری‌های روز و بهره‌گیری از ظرفیت‌های آن در صنعت آب می‌باشد. این درحالی است که کشورهای در حال توسعه به دلیل ظرفیت پائین تطبیق‌پذیری و کمبود شدید منابع در معرض خطر بیشتری قرار دارند. ایران به عنوان کشوری با تنش آبی در نظر گرفته می‌شود، زیرا سهم ایران از منابع آب شیرین جهان نسبت به مناطق دیگر در سطح پایین‌تری قرار دارد درحالی‌که یک درصد از جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کند سهم آن از منابع آب شیرین تنها ۳ درصد است (دماوندی و همکاران، ۱۴۰۲). در ادبیات علمی توجه تجربی اندکی به پیاده‌سازی و تأثیرات کنتورهای هوشمند در کشورهای درحال توسعه شده است. مطالعاتی چند در خصوص کنتورهای هوشمند برق انجام شده است. اما ادبیات به طور کلی در مورد کنتورهای هوشمند در بخش آب مطالعات کمی را نشان می‌دهد. کنتورهای هوشمند در بخش آب هنوز یک موضوع تجربی نسبتاً نادیده گرفته شده برای مطالعه هستند. علاوه بر این، تعمیم یافته‌ها از سایر زمینه‌های ابزار به دلیل تفاوت در تأسیسات و شیوه‌های اندازه‌گیری هوشمند پیچیده است. در سال ۱۴۰۱، "بحران آب" به عنوان چالش اصلی برای استان همدان طبقه‌بندی شد، چرا با بی‌سابقه‌ترین تنش آبی خود در طول دهه‌های گذشته مواجه شد. مواجهه با این تنش گسترده از یک سو و کاهش شدید درآمدهای مستمر و غیرمستمر شرکت آبفای استان همدان از سوی دیگر و تحمیل هزینه‌های سنگین حفظ و نگهداشت شبکه‌ها و مخازن و تأسیسات روستایی پس از ادغام شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و روستایی، ضرورت هر چه بیشتر توجه به روزآمد و هوشمندسازی کنتورهای آب در سراسر استان را موجب شده است. در همین راستا این مطالعه با اجرای تحلیل راهبردی سوات به بررسی اجرای این مهم می‌پردازد. تحلیل *SWOT* یک تکنیک برای برنامه‌ریزی استراتژیک است که نقاط قوت و ضعف داخلی و همچنین فرصت‌ها و تهدیدهای خارجی را شناسایی می‌کند (مجید[2] و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۰). نتیجه‌ی این تحلیل از چند جهت می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیران و نیز در پیشبرد ادبیات علمی مؤثر باشد. نخست آنکه این مطالعه می‌تواند با بررسی زمینه‌های توانمندی شرکت آبفای استان همدان ذیل عنوان نقاط قوت بستر تصمیم‌گیری برای مدیران در جهت حرکت به سوی هوشمندسازی دستگاه‌های اندازه‌گیری مصرف آب شرب را تسهیل نماید. دیر یا زود باید با تکنولوژی روز دنیا همگام شد و بهتر آن است که پیش از آنکه زیان‌های ناشی از عدم تطبیق با فناوری روز دنیا به حداکثر برسد، آن را پذیرفته و اجرا نمود. دوم آنکه، حاصل این مطالعه استراتژی‌های عملیاتی و قابل اجرا برای پیاده‌سازی پروژه‌ی هوشمندسازی کنتورهای آب شرب استان همدان خواهد بود و در این خصوص صرفه‌جویی قابل توجهی در زمان و هزینه برای مدیران به ارمغان خواهد آورد. سوم آنکه این مطالعه با اجرای یک تحلیل راهبردی سهم قابل توجهی در

[1]- García-Martín
[2]- Majid

شناخت راهبردهای اجرای چنین پروژه‌ای در یک کشور در حال توسعه در ادبیات علمی دارد و از این منظر می‌تواند موجب رشد و توسعه‌ی ادبیات علمی شود. در این راستا این مطالعه با هدف شناخت راهبردهای مناسب جهت هوشمندسازی کنتورهای مصارف آب شرب در سطح استان همدان اجرا شد. در ادامه‌ی تحقیق مروری بر ادبیات نظری و تجربی صورت گرفت و پس از آن روش اجرای مطالعه و یافته‌ها و در انتها نتایج و راهکارها مطرح شد.

۲ـ مرور ادبیات

۲ـ۱ـ ادبیات نظری

تعاریف اندازه‌گیری هوشمند متفاوت است، تا حدی به این دلیل که عملکرد این دستگاه هنوز در حال تعریف است. با این حال، می‌توان گفت که یک کنتور هوشمند رابط اصلی را نشان می‌دهد که دارایی مشتری را به شبکه هوشمند متصل می‌کند و صرف‌نظر از پیکربندی، از سه عنصر اصلی تشکیل شده است: الف) اندازه‌گیری از طریق قابلیت ثبت اطلاعات؛ ب) قابلیت ارتباط دو طرفه بین ویژگی اندازه‌گیری شده و ابزار. ج) نرم‌افزاری برای کار با کنتور. اگرچه استفاده از آنها در شهرها مسیری هموار نیست، روندهای فعلی نشان می‌دهد که کنتورهای هوشمند در سراسر جهان برای بهبود فرآیندها و خدمات به کار گرفته می‌شوند (آمانکوآ و همکاران، ۲۰۲۳). کنتور آب هوشمند یک دستگاه فعال مبتنی بر وب است که مصرف آب را در یک ساختمان یا محل سکونت پایش می‌کند. کنتورهای هوشمند آب را می‌توان در هر کاربری، بزرگ یا کوچک، مسکونی، خانگی، تجاری، صنعتی یا سازمانی نصب کرد. کنتورهای هوشمند آب می‌توانند اطلاعات جمع‌آوری‌شده را به مخاطبان گسترده‌ای مانند مصرف‌کنندگان، مدیران و مسئولان تأسیسات انتقال دهند (اوکولی و کاباسی، ۲۰۲۳). در سال‌های گذشته تحقیقات قابل‌توجهی در مورد اندازه‌گیری هوشمند انجام شده است، ادبیات عمدتاً به سایر بخش‌های خدمات (به عنوان مثال، انرژی) محدود می‌شود و نسبتاً کمتر در مورد اندازه‌گیری هوشمند آب به رشته‌ی تحریر درآمده است (آمانکوآ و همکاران، ۲۰۲۳). کنتورهای آب هوشمند شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا با استفاده از زیرساخت اندازه‌گیری پیشرفته (*AMI*) قرائت کنتور را از راه دور و در زمان واقعی دریافت کنند. آنها حجم جریان را در لوله با وضوح زمانی بالا (تا هر ثانیه) تشخیص می‌دهند. کنتورهای سنتی مصرف را در یک برنامه ماهانه، سه ماهه یا دوسالانه ثبت می‌کنند. اندازه‌گیری هوشمند شرکت‌های آب را قادر می‌سازد تا مزایایی از جمله تشخیص نشت و تعادل عرضه و تقاضای آب و اطلاع رسانی سیاست‌های صرفه جویی در مصرف آب را درک کنند. مصرف‌کنندگان معمولاً صورت‌حساب دقیق‌تری دریافت می‌کنند و می‌توانند بر رفتار استفاده خود نظارت کنند، که منجر به صرفه‌جویی مالی و کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود. استقرار کنتورهای هوشمند در بخش آب به اندازه بخش برق (که از برنامه پیاده‌سازی اندازه‌گیری هوشمند بهره می‌برد) پیشرفته نبوده و فاقد هماهنگی مرکزی است. با این حال، گسترش استفاده از کنتورهای هوشمند شرکت‌های آب و فاضلاب را در جهت تسریع پیشبرد نصب کنتورهای هوشمند تشویق می‌کند (نیوئینگ و همکاران، ۲۰۲۳). این امکان وجود دارد که نوآوری‌های مبتنی بر فناوری مانند کنتورهای هوشمند آب به شهرها کمک کند تا از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات (*ICT*) بهره‌مند شوند و به حفظ منابع آب در دسترس کمک کنند. به لطف پیشرفت در اندازه‌گیری و فناوری اطلاعات و ارتباطات، اکنون می‌توان داده‌های مصرف آب خانگی را توسط کنتورهای هوشمند آب ثبت کرد. سیستم‌های کنتورهای هوشمند آب[1] (*SWMS*) شامل دو عنصر دقیق است. کنتورهایی که از فناوری مدرن برای جمع‌آوری داده‌ها در مورد مصرف آب استفاده می‌کنند و سیستم‌های ارتباطی که می‌توانند اطلاعات مربوط به مصرف آب را در زمان واقعی جمع‌آوری کرده و انتقال دهند (اوکولی و کاباسی، ۲۰۲۳). پارادایم شبکه هوشمند مبتنی بر زیرساخت‌هایی که شامل استفاده روزافزون از فناوری‌های دیجیتال است، توجه قابل ملاحظه‌ای را در سیاست‌گذاری و عمل به خود جلب کرده است. بخش انرژی (برق، آب و گاز طبیعی) یکی از حوزه‌های کلیدی برای یکپارچه‌سازی فناوری‌های دیجیتال، از جمله اجرای شبکه‌های هوشمند برای بهبود ارائه خدمات و رسیدگی به چالش‌های گسترده‌تر مانند مدیریت تقاضا

[1]- Smart Water Meter Systems

بوده است (آمانکوآ[1] و همکاران، ۲۰۲۳). اندازه‌گیری آب طیف وسیعی از نگرانی‌ها را در بر می‌گیرد. مصرف‌کنندگان نه تنها به دنبال شناسایی و کاهش نشت هستند، بلکه علاقه فزاینده‌ای به کسب آگاهی در مورد الگوهای مصرف آب خود، کیفیت آب، بهینه‌سازی مصرف آب و کشف فرصت‌ها برای استفاده مجدد از آب دارند. اندازه‌گیری آب تلاش می‌کند تا نیازهای مصرف‌کننده را برای درک بهتر، شیوه‌های پایدار و مدیریت مؤثر این منبع حیاتی برآورده کند (دِ ریبیرا، ۲۰۲۳: ۲۵ـ۲۴). دولت‌ها و شرکت‌های عمومی که تحت تأثیر کم‌آبی قرار گرفته‌اند، در حال بررسی استراتژی‌هایی برای اطمینان از برآورده کردن تقاضای آب در آینده هستند. بنابراین باید راه‌حل‌های مناسبی مانند دستگاه‌های مؤثر در مصرف آب، مدیریت نشت و کنتورهای آب مبتنی بر اینترنت اشیا *(IoT)* اتخاذ شود. کنتورهای آب مبتنی بر اینترنت اشیا می‌توانند با جمع‌آوری داده‌های با فراوانی بالا از سنسورهای هوشمند نظارت بر مصرف آب، به اندازه‌گیری دقیق آب کمک کنند. به همین دلیل به آنها کنتور آب هوشمند نیز می‌گویند. کنتورهای آب مبتنی بر اینترنت اشیاء اطلاعات مصرف از راه دور و زمان واقعی مصرف آب را ارائه می‌دهند. در مقابل کنتورهای سنتی به صورت دستی خوانده می‌شوند و این اطلاعات را به مصرف‌کننده منتقل نمی‌کنند. کنتورهای آب *IoT* مزایای تشخیص نشت، قرائت‌های خاص و اطلاعات به موقع در مورد مصرف آب را از طریق یک دستگاه مانند تلفن هوشمند به مصرف کنندگان ارائه می‌دهند. کنتورهای هوشمند آب آگاهی مصرف‌کننده را در مورد مصرف آب افزایش می‌دهد، که ممکن است مصرف آب را کاهش دهد و امکان دستیابی به سطوح بالاتر مصرف پایدار را فراهم کند (مادیاس و همکاران، ۲۰۲۳ب). کنتورها را می‌توان از راه دور در زمان واقعی قرائت کرد و مزایای گسترده‌تری از جمله صورت‌حساب دقیق‌تر مصرف‌کننده، کاهش هزینه اندازه‌گیری (بدون نیاز به خواندن دستی کنتورها) و بهبود مدیریت شبکه (از جمله تشخیص نشتی) را ارائه می‌دهد. در اکثر مناطق، آب تمام منازل مسکونی (و در بسیاری موارد خدمات فاضلاب نیز) توسط یک شرکت آب تأمین می‌شود. بنابراین اکثر شرکت‌های آب دارای انحصار منطقه‌ای در حوزه تأمین آب خود هستند و این می‌تواند به این معنی باشد که در بسیاری از مناطق، یک شرکت آب واحد داده‌های کنتور آب هوشمند در کاربری مسکونی را با پوشش تقریباً کامل خانوار جمع‌آوری می‌کند. این می‌تواند پتانسیل فوق‌العاده‌ای را فراهم کند که فراتر از بهره‌وری مصرف آب و مدیریت شبکه است (نیوئینگ[2] و همکاران، ۲۰۲۳). ارائه دهندگان آب باید اقداماتی را برای به حداقل رساندن مدت و میزان وقفه خدمات آب به وسیله‌ی مکان یابی نشت، به عنوان مثال از طریق، رادارهای نفوذی زمین، و هیدروفون‌ها، و تخصیص خدمه برای تعمیر خرابی‌ها انجام دهند. تأمین و توزیع آب یک سیستم اجتماعی ـ فنی است و تحت تأثیر عملکرد زیرساخت‌های فیزیکی و تصمیم‌گیری اپراتورها و مصرف‌کنندگان است. برای مثال، برنامه‌های استفاده مجدد از آب باید پذیرش و مقبولیت عمومی را با در دسترس بودن فن‌آوری‌های تصفیه پیشرفته همسو کند و کاهش خشکسالی نیازمند فعالیت‌هایی برای افزایش عرضه و تشویق حفاظت از آب است (فای‌دیکارلو و زچمن‌برگلوند[3]، ۲۰۲۲).

۲ـ۲ـ ادبیات تجربی

تجربیات اندکی از تحلیل راهبردی سوات در ادبیات تجربی در حوزه‌ی هوشمندسازی شهری و دستگاه‌های اندازه‌گیری انرژی و آب قابل مشاهده است و این پدیده در جوامع و سطوح محدودی مورد مداقه قرار گرفته است. عمدتاً این بررسی‌ها بر تحلیل بازار کنتورهای هوشمند متمرکز بوده است. لیکن در این مطالعه حوزه‌ی تمرکز بر به‌کارگیری کنتورهای هوشمند می‌باشد. اوردابایی و اوتکلبای[4] (۲۰۲۱) پروژه‌های شهر هوشمند در پایتخت‌های روسیه و قزاقستان را بر اساس روش *SWOT* مورد تحلیل قرار داده و چنین بیان می‌دارند که تفاوت‌های قابل توجهی در نحوه اجرای پروژه‌های مزبور و همچنین مشکلات مشابهی همچون موانع نهادی، فقدان استانداردها، محدودیت‌های مالی و کمبود تولید داخلی تجهیزات و نرم‌افزار، منابع انسانی با مهارت بالا و سرمایه گذاران خصوصی وجود دارد. آنها عامل

---

[1]- Amankwaa
[2]- Newing
[3]- Faye DiCarlo and Zechman Berglund
[4]- Urdabayev & Utkelbay

عمده و مؤثر خارجی در این تحلیل را همه‌گیری *COVID-19* می‌دانند. تحلیل راهبردی سوات برنامه‌ی هوشمندسازی کنتورهای برق شهر بالی در اندونزی مؤید آن است که استراتژی مناسب برای اجرای این برنامه، راهبرد توسعه‌گرایانه است (ویبیسونو و بدرالزمان[1]، ۲۰۱۸). آنها در این مطالعه ضمن اجرای تحلیل سوات ماتریس‌های ارزیابی عوامل داخلی و خارجی را نیز پیاده‌سازی نمودند و داده‌ها لازم را از طریق مطالعات و بررسی‌های فنی ـ اقتصادی، مشتریان، عموم مردم و کارکنان کسب کردند. در زمینه‌ی تحلیل راهبردی استفاده از کنتورهای هوشمند آب، شواهد تجربی دقیقی از ادبیات داخلی نیز قابل مشاهده است. عین‌لو[2] و همکاران (۲۰۲۳) با تحلیل راهبردی مدیریت آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه خشک دشت ابهر ایران به این نتیجه رسیدند که ضعف‌ها بر نقاط قوت و همچنین تهدیدها بر فرصت‌ها غلبه دارند. قرار گرفتن در ربع ضعف ـ تهدید با استراتژی دفاعی بیانگر وضعیت بحرانی منطقه‌ی مورد مطالعه‌ی آنها است. از راهبردهای اصلی ارائه شده توسط آنها استفاده از کنتورهای هوشمند جهت مدیریت مصارف است. شوهاگ[3] و همکاران (۲۰۲۳) با تحلیل راهبردی *PEST* هوشمندسازی دستگاه‌های اندازه‌گیری مصارف انرژی و آب منازل مسکونی را در بستر یک اپلیکیشن بر روی گوشی‌هوشمند را تحلیل کرده و بیان می‌دارند که استفاده از کنتورهای هوشمند مصرف‌کنندگان را قادر می‌سازد تا قبوض آب و برق خود را یکجا پرداخت کنند که باعث کاهش زمان و هزینه صرف شده برای پرداخت چندین قبض می‌شود. همچنین فرآیند خرید و حسابداری آب، گاز و برق را بسیار ساده‌تر و آسان‌تر می‌کند. علاوه بر این، استفاده از کنتورهای هوشمند می‌تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند، زیرا با ردیابی میزان مصرف برق، گاز و آب و ارسال اعلان به مصرف کنندگان، آنها می‌توانند از الگوی مصرف خود آگاه شوند و بیشتر حواسشان به میزان مصرف انرژی باشد. ژوزف[4] و همکاران (۲۰۲۲) نیز با اجرای تحلیل سوات برای هوشمندسازی شبکه‌ی توزیع آب شرب اشاره می‌کنند که پیاده‌سازی یک الگوریتم هوشمند با سیستم یکپارچه کنترل نظارت و جمع‌آوری داده، سنسورهای هوشمند با کارآیی بالا، و جریان‌سنج‌ها، از جمله مکانیزم ردیابی، مدیریت سیستم و مسائل عملیاتی را به میزان قابل‌توجهی کاهش می‌دهد و ارائه خدمات بهبود یافته را برای جامعه تضمین می‌کند. آنها نقاط ضعف و قوت و فرصت‌ها و تهدیدهای متعددی برای استفاده از کنتورهای هوشمند برمی‌شمارند. جوشی[5] و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ی شرکت برق اوتارخاند از تحلیل راهبردی سوات استفاده کردند و براساس نتایج و یافته‌های خود استفاده از کنتورهای هوشمند را یکی از فرصت‌های پیش‌روی آن شرکت برمی‌شمارند. آنها استدلال می‌کنند که استفاده از کنتورهای هوشمند موجب افزایش سطح آگاهی مصرف کننده، بهبود کارآیی، راحتی و پایداری شبکه‌ی توزیع، صرفه‌جویی در مصرف انرژی به میزان ۵ تا ۱۲ درصد، کاهش تلفات و پرت آب و انرژی، افزایش راندمان سمت تقاضا، بهینه‌سازی تولید و توزیع شود. همچنین اندازه‌گیری هوشمند با توجه به امکان تغییر مصرف با توجه به تعرفه مبتنی بر زمان، انتخابی را به مصرف‌کننده ارائه می‌دهد تا در قبوض صرفه‌جویی کند. به عنوان مثال. در صورتی که تعرفه در صبح بالاتر باشد، مصرف‌کننده می‌تواند مصرف خود را مانند شستشو، استحمام و غیره به بعد از ظهر تغییر دهد که تعرفه پایین است.

۳ـ روش‌شناسی

این مطالعه یک تحلیل راهبردی با رویکردی آمیخته (کیفی ـ کمی) است. به لحاظ هدف یک طرح کاملاً کاربردی و از موضع استراتژی، پژوهشی توصیفی پیمایشی به شمار می‌رود که در بستر یک طرح مقطعی اجرا شد. در مرحله‌ی اول ادبیات علمی بررسی و با خبرگان مصاحبه به عمل آمد. در مرحله‌ی دوم تحلیل راهبردی اجرا و در مرحله‌ی سوم راهبردهای شناسایی شده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (*AHP*) اولویت‌بندی شدند. در این پژوهش برای تحلیل راهبردی از روش *SWOT* بهره گرفته شد. سوات (*SWOT*) مخفف نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها است

[1]- Wibisono and Badruzzaman
[2]- Einlo
[3]- Shohag
[4]- Joseph
[5]- Joshi

که به عنوان چارچوبی برای بررسی استراتژی‌های سازمانی معرفی شده است (فرخ‌نیا[1] و همکاران، ۲۰۲۳). این تکنیک بر اساس تحقیقات انجام شده توسط آلبرت هامفری[2] در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ بر روی ۵۰۰ شرکت فورچون توسعه یافته است (بیرکدار و یوکسل[3]، ۲۰۲۳). *SWOT*، چندین دهه است که وجود داشته و مسلماً پرکاربردترین ابزار تدوین استراتژی در دوران مدرن است. جدا از پذیرش گسترده آن توسط صنعت، تجارت، و سازمان‌های خیریه و داوطلبانه، *SWOT* به ابزاری حیاتی برای برنامه‌ریزی استراتژیک کسب و کار تبدیل شده است (جیاگویی[4] و همکاران، ۲۰۲۳). این چارچوب به طور گسترده در برنامه‌ریزی استراتژیک و تصمیم‌گیری در موقعیت‌هایی که نیاز به در نظر گرفتن ادراکات و قابلیت‌های بازیگران مختلف دارد، استفاده می‌شود (فرخ‌نیا و همکاران، ۲۰۲۳). هنگامی که یک سازمان باید تصمیم بگیرد که هدفی را دنبال کند، تحلیل *SWOT* به عنوان ابزاری برای برنامه‌ریزی استراتژیک برای ارزیابی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مرتبط با یک پروژه، یک تلاش تجاری یا هر موقعیت دیگری استفاده می‌شود (بیرکدار و یوکسل، ۲۰۲۳). بر اساس تحلیل *SWOT*، استراتژی‌های انتخاب شده باید بر نقاط قوت تکیه کرده و آنها را بهبود بخشند، نقاط ضعف را برطرف کنند، از فرصت‌ها بهره‌برداری کنند و تأثیر تهدیدات را کاهش دهند (حیاتی و همکاران، ۲۰۲۳). این یک چارچوب استراتژیک برای شناسایی روابط بین نقاط قوت و ضعف به عنوان عوامل داخلی و همچنین فرصت‌ها و تهدیدها به عنوان عوامل بیرونی برای غلبه بر هر گونه ضعف و مشکل شناخته شده است (طایفی‌نصرآبادی و همکاران، ۲۰۲۳). *SWOT* با فهرست کردن شرایط مطلوب و نامطلوب، داخلی و خارجی، در چهار ربع یک شبکه تحلیل، برنامه‌ریزان می‌توانند بهتر درک کنند که چگونه می‌توان از نقاط قوت برای تحقق فرصت‌های جدید استفاده کرد و چگونه نقاط ضعف می‌توانند پیشرفت را کاهش دهند یا تهدیدهای سازمانی را بزرگ‌تر کنند (جیاگویی و همکاران، ۲۰۲۳). *SWOT* یک ابزار محبوب در علوم اجتماعی برای تحلیل عوامل داخلی (قوت‌ها و ضعف‌ها) و خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) یک سازمان برای کمک به تصمیم‌گیری استراتژیک است که از تفکر سیستماتیک و تشخیص جامع برای اولویت‌بندی راه‌حل‌ها با در نظر گرفتن ذی‌نفعان ناهمگن و ادراکات متنوع آنها استفاده می‌کند. با استفاده از این تکنیک، می‌توان یک استراتژی مناسب که عوامل داخلی و خارجی را در نظر می‌گیرد، توسعه داد (کافله[5] و همکاران، ۲۰۲۳). در جدول زیر یک ماتریس از تهدیدات، فرصت‌ها، نقاط قوت و نقاط ضعف ارائه شده است. این ماتریس از نُه خانه تشکیل است که چهار خانه در حاشیه ماتریس عوامل اصلی و چهار خانه مرکزی استراتژی‌ها را نشان می‌دهند و یک خانه سفید یا خالی است (خانه بالا، سمت راست). چهار خانه‌ای که نشان دهنده استراتژی‌ها هستند دارای عنوان‌های *SO*، *WO*، *ST* و *WT* می‌باشند و پس از تکمیل شدن چهارخانه‌ای که دارای عامل اصلی هستند (یعنی خانه‌های *O,W,S* و *T*) این خانه‌ها به وجود می‌آیند (دیوید، ۱۳۸۸: ۳۶۴).

---

[1]- Farrokhnia
[2]- Albert Humphrey
[3]- Bayraktar and Yüksel
[4]- Jiagui
[5]- Kafle

جدول۱: ماتریس تهدیدات، فرصت ها، نقاط ضعف، نقاط قوت (*SWOT*)

محیط داخلی / محیط خارجی		نقاط قوت- *S*	نقاط ضعف- *W*
		۱. ۲. ۳. فهرست نقاط قوت ۴. ۵.	۱. ۲. ۳. فهرست نقاط ضعف ۴. ۵.
فرصت‌ها- *O*	۱. ۲. ۳. فهرست فرصت‌ها ۴. ۵.	**استراتژی‌های *SO*** ۱. ۲. ۳. بهره‌برداری از فرصت‌ها با بهره جستن از نقاط قوت ۴. ۵.	**استراتژی‌های *WO*** ۱. ۲. ۳. از بین بردن ضعف‌ها با بهره جستن از فرصت‌ها ۴. ۵.
تهدیدات- *T*	۱. ۲. ۳. فهرست تهدیدات ۴. ۵.	**استراتژی‌های *ST*** ۱. ۲. ۳. احتراز از تهدیدات با استفاده از نقاط قوت ۴. ۵.	**استراتژی‌های *WT*** ۱. ۲. ۳. کاهش نقاط ضعف و پرهیز از تهدیدات ۴. ۵.

(منبع: دیوید، ۱۳۸۸: ۳۶۴)

توسعه‌ی ماتریس تهدیدات، فرصت‌ها، نقاط ضعف، نقاط قوت مستلزم طی هشت مرحله زیر می‌باشد:

۱. تهیه فهرستی از فرصت‌های عمده‌ای که در محیط خارجی سازمان وجود دارد.

۲. تهیه فهرستی از تهدیدات عمده موجود در محیط خارج سازمان.

۳. تهیه فهرستی از نقاط قوت داخلی و عمده سازمان.

۴. تهیه فهرستی از نقاط عمده ضعف داخلی سازمان.

۵. مقایسه نقاط قوت داخلی و فرصت‌های خارجی و نگاشت نتیجه در خانه مربوط در گروه «استراتژی‌های *SO*».

۶. مقایسه نقاط ضعف داخلی با فرصت‌های موجود در خارج سازمان و نگاشت نتیجه در گروه «استراتژی‌های *WO*».

۷. مقایسه نقاط قوت داخلی با تهدیدات خارجی و نگاشت نتیجه در گروه «استراتژی‌های *ST*».

۸. مقایسه نقاط ضعف داخلی با تهدیدات خارجی و نگاشت نتیجه در گروه «استراتژی‌های *WT*».

در هر مرحله دو عامل با هم و با هدف تعیین استراتژی‌های قابل اجرا مقایسه می‌شوند. همه استراتژی‌هایی که در ماتریس تهدیدات، فرصت‌ها، نقاط قوت و نقاط ضعف ارائه می‌گردند، انتخاب و اجرا نخواهند شد (دیوید، ۱۳۸۸: ۳۶۶).

براساس مراحل هشت‌گانه‌ی فوق هر کدام از دسته‌های استراتژی‌های ممکن را به صورت زیر می‌توان توضیح داد:

استراتژی‌های *SO*: در قالب این استراتژی‌ها، سازمان‌ها با استفاده از نقاط قوت داخلی می‌کوشند از فرصت‌های خارجی بهره‌برداری کنند.

استراتژی‌های *WO*: هدف از این استراتژی‌ها این است که سازمان با بهره‌برداری از فرصت‌های موجود در محیط خارج بکوشد نقاط ضعف داخلی را بهبود بخشد.

استراتژی‌های *ST*: شرکت‌ها در اجرای این استراتژی‌ها، می‌کوشند با استفاده از نقاط قوت خود اثرات ناشی از تهدیدات موجود در محیط خارج را کاهش دهند یا آنها را از بین ببرند.

استراتژی‌های *WT*: سازمان‌هایی که این استراتژی‌ها را به اجرا درمی‌آورند، حالت تدافعی به خود می‌گیرند و هدف،کم‌کردن نقاط ضعف داخلی و پرهیز از تهدیدات ناشی از محیط خارجی است (اعرابی، ۱۳۹۳: ۵۴).

در شناسایی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها از مرور ادبیات علمی مرتبط و مصاحبه با خبرگان استفاده شد. مصاحبه به شیوه‌ی ساختاریافته اجرا شد. جامعه‌ی آماری خبرگان آن دسته از افرادی بود که دارای تخصص و تجربه‌ی کافی در صنعت آب و فاضلاب بوده و به صورت داوطلبانه تمایل به مشارکت در تحقیق را داشتند. انتخاب اعضای نمونه به صورت گلوله برفی صورت پذیرفت. برای ارزیابی روایی مصاحبه‌های اجرا شده از سه‌سویه‌سازی محقق

استفاده و تأیید شد. در ارزیابی پایایی از درصد ضریب توافق استفاده و ضریب ۰/۸ به دست آمد. در پیاده‌سازی تحلیل *SWOT* و تدوین استراتژی‌ها، بر اساس آمار و اطلاعات جمع‌آوری‌شده از ادبیات علمی، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها استخراج و سپس به منظور بررسی عوامل ماتریس *SWOT*، پرسشنامه‌هایی طراحی و گروه تصمیم‌گیری متشکل از خبرگان آشنا به حوزه مورد مطالعه تشکیل شد. مطابق با دستورالعمل دیوید (۱۳۸۸: ۲۶۵) به هر عامل ضریبی از اهمیت نسبی بین صفر (بی‌اهمیت) تا یک (بسیار با اهمیت) داده شد، این ضرایب نشان‌دهنده‌ی اهمیت نسبی یک عامل است. از مشارکت‌کنندگان خواسته شد به عواملی که از شدت بالاتری برخوردار بودند ضریب بیشتری اختصاص دهند، به نحوی که مجموع این ضرایب برای همه‌ی عوامل داخلی (مشتمل بر ضعف‌ها و قوت‌ها) و همه‌ی عوامل خارجی (متشکل از فرصت‌ها و تهدیدها) برابر با یک باشد. سپس از خبرگان خواسته شد تا به هر یک از عوامل اولویتی بین یک تا چهار (۱ = اولویت بسیار کم، ۲ = اولویت کم، ۳ = اولویت زیاد و ۴ = اولویت بسیار زیاد) اختصاص دهند. نمرات عوامل داخلی و خارجی از حاصل ضرب اهمیت نسبی هر عامل در اولویت آن حاصل و نمودار عوامل داخلی و خارجی بر این اساس ترسیم شد. در جهت ارزیابی روایی، پرسشنامه در اختیار چندتن از متخصصین مسلط به روش‌های تحقیق قرار گرفته و از آنها خواسته شد تا روایی صوری ابزار تحقیق را بررسی نمایند. پس از بررسی‌ها، حک و اصلاحات نهایتاً روایی ابزار مورد تأیید قرار گرفت. در بررسی پایایی از ضریب آلفای کرونباخ استفاده و مقدار ۰/۷۹ حاصل شد.

به منظور تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب بهترین استراتژی در اجرای پروژه، از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (*AHP*) استفاده شد. ساعتی (۱۹۷۷) فرآیند محبوب تحلیل سلسله مراتبی را به منظور سازماندهی برآورد مسائل تصمیم‌گیری پیچیده ایجاد کرد. *AHP* به طور گسترده برای ارزیابی مشکلات پیچیده مختلف در زمینه های مختلف استفاده شده است که قضاوت‌های ذهنی که از مقایسه زوجی معیارها به دست می‌آید را به مقادیر واضح کمی تبدیل و درجه اهمیت معیار اولویت‌بندی شده را نسبت به دیگری با توجه به هدف ایجاد می‌کند. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان یک مسئله پیچیده را به چندین معیار و زیرمعیارهای آنها تقسیم کرد که می‌توانند بر اساس سطوح سلسله مراتبی مرتب شوند. به طور کلی، مراحل روش *AHP* به شرح زیر است:

۱ـ شناسایی مسأله و تعیین عوامل/ معیارها و زیرمعیارها.

۲ـ توسعه ساختار سلسله مراتبی که با یک هدف آغاز شده و شامل معیارها و زیرمعیارهای مرتبط است.

۳ـ تشکیل یک ماتریس مقایسه زوجی برای توصیف اهمیت نسبی یک معیار در مقایسه با سایر معیارها. مقایسه‌ها بر اساس انتخاب‌ها یا ملاحظات تصمیم‌گیرنده انجام می‌شود.

۴ـ نرمال‌سازی داده‌ها با تقسیم مقدار هر عنصر در ماتریس مقایسه‌ی زوجی بر مجموع مقدار هر ستون مربوطه.

۵ـ تکرار مرحله فوق برای تمام سطوح سلسله مراتب.

۶ـ محاسبه مقدار بردار ویژه (وزن هر عنصر) هر ماتریس مقایسه زوجی.

ارزیابی نرخ سازگاری سلسله مراتب: اگر مقدار *CR* بدست آمده بیشتر از ۰/۱ باشد، باید ارزیابی را تکرار کرد.

به منظور اجرای روش *AHP*، ماتریس‌های مقایسات زوجی راهبردها و معیارهای انتخاب راهبردها تنظیم و در اختیار خبرگان قرار داده و از آنها خواسته شد تا مطابق با طیف ارزش‌گذاری زیر ماتریس‌ها را تکمیل نمایند:

جدول۲: مقادیر کلامی و عددی ترجیحات خبرگان جهت ارزگذاری

ترجیحات	مقدار عددی
کاملاً مرجح	۹
ترجیح با مطلوبیت بسیار بالا	۷
ترجیح با مطلوبیت بالا	۵
کمی مرجح	۳
ترجیح با مطلوبیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل فوق	۲،۴،۶،۸

در ارزیابی روایی ابزار روش *AHP* همانند پرسشنامه‌ی تحلیل راهبردی از روایی صوری استفاده و نهایتاً تأیید شد. جهت بررسی پایایی این ابزار از روش آزمون ـ بازآزمون بهره‌گرفته و پایایی ابزار تأیید شد.

۴ـ یافته‌ها

در این مطالعه ده نفر مشارکت داشتند. پرسشنامه‌های طراحی شده براساس ادبیات علمی و مصاحبه با خبرگان در اختیار آنها قرار داده شد و مطابق دستورالعمل تشریح شده در قسمت پیشین، از ایشان خواسته شد آنها را تکمیل نمایند. مشخصات خبرگان در جدول زیر آمده است:

جدول۳: شاخص‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان

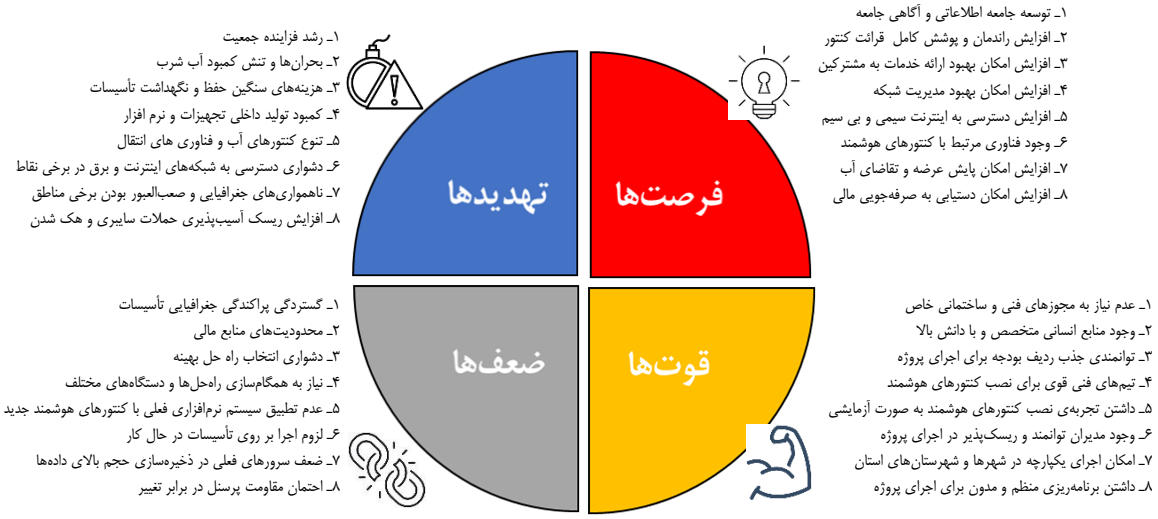
جنسیت	تعداد	درصد
بدون پاسخ	۰	۰/۰
آقا	۱۰	۱۰۰/۰
خانم	۰	۰/۰
مجموع	۱۰	۱۰۰/۰

وضعیت تأهل	تعداد	درصد
بدون پاسخ	۰	۰/۰
مجرد	۲	۲۰/۰
متأهل	۸	۸۰/۰
مجموع	۱۰	۱۰۰/۰

تحصیلات	تعداد	درصد
بدون پاسخ	۰	۰/۰
کاردانی	۰	۰/۰
کارشناسی	۵	۵۰/۰
کارشناسی‌ارشد	۴	۴۰/۰
دکتری	۱	۱۰/۰
مجموع	۱۰	۱۰۰/۰

سن	تعداد	درصد
بدون پاسخ	۰	۰/۰
۲۰ تا ۳۰ سال	۴	۴۰/۰
۳۱ تا ۴۰ سال	۳	۳۰/۰
۴۱ تا ۵۰ سال	۲	۲۰/۰
۵۱ تا ۶۰ سال	۱	۱۰/۰
مجموع	۱۰	۱۰۰/۰

مصاحبه با خبرگان به صورت کاملاً ساختاریافته اجرا شد. در اجرای مصاحبه ضمن پرسش سؤالاتی در زمینه‌ی مشخصات فردی و شخصی، در اولین سؤال از مصاحبه‌شوندگان خواسته شد تا فرصت‌های پیش‌روی شرکت آب و فاضلاب استان همدان ناشی از هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب را بر شمارند. در سؤال دوم از ایشان در خصوص ضعف‌های شرکت مورد مطالعه در هوشمندسازی کنتورهای مصارف آب شرب پرسیده شد. سؤال سوم در خصوص نقاط قوت شرکت مزبور در اجرای پروژه‌ی هوشمندسازی و سؤال چهارم نیز در خصوص تهدیدات ناشی از اجرای این طرح در استان همدان بود. تحلیل داده‌های برآمده از مصاحبه منجر به شناسایی نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدها شد که این مهم در شکل زیر نشان داده شده است:



نمودار ۱: نقاط قوت و ضعف و تهدیدات و فرصت‌ها شناسایی شده

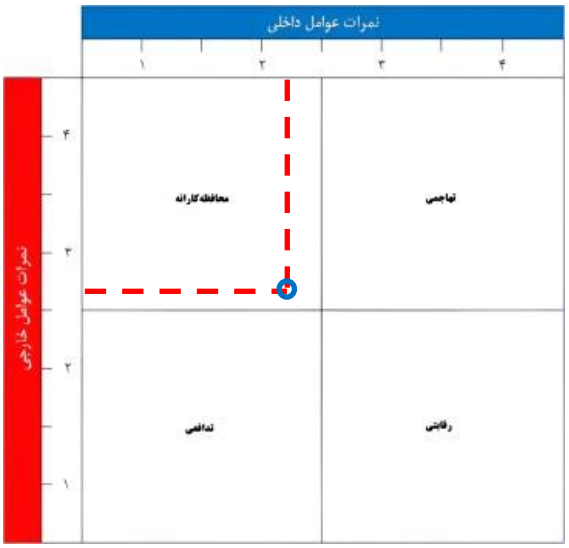
موارد فوق در قالب عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) در اختیار خبرگان قرار داده و از آنها خواسته شد تا شدت اهمیت نسبی آنها را با عددی بین صفر تا یک به نحوی مشخص کنند که محمـوع شدت نسبی همه‌ی عوامل داخلی و یا همه‌ی عوامل خارجی برابر با یک شود. همچنین در ستون جداگانه‌ای از ایشان خواسته شد تا اولویت عوامل مزبور را با نمرات ۱ = اولویت بسیار کم تا ۴ = اولویت بسـیار زیـاد ارزش‌گـذاری کننـد. نظرات خبران در خصوص عوامل داخلی و خارجی در جداول زیر آمده است:

جدول۴: ماتریس عوامل داخلی

ردیف		عوامل داخلی	شدت اهمیت نسبی	اولویت	نمره
۱	نقاط قوت	عدم نیاز به مجوزهای فنی و ساختمانی خاص	۰.۰۵	۱	۰.۰۵
۲		وجود منابع انسانی متخصص و با دانش بالا	۰.۰۷	۴	۰.۲۸
۳		توانمندی جذب ردیف بودجه برای اجرای پروژه	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۴		تیم‌های فنی قوی برای نصب کنتورهای هوشمند	۰.۰۴	۳	۰.۱۲
۵		داشتن تجربه‌ی نصب کنتورهای هوشمند به صورت آزمایشی	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۶		وجود مدیران توانمند و ریسک‌پذیر در اجرای پروژه	۰.۱۰	۴	۰.۴
۷		امکان اجرای یکپارچه در شهرها و شهرستان‌های استان	۰.۰۸	۲	۰.۱۶
۸		داشتن برنامه‌ریزی منظم و مدون برای اجرای پروژه	۰.۰۸	۳	۰.۲۴
۹	نقاط ضعف	گستردگی پراکندگی جغرافیایی تأسیسات	۰.۰۸	۲	۰.۱۶
۱۰		محدودیت‌های منابع مالی	۰.۱۰	۳	۰.۳
۱۱		دشواری انتخاب راه حل بهینه	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۱۲		نیاز به همگام‌سازی راه‌حل‌ها و دستگاه‌های مختلف	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۱۳		عدم تطبیق سیستم نرم‌افزاری فعلی با کنتورهای هوشمند جدید	۰.۰۵	۲	۰.۱
۱۴		لزوم اجرا بر روی تأسیسات در حال کار	۰.۰۸	۲	۰.۱۶
۱۵		ضعف سرورهای فعلی در ذخیره‌سازی حجم بالای داده‌ها	۰.۰۷	۱	۰.۰۷
۱۶		احتمال مقاومت پرسنل در برابر تغییر	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
		مجموع	۱		۲.۴۴

جدول۵: ماتریس عوامل خارجی

ردیف		عوامل خارجی	شدت اهمیت نسبی	اولویت	نمره
۱	فرصت‌ها	توسعه جامعه اطلاعاتی و آگاهی جامعه	۰.۰۷	۳	۰.۲۱
۲		افزایش راندمان و پوشش کامل قرائت کنتور	۰.۱	۴	۰.۴
۳		افزایش امکان بهبود ارائه خدمات به مشترکین	۰.۰۵	۲	۰.۱
۴		افزایش امکان بهبود مدیریت شبکه	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۵		افزایش دسترسی به اینترنت سیمی و بی سیم	۰.۱	۲	۰.۲
۶		وجود فناوری مرتبط با کنتورهای هوشمند	۰.۰۴	۲	۰.۰۸
۷		افزایش امکان پایش عرضه و تقاضای آب	۰.۰۵	۲	۰.۱
۸		افزایش امکان دستیابی به صرفه‌جویی مالی	۰.۰۵	۴	۰.۲
۹	تهدیدها	رشد فزاینده جمعیت	۰.۰۵	۴	۰.۲
۱۰		بحران‌ها و تنش کمبود آب شرب	۰.۱	۴	۰.۴
۱۱		هزینه‌های سنگین حفظ و نگهداشت تأسیسات	۰.۰۵	۲	۰.۱
۱۲		کمبود تولید داخلی تجهیزات و نرم‌افزار	۰.۰۵	۲	۰.۱
۱۳		تنوع کنتورهای آب و فناوری های انتقال	۰.۰۸	۲	۰.۱۶
۱۴		شواری دسترسی به شبکه‌های اینترنت و برق در برخی نقاط	۰.۰۴	۳	۰.۱۲
۱۵		ناهمواری‌های جغرافیایی و صعب‌العبور بودن برخی مناطق	۰.۰۵	۲	۰.۱
۱۶		افزایش ریسک آسیب‌پذیری حملات سایبری و هک شدن	۰.۰۸	۳	۰.۲۴
		مجموع	۱		۲.۷۹



نمودار۲: ماتریس عوامل داخلی ـ خارجی

به لحاظ اجرا می‌توان یک سیستم جدید را به چهار شکل یکباره، موازی، گام‌به‌گام و ترکیبی پیاده‌سازی نمود. در اجرای یک‌باره کار با سیستم قدیم متوقف و به سرعت با سیستم جدید آغاز می‌شود. به بیان دیگر همزمان سیستم قدیم کنار رفته و از آن تاریخ به بعد سیستم جدید شروع به کار می‌کند. در اجرای موازی هر دو سیستم تا مدتی به طور همزمان اجرا می‌شوند ، بدین معنی که در عین حال که سیستم قبلی کار می‌کند، به طور همزمان سیستم جدید هم در حال آموزش و اجرا است. در این حالت داده‌های ورودی به هر دو نظام منتقل شده و نتایج حاصل از پردازش‌ها، مرتباً مقایسه می‌شوند تا از صحت محاسبات اطمینان حاصل شود. در اجرای گام به گام، سیستم جدید قسمت به قسمت یا واحد به واحد استقرار می‌یابد. در ابتدا یک قسمت خاص انتخاب و سیستم جدید نصب و راه‌اندازی می‌شود. سپس در صورت موفقیت در سایر مناطق و قسمت‌ها نصب و استفاده می‌شود (صمدی، ۱۳۸۹: ۱۶۷ـ۱۶۶). در اجرای ترکیبی، آغاز به کار سیستم جدید با ترکیبی از سه استراتژی یاد شده صورت می‌پذیرد، به شکلی که در بخشی از مجموعه‌ی مورد نظر استراتژی یکباره، در بخش دیگر استراتژی موازی و در بخش‌هایی استراتژی گام به گام به کار برده می‌شود. بر این اساس، اجرای پروژه‌ی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب را می‌توان در قالب چهار

استراتژی یاد شده براساس نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدها پیاده‌سازی نمود. در ماتریس *SWOT* زیر این مهم صورت پذیرفته است.

جدول۶: ماتریس *SWOT* پژوهش

محیط داخلی ← / محیط خارجی ↓	نقاط قوت– S	نقاط ضعف– W
	۱ـ عدم نیاز به مجوزهای فنی و ساختمانی خاص ۲ـ وجود منابع انسانی متخصص و با دانش بالا ۳ـ توانمندی جذب ردیف بودجه برای اجرای پروژه ۴ـ تیم‌های فنی قوی برای نصب کنتورهای هوشمند ۵ـ داشتن تجربه‌ی نصب کنتورهای هوشمند به صورت آزمایشی ۶ـ وجود مدیران توانمند و ریسک‌پذیر در اجرای پروژه ۷ـ امکان اجرای یکپارچه در شهرها و شهرستان‌های استان ۸ـ داشتن برنامه‌ریزی منظم و مدون برای اجرای پروژه	۱ـ گستردگی پراکندگی جغرافیایی تأسیسات ۲ـ محدودیت‌های منابع مالی ۳ـ دشواری انتخاب راه حل بهینه ۴ـ نیاز به همگام‌سازی راه‌حل‌ها و دستگاه‌های مختلف ۵ـ عدم تطبیق سیستم نرم‌افزاری فعلی با کنتورهای هوشمند ۶ـ لزوم اجرا بر روی تأسیسات در حال کار ۷ـ ضعف سرورهای فعلی در ذخیره‌سازی حجم بالای داده‌ها ۸ـ احتمال مقاومت پرسنل در برابر تغییر
فرصت‌ها– O	*SO*: **اجرای یکباره**	*WO*: **اجرای موازی**
تهدیدات– T	*ST*: **اجرای گام به گام**	*WT*: **اجرای ترکیبی**

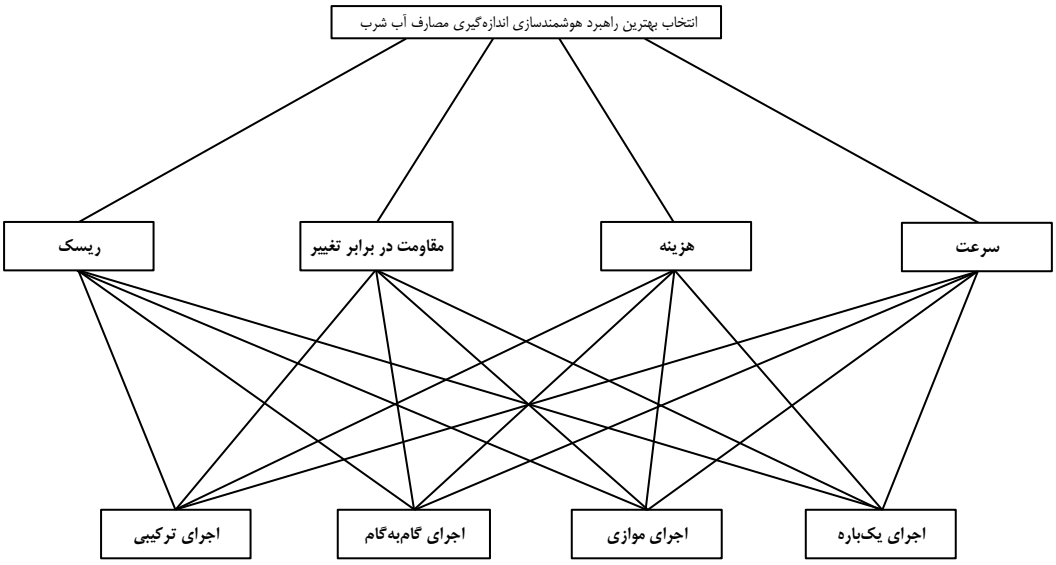
استراتژی‌های منتخب در این مطالعه برای اجرای پروژه‌ی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب متشکل از چهار راهبرد اجرای یکباره، موازی، گام‌به‌گام و ترکیبی تشخیص داده شد. هر یک از این راهبردها براساس شاخص‌هایی همچون سرعت اجرا، هزینه، میزان مقاومت در برابر تغییر و ریسک تفاوت‌هایی با یکدیگر دارند که در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول۷: قیاس راهبردهای منتخب هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب

ردیف	راهبرد	سرعت اجرا	هزینه	مقاومت در برابر تغییر	ریسک
۱	یک‌باره	بالا	کم	بالا	بالا
۲	موازی	متوسط	بالا	متوسط	متوسط
۳	گام‌به‌گام	کم	متوسط	کم	کم
۴	ترکیبی	متوسط	بالا	متوسط	کم

منبع: نویسندگان

براساس معیارهای چهارگانه‌ی سرعت اجرا، هزینه، میزان مقاومت در برابر تغییر و ریسک می‌توان در فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی نسبت به تصمیم‌گیری در خصوص بهترین راهبرد اقدام نمود. بر این اساس، پرسشنامه‌ای متشکل از چهار راهبرد و چهار معیار در اختیار ده تن از خبرگان قرار داده شد و بر اساس طیف ارزش‌گذاری مقایسه‌ی زوجی زیر از آنها خواسته شد تا راهبردهای منتخب را با یکدیگر قیاس نمایند. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا می‌بایست مسأله تحقیق را در قالب درخت تصمیم مدل‌سازی نمود. درخت تصمیم سلسله مراتبی پژوهش حاضر در نمودار زیر آمده است.



نمودار۳: درخت تصمیم پژوهش

نتیجه‌ی این قیاس که میانگین هندسی از نظران همه‌ی ده خبره مشارکت‌کننده در این مطالعه است، در جداول زیر مقایسات زوجی هریک از استراتژی‌ها بر اساس هر یک از معیارها نشان داده شده است. در کنار ماتریس‌های یاد شده، ماتریس‌های بی‌مقیاس شده با نرم ساعتی که و وزن (W_j) یا اهمیت هر سطر با استفاده از میانگین هندسی هـر سـطر محاسبه شده، آمده است.

جدول۸: ماتریس‌های بی‌مقیاس شده به همراه وزن هر مؤلفه و ماتریس‌های مقایسه‌ی زوجی

سرعت	A	B	C	D	W_j
A (اجرای یک‌باره)	۰/۰۶۷	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۱۰۳	۰/۰۵۹
B (اجرای موازی)	۰/۴۰۰	۰/۱۷۶	۰/۲۳۵	۰/۱۵۵	۰/۲۲۵
C(اجرای گام‌به‌گام)	۰/۱۳۳	۰/۰۸۸	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴	۰/۱۱۴
D (اجرای ترکیبی)	۰/۴۰۰	۰/۷۰۶	۰/۵۸۸	۰/۶۱۹	۰/۵۶۶

سرعت	A	B	C	D
A (اجرای یک‌باره)	۱	۰/۱۶۷	۰/۵۰	۰/۱۶۷
B (اجرای موازی)		۱	۲	۰/۲۵
C(اجرای گام‌به‌گام)			۱	۰/۲۰
D (اجرای ترکیبی)				۱

CR = ۰/۱۰

هزینه	A	B	C	D	W_j
A (اجرای یک‌باره)	۰/۰۸۳	۰/۰۵۳	۰/۰۸۶	۰/۰۹۰	۰/۰۷۶
B (اجرای موازی)	۰/۱۶۷	۰/۱۰۵	۰/۰۵۷	۰/۱۲۶	۰/۱۰۶
C(اجرای گام‌به‌گام)	۰/۱۶۷	۰/۳۱۶	۰/۱۷۱	۰/۱۵۷	۰/۱۹۴
D (اجرای ترکیبی)	۰/۵۸۳	۰/۵۲۶	۰/۶۸۶	۰/۶۲۸	۰/۶۰۳

هزینه	A	B	C	D
A (اجرای یک‌باره)	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۱۴۳
B (اجرای موازی)		۱	۰/۳۳۳	۰/۲۰
C(اجرای گام‌به‌گام)			۱	۰/۲۵
D (اجرای ترکیبی)				۱

CR = ۰۵

مقاومت در برابر تغییر	A	B	C	D	W_j
A (اجرای یک‌باره)	۰/۰۹۵	۰/۱۹۱	۰/۰۵۳	۰/۰۹۸	۰/۰۹۹
B (اجرای موازی)	۰/۰۴۸	۰/۰۹۵	۰/۲۱۱	۰/۰۹۸	۰/۰۹۹
C(اجرای گام‌به‌گام)	۰/۱۹۱	۰/۰۴۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱۵	۰/۱۰۳
D (اجرای ترکیبی)	۰/۶۶۷	۰/۶۶۷	۰/۶۳۲	۰/۶۸۸	۰/۶۵۸

مقاومت در برابر تغییر	A	B	C	D
A (اجرای یک‌باره)	۱	۲	۰/۵	۰/۱۴۳
B (اجرای موازی)		۱	۲	۰/۱۴۳
C(اجرای گام‌به‌گام)			۱	۰/۱۶۶
D (اجرای ترکیبی)				۱

CR = ۰/۰۹

ریسک	A	B	C	D	W_j
A (اجرای یک‌باره)	۰/۰۸۳	۰/۰۶۶	۰/۰۵۷	۰/۱۲	۰/۰۷۸
B (اجرای موازی)	۰/۱۶۶	۰/۱۳۳	۰/۰۹۴	۰/۱۶	۰/۱۳۵
C(اجرای گام‌به‌گام)	۰/۴۱۶	۰/۴۰۰	۰/۲۸۳	۰/۲۴	۰/۳۲۶
D (اجرای ترکیبی)	۰/۳۳۳	۰/۴۰۰	۰/۵۶۶	۰/۴۸	۰/۴۳۶

ریسک	A	B	C	D
A (اجرای یک‌باره)	۱	۰/۵	۰/۲۰	۰/۲۵
B (اجرای موازی)		۱	۰/۳۳	۰/۳۳
C(اجرای گام‌به‌گام)			۱	۰/۵
D (اجرای ترکیبی)				۱

CR = ۰/۰۶

معیارهای استراتژی	E	F	G	H	W_j
(E) سرعت	۰/۵۷۰	۰/۶۰۴	۰/۴۵۱	۰/۵۰۰	۰/۵۲۸
(F) هزینه	۰/۲۸۵	۰/۳۰۲	۰/۴۵۱	۰/۳۳۳	۰/۳۳۷
(G) مقاومت در برابر تغییر	۰/۰۸۱	۰/۰۴۳	۰/۰۶۴	۰/۱۱۱	۰/۰۷۱
(H) ریسک	۰/۰۶۳	۰/۰۵۰	۰/۰۳۲	۰/۰۵۶	۰/۰۴۹

معیارهای استراتژی	E	F	G	H
(E) سرعت	۱	۲	۷	۹
(F) هزینه		۱	۷	۶
(G) مقاومت در برابر تغییر			۱	۲
(H) ریسک				۱

CR = ۰/۰۴

نرخ سازگاری[1] (CR) در مقایسات فوق در سطح قابل قبولی (کوچک‌تر از ۰/۱۰) قرار دارد. نرخ سازگاری، ساز و کاری است که سازگاری مقایسات را مشخص می‌کند. این ساز و کار نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه و یا اولویت‌های جدول‌های ترکیبی اعتماد کرد (آذر و رجب‌زاده، ۱۳۸۸: ۱۱۱). اوزان معیارهای چهارگانه‌ی انتخاب استراتژی‌ها با استفاده از ماتریس مقایسه‌ی زوجی آنها محاسبه شد. در اکثر مسائل $MCDM$ و به خصوص بخش $MADM$ از آن نیاز به داشتن و دانستن اهمیت نسبی از شاخص‌های (اهداف) موجود داریم، به طوری که مجموع آنها برابر با واحد نرمالیزه[2] شده و این اهمیت نسبی درجه ارجحیت هر شاخص (هدف) را نسبت به بقیه برای تصمیم‌گیری مورد نظر بسنجد (اصغرپور، ۱۳۸۸: ۱۹۵ـ۱۹۶). برای ارزیابی اوزان شاخص‌ها، از روش بردار ویژه استفاده شد. "بردار ویژه" تکنیکی برای محاسبه اوزان (w_i) در شرایط عدم وجود ثبات کامل برای ماتریس D می باشد. در این روش از تجزیه ماتریس مربع و عکس پذیر D به بردار ویژه[3] به ازای عنصر ماکزیمم ویژه[4] آن (λ) استفاده می‌شود، یعنی:

$$D.W = \lambda_{max}.W \qquad (۲_۴)$$

(اصغرپور، ۱۳۸۸: ۱۹۶ـ۲۰۸).

$$W^{۴} = D^{۴}.e \,/ e^{t}.D^{۴}.e = (۰/۵۶۸ \text{ ،} ۰/۳۰۵ \text{ ،} ۰/۰۷۰ \text{ ،} ۰/۰۵۷)$$

ملاحظه می‌شود که همگرایی پروسه در انتقال چهارم رخ داده و محاسبه به ثبات رسیده است، یعنی $W^{۴}$ مشخص کننده‌ی بردار نهایی و تعیین کننده‌ی اوزان برای شاخص‌های موجود از مسأله‌ی مفروض می‌باشد. بررسی نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی نشان می‌دهد که ماتریس مورد بررسی دارای سازگاری بالایی است. محاسبات مربوط به قضاوت گروه خبرگان در خصوص مقایسه راهبردهای چهارگانه نسبت به معیارهای سرعت، هزینه، میزان مقاومت در برابر تغییر و ریسک صورت پذیرفته است که خلاصه‌ی این محاسبات به علاوه وزن هریک از شاخص‌ها در جدول زیر آمده است.

جدول۹: اوزان معیارها و شاخص‌ها

معیارهای انتخاب / استراتژی‌ها	E	F	G	H
Wi	۰/۵۶۸	۰/۳۰۵	۰/۰۷۰	۰/۰۵۷
A (اجرای یک‌باره)	۰/۰۵۹	۰/۰۷۶	۰/۰۹۹	۰/۰۷۸
B (اجرای موازی)	۰/۲۲۵	۰/۱۰۶	۰/۰۹۹	۰/۱۳۵
C(اجرای گام‌به‌گام)	۰/۱۱۴	۰/۱۹۴	۰/۱۰۳	۰/۳۲۶
D (اجرای ترکیبی)	۰/۵۶۶	۰/۶۰۳	۰/۶۵۸	۰/۴۳۶

همچنان‌که اطلاعات فوق نشان می‌دهد، اهمیت راهبردها از جهت معیارها با یکدیگر متفاوت است. اگر صرفاً ملاک تصمیم‌گیری سرعت باشد، مدیریت باید راهبرد ترکیبی را به عنوان بهترین استراتژی برای هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب برگزیند. درحالی که معیار ریسک نشان می‌دهند که بهترین راهبرد، اجرای یک‌باره است. حال این سؤال پیش می‌آید که این تناقض را چگونه می‌توان حل کرد. گام سوم، مرحله‌ی اصلی تصمیم‌گیری و در واقع راه‌حلی برای رفع این تناقض است. بدین منظور لازم است که مقادیر هر ردیف (منطقه) در مقادیر متناظر عوامل (W_iها) ضرب شوند. نتایج به صورت زیر برای هر منطقه حاصل می‌گردد:

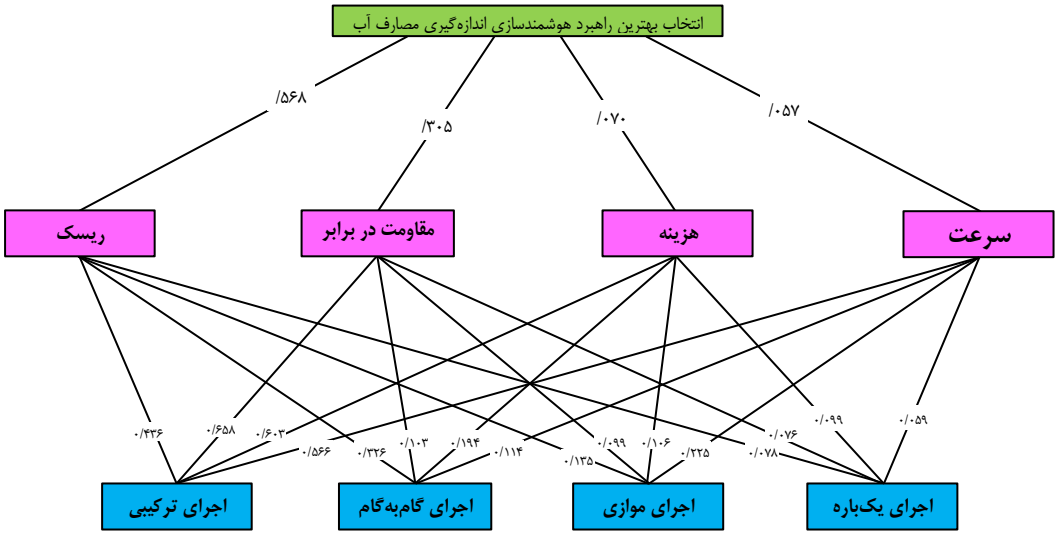
$$\begin{vmatrix} (۰/۰۵۹)(۰/۵۶۸) + (۰/۰۷۶)(۰/۳۰۵) + (۰/۰۹۹)(۰/۰۷۰) + (۰/۰۷۸)(۰/۰۵۷) \\ (۰/۲۲۵)(۰/۵۶۸) + (۰/۱۰۶)(۰/۳۰۵) + (۰/۰۹۹)(۰/۰۷۰) + (۰/۱۳۵)(۰/۰۵۷) \\ (۰/۱۱۴)(۰/۵۶۸) + (۰/۱۹۴)(۰/۳۰۵) + (۰/۱۰۳)(۰/۰۷۰) + (۰/۳۲۶)(۰/۰۵۷) \\ (۰/۵۶۶)(۰/۵۶۸) + (۰/۶۰۳)(۰/۳۰۵) + (۰/۶۵۸)(۰/۰۷۰) + (۰/۴۳۶)(۰/۰۵۷) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} ۰/۰۶۸ \\ ۰/۱۷۵ \\ ۰/۱۵۰ \\ ۰/۵۷۶ \end{vmatrix}$$

[1]- Consistency Rate
[2] - Normalization
[3] - Eigenvector
[4] - Eigenvalue

بردار حاصل نشان‌دهنده‌ی اولویت راهبردها است. نرخ ناسازگاری نیز برای ماتریس فوق کوچک‌تر از ۰/۱ می‌باشد. نتیجه اینکه، برای هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب می‌بایست راهبرد ترکیبی را به عنوان بهترین استراتژی برگزینند.

$$\text{راهبرد یکباره } A > \text{راهبرد گام‌به‌گام } C > \text{راهبرد موازی } B > \text{راهبردترکیبی } D$$

اوزان حاصله از مقایسات زوجی راهبرادهای چهارگانه و اوزان حاصل از روش بردار ویژه معیارهای مورد بررسی در نمودار زیر آمده است.



نمودار۴: مقادیر حاصله از مقایسات زوجی بر روی درخت تصمیم پژوهش

۵ـ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

چالش فراگیر آب در منطقه‌ی جنوب غرب آسیا حاکمیت‌های سیاسی موجود در آن را به اندیشه‌ی مدیریت مصارف این مایع حیات واداشته است. اکنون بیش از هر زمان دیگری خطر کم‌آبی و بعضاً بی‌آبی در برخی مناطق کشور ایران برجسته شده و آب از یک عنصر ضروری برای حیات بشر، به یک موضوع کاملاً راهبردی و حتی امنیتی بدل شده است. مدیریت مصرف آب شرب بیش از هر زمان دیگری در تاریخ مستلزم دقت و توجه سیاست‌گذاران و حاکمان کشورهاست، چرا که در عصر حاضر با رشد انفجاری جمعیت و تغییر اقلیم‌های بی‌سابقه و وقوع خشکسالی‌های ویرانگر حفظ و حراست از آب شرب به مرحله‌ی اضطرار رسیده است. در این راستا، هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب، با توجه به منافع بسیار زیاد آن، در دستور کار بسیاری از کشورهایی قرار گرفته است که با چالش کم‌آبی فاصله‌ی زیادی دارند. لذا می‌طلبد در کشور ما که با بحران کلان تنش آبی دست و پنجه نرم می‌کند، به سوی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب حرکت شود. مطالعه‌ی پیش‌رو با هدف شناسایی استراتژی‌های هوشمندسازی مصارف آب شرب و تصمیم‌گیری در خصوص بهترین راهبرد در این زمینه اجرا شد. تحلیل راهبردی این مهم منجر به شناسایی نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدهای متعدی شد که با اخذ نظرات خبرگان مشخص شد که در وضعیت بررسی عوامل داخلی و خارجی در استان همدان، مدیریت مصارف آب شرب در موقعیت محافظه‌کارانه قرار دارد جایی که نقاط ضعف و تهدیدهای بسیاری وجود دارد. این یافته در تضاد با نتایج مطالعه‌ی ویبیسونو و بدرالزمان (۲۰۱۸) می‌باشد. آنها در مطالعه‌ی خود بهترین استراتژی در اجرای برنامه‌ی هوشمندسازی مصارف آب شرب را راهبرد توسعه‌گرایانه معرفی می‌کنند. نتایج تحلیل استراتژیک *SWOT* منجر به شناسایی چهار راهبرد اجرای یک‌باره، موازی، گام‌به‌گام و ترکیبی در جهت پیشبرد برنامه‌ی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب در استان همدان شد. نتایج فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به توجه به چهار معیار سرعت، هزینه، میزان مقاومت در

برابر تغییر و ریسک منجر به شناخت راهبرد ترکیبی (ترکیبی از راهبردهای یک‌باره، موازی و گام‌به‌گام) به عنوان بهترین استراتژی اجرای برنامه‌ی مورد اشاره شد. بر این اساس پیشنهادات زیر برای شرکت آبفای استان همدان به منظور اجرای برنامه‌ی هوشمندسازی اندازه‌گیری مصارف آب شرب مطرح می‌شود:

- پیشنهاد می‌شود ابتدا یکی از شهرستان‌های استان همدان با تعداد اشتراک‌های پائین به عنوان پایلوت انتخاب و برنامه به صورت آزمایشی در وسعت شهرستان اجرا و سپس نقاط قوت و ضعف اجرای پروژه مجدداً مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته و نواقص احتمالی در فرآیند اجرا شناسایی و مرتفع گردند.
- پیشنهاد می‌شود در اجرای برنامه‌ی مورد مطالعه، با تقسیم مناطق شهری به چندین ناحیه، فرآیند اجرا به صورت گام به گام و ضمن اخذ بازخورد کافی پیشبرده شده تا زمان و شرایط فنی برای تطبیق نرم‌افزار امور مشترکین و داده‌های ارسالی از کنتورهای هوشمند به قدر کفایت وجود داشته باشد.
- پیشنهاد می‌شود در برخی از شهرهای استان همدان که وسعت و تعداد اشتراک‌ها بسیار اندک و پائین می‌باشد، به جهت صرفه‌جویی‌های حاصل از زمان و هزینه‌ی پائین، از راهبرد اجرای یکباره استفاده شود.
- پیشنهاد می‌شود ساختار اداره امور مشترکین استان تحت آموزش‌های فنی و نرم‌افزاری برای مدیریت و اداره‌ی داده‌های انبوه ارسالی از کنتورهای هوشمند قرار گرفته و به صورت مرتب بازخوردهای این آموزش در واحد آموزش ستاد استان همدان بررسی و پایش گردد.
- پیشنهاد می‌شود از کنتورهای هوشمند تحت وب مبتنی بر اینترنت بی‌سیم جهت تبادل داده بین دستگاه اندازه‌گیر و سرور استفاده شود. این نوع از فناوری ضمن کاهش هزینه‌های برقراری ارتباط، هزینه‌های کمتر و میزان قطعی کمتری خواهد داشت.
- بهره‌گیری از فناوری تصویربرداری از صفحه‌ی کنتور و ارسال و دریافت تصویر صفحه‌ی کنتور نیز می‌تواند بازه‌ی زمانی تشخیص نقص عملکرد کنتور [خرابی کنتور] تا زمان تعویض آن را به شدت کاهش می‌دهد.

علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته در اجرای این مطالعه، لازم است اشاره شود که پیشبرد آن با چالش‌ها و محدودیت‌هایی همچون ناآشنایی خبرگان با فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، عدم تمایل بخش بزرگی از خبرگان صاحب‌نظر در حوزه‌ی موضوع مورد بحث در مطالعه و ظرف زمانی و مکانی محدود اجرای تحقیق؛ مواجه بود. لذا امید است با اجرای مطالعات در آینده محدودیت‌های اشاره شده کنار زده شده و بررسی‌هایی در گستره و وسعت بالاتر و فراروانی مشارکت خبرگان بیشتر اجرا شده تا ضعف قابلیت تعمیم‌پذیری نتایج مطالعه‌ی در دست، مرتفع گردد. لذا پیشنهاد می‌شود در بستر مطالعاتی مشابه پیشران‌های به‌کارگیری کنتورهای هوشمند در کنترل مصارف آب شرب در قالب مطالعات عمیق و مبسوط مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

A’arabi, S.M., (2014). A Handbook of Strategic Planning. Cultural Researches Office, Tehran. Iran. [In Persian]

Amankwaa, G., Heeks, R., Browne, A.L., (2023). Smartening up: User experience with smart water metering infrastructure in an African city. Utilities Policy. 80 (2023) 101478. https://doi.org/10.1016/j.jup.2022.101478

Asgharpour, M.J. (1388). Multi-criteria decision making, Tehran. The seventh edition. Tehran University Publications. [In Persian]

Azar, A., Rajabzadeh, A. (2009). Applied decision making (M.A.D.M approach). Tehran. Third edition. Neghahe Danesh Publications. [In Persian]

Bayraktar, M., Yüksel, O., (2023). Analysis of the nuclear energy systems as an alternative propulsion system option on commercial marine vessels by utilizing the SWOT-AHP method. Nuclear Engineering and Design. 407 (2023), 112265. https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2023.112265

Carratù, M., Dello Iacono, S., Di Leo, G., Gallo, V., Liguori, C., Pietrosanto, A., (2023). Smart Water Meter Based on Deep Neural Network and Undersampling for PWNC Detection. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 72, 1-11. https://doi.org/10.1109/TIM.2023.3242018

Da Ribeira, M.R., (2023). SWRS :: Smart Water Reuse System. Unpublished Master Thesis in Electrical and Computer Engineering. Faculty of Engineering. University of Porto. Porto. Portugal.

Damavandi, A., Saadi, H., Naderi Mahdi-e, K., & Malekian, A. (2023). Evaluation of Agricultural Water Poverty Index in Hamadan Province and Identification of Critical Components. Journal of Water and Sustainable Development, 10(1), 45-56. http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v10i1.2207-1165

David, F.R., (2009). Strategic Management: Concepts and Cases. Translated in to Persian By Ali Parsaian and Seyem Mohammad A’arabi. Cultural Researches Office, Tehran. Iran. [In Persian]

Einlo, F., Ekhtesasi, M.R., Ghorbani, M., Abdinejad, P., (2023). Determine the most appropriate strategy for groundwater management in arid and semi-arid regions, Abhar Plain, Iran. Journal of Groundwater Science and Engineering. 11(2): 97-115. https://doi.org/10.26599/JGSE.2023.9280010

Farrokhnia, M.R., Banihashem, S.K., Noroozi, O., Wals A., (2023). A SWOT analysis of ChatGPT: Implications for educational practice and research. Innovations in Education and Teaching International. https://doi.org/10.1080/14703297.2023.2195846

Faye DiCarlo, M., Zechman Berglund, E., (2022). Using advanced metering infrastructure data to evaluate consumer compliance with water advisories during a water service interruption. Water Research. 221(2022), 118802. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118802

García-Martín, J.P., Torralba, A., Hidalgo-Fort, E., Daza, D., Gonza´lez-Carvajal, R., (2023). IoT solution for smart water distribution networks based on a low-power wireless network, combined at the device-level: A case study. Internet of Things. 22, 100746. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100746

Hayati, M., Mahdevari, S., Barani, K., (2023). An improved MADM-based SWOT analysis for strategic planning in dimension stones industry. Resources Policy. 80 (2023), 103287. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103287

Jiagui, L., Wanli, W., Lam, J.F.I., Ke, L., (2023). SWOT analysis and public policy of Macao’s digital trade in services. Cogent Social Sciences. 9:1, 2176363. https://doi.org/10.1080/23311886.2023.2176363

Joseph, K., Sharma, A.K., van Staden, R. (2022). Development of an Intelligent UrbanWater Network System. Water 14, 1320. https://doi.org/10.3390/w14091320

Joshi, V.K., Joshi, S., Joshi, A., (2021). SWOT Analysis of Uttarakhand Power Corporation, Uttarakhand. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. 8(7), 687-697. http://www.jetir.org/papers/JETIR2107814.pdf

Kafle, A., Binfield, L., Paudel, S.K., (2023). The commercialization of timber bamboo in Nepal: A SWOT-AHP analysis. Advances in Bamboo Science. 4(2023), 100036. https://doi.org/10.1016/j.bamboo.2023.100036

Madias K., Borusiak, B., Szymkowiak, A., (2023a). Innovative technology for sustainable behavior – investigating predictors of consumer intention to use smart water meters, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. 173. 469-485. http://dx.doi.org/10.29119/1641-3466.2023.173.31

Madias K., Szymkowiak, A., Borusiak, B., (2023b). What builds consumer intention to use smart water meters – EXtended TAM-based explanation. Water Resources and Economics. 44(2023), 100233. https://doi.org/10.1016/j.wre.2023.100233

Majid, A., Islam, MD.A., Rabia, B., Ghosh, D., Ahmed, A. (2023). Smart Water Metering and Quality Monitoring. An Undergraduate CAPSTONE Project. American International University – Bangladesh. http://dspace.aiub.edu:8080/jspui/handle/123456789/871

Newing, A., Hibbert, O., Van-Alwon, J., Ellaway, S., Smith, A., (2023). Smart water metering as a non-invasive tool to infer dwelling type and occupancy – Implications for the collection of neighbourhood-level housing and tourism statistics. Computers, Environment and Urban Systems 105 (2023) 102028. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.102028

Okoli, N.J., Kabaso, B., (2023). Smart Water Metering System (SWMS) Adoption: A Systematic Literature Review. International Conference on Artificial Intelligence and its Applications. Ionian University, Corfu, Greece. https://doi.org/10.59200/ICARTI.2023.025

Samadi, A. (2010). Systems analysis and design, Hamadan: Bo Ali Sina University Press. [In Persian]

Shohag, R.H., Hossen, Md.E., Islam, S., Hossainkhan, S., (2023). Smart House Utility Meter Using IoT. Faculty of Engineering. American International University. Bangladesh. http://dspace.aiub.edu:8080/jspui/handle/123456789/868

Soares Ascenção, É., Melo Marinangelo, F., Meschini Almeida, C.F., Kagan, N., Dias, E.M., (2023). Applications of Smart Water Management Systems: A Literature Review. Water. 15, 3492. https://doi.org/10.3390/w15193492

Tateishi, E., Yi, Y., Kai, N., Kumagae, T., Yamaguchi, T., Kanaya, H. (2023). Study on Improvement of Radio Propagation Characteristics of Cast Iron Boxes for Water Smart Meters. Sensors. 23, 9716. https://doi.org/10.3390/s23249716

Tayefi Nasrabadi, M., Morassafar, S., Pourzakarya, M., Dunning, R., (2023). Investigating the impacts of green spaces planning on social sustainability improvement in Tehran, Iran: a SWOT-AHP analysis. Local Environment. https://doi.org/10.1080/13549839.2023.2169914

Urdabayev, M.T., & Utkelbay, R.E. (2021) SWOT analysis of smart city projects in capital cities of Russia and Kazakhstan. R-economy, 7(4), 235–243. https://doi.org/10.15826/recon.2021.7.4.021

Vijayan, R., Leong, K.S., (2022). Feasibility Study on Electromagnetic Energy Harvesting from Water Flow. Proceedings of 4th International Conference on Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (ICTEC'22). Melaka, Malaysia. https://ictec.utem.edu.my/images/Buku_Program_ICTEC_2022_reduced.pdf

Wibisono, G., Badruzzaman, N., (2018). Strategy of smart meter infrastructure implementation using LPWAN technology, pilot project PLN Bali Case Study. MATEC Web of Conferences 218,. https://doi.org/10.1051/matecconf/201821803013