



Extraction, Analysis and Statistical Comparison of Short-Term Hourly-Daily Water Consumption Patterns on Various National and Religious Occasions Throughout the Year; Case Study: Tehran City

Shirzad Iranmehr¹, Ali Moosavi^{2*}, Siamak Kazemzadeh Hanani³

1. PhD. Student, Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

2. Prof., Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran

(Corresponding Author) moosavi@sahrif.edu

3. Prof., Faculty of Mechanical Engineering, Sharif University of Technology, Tehran, Iran



<https://doi.org/10.22093/wwj.2025.504400.3468>

Case Study

Abstract

Extracting and analyzing the water demand pattern of customers in water distribution networks can play an important role in appropriate planning for providing water demand. However, the water consumption pattern depends on various factors, and to understand the pattern more accurately, it is necessary to analyze these factors. One of the factors affecting water consumption is sociocultural issues, which can affect the volume and pattern of water consumption. In the current study, the effect of various national and religious occasions, as part of the sociocultural issues, on the water consumption pattern is evaluated. In this regard, the holidays of Nowruz, Sizdah Beh Dar, Yalda Night, Muharram decade, religious festivals of Qurban, Ghadir and Fitr are evaluated. The effects of seasonal changes, the month of Ramadan and holidays are also examined. To implement this, a dataset of water consumption records in a study area in Tehran over a period of 9 years has been created. Then, based on these data, consumption records on the occasions under study have been extracted. Next, the water consumption pattern is evaluated and analyzed by statistical analysis of the data. The results of the present study confirm the dependency of water consumption on the type of occasion and cultural behavior of people, in terms of volume and consumption pattern throughout the day. The results of the conducted analyses show that water consumption in the month of Tir, as the most consumed month of the year, is 33% higher than in the month of Farvardin and 30% higher than in the month of Dey. Also, the end of Esfand has a local peak and reaches its lowest amount during the days of Nowruz. In addition, water consumption on occasions such as Yalda Night or the first day of the year has specific behaviors at certain times of the day, which confirms the need to pay attention to these cases. The results of this study show that the water consumption pattern depends on the occasions and their timing and has specific behaviors throughout the day and at certain times of the day. Understanding this dependency helps in the optimal management of water supply and also increases the accuracy of models developed to predict water demand.

Keywords:

Water Consumption Pattern, Water Distribution Network, Water Demand Forecasting, National and Religious Occasions, Tehran City.



Received: Sep. 18, 2024

Revised: Nov. 10, 2024

Accepted: Dec. 15, 2024

To cite this article:

Iranmehr, Sh., Moosavi, A., Kazemzadeh Hanani, S., 2025. Extraction, analysis and statistical comparison of short-term hourly-daily water consumption patterns on various national and religious occasions throughout the year; case study: Tehran city. *Water and Wastewater*, 35(5), 59-73. <https://doi.org/10.22093/wwj.2025.504400.3468>.

Use your device to scan and read the article online



© The Author(s).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. Introduction

Water consumption is a function of various parameters including weather, calendar, popular culture, city location, type and number of covered consumers, network size, amount of water loss from the network, demographic changes, etc. (Qalami et al., 2011; Falahi et al., 2012; Asgharneghad and Davari, 2015; Mousavi and Kavooosi Kalashami, 2016). Water consumption also has a significant dependence on the psychological parameters of consumers and personal habits (Shahangian et al., 2020).

Various studies have been presented to analyze and predict water consumption using different methods. The main methods used include data mining, machine learning, deep learning (Fu et al., 2022; Sahoo et al., 2023), time series analysis, neural networks (Ghiassi et al., 2008), fuzzy (Zhang et al., 2023) and neuro-fuzzy models, as well as methods based on statistical classifications of information (Zare-Darniani et al., 2012; Mollaramezani and Tabesh, 2013; Ghalekhondabi et al., 2017; Vijai and Bagavathi Sivakumar, 2018).

In the current study, the daily water consumption volume and pattern of Tehran are analyzed on different occasions and the necessary analysis for different occasions is presented. To implement this, the flowmeter data recorded every 15 minutes over 9 years at the entrance to the study area has been compiled into a dataset. Then, the data rows related to each occasion in different years are extracted and analyzed using statistical methods. Based on the analyses performed, the volume and pattern of water consumption are extracted and evaluated.

2. Methodology

To examine the volume and pattern of water consumption on the occasions given in Table 1, and based on the parameters introduced in Table 2, the available data in the created dataset were used. First, the average consumption behavior for the target days was prepared based on previous data, and the data for the desired occasion were compared with the expected average behavior for that day. By comparing the resulting graphs, the differences in the volume and pattern of water consumption were obtained. Finally, based on the analyses of the volume and pattern of water consumption, appropriate conclusions were presented for each occasion.

3. Results and discussion

The dimensionless average monthly water consumption of the study for consumption data between 2015 and 2023, with respect to the month with the lowest water consumption

Table 1. Occasions studied in the present study

Occasion	Date
Nowruz Eid	29 Esfand to 4 Farvardin
Thirteenth of Farvardin	13 Farvardin
Tasu'a and Ashura (Muharram decade)	1 to 10 Muharram
Eid Qurban	10 Dhul-Hajjah
Eid Ghadir	18 Dhul-Hajjah
Eid Fitr	1 and 2 Shawwal
Yalda Night	30 Azar and 1 Dey

Table 2. Defined criteria for analyzing water consumption on the days under review

Parameter	Description
Daily consumption volume	Consumption volume and time distribution
Minimum night flow	Consumption volume Time of occurrence and flow amount
Peak daily consumption	Time of occurrence and flow amount
Slope of consumption changes	Time of occurrence and flow amount

(Farvardin), is shown in Fig. 1, where the months of Tir and Mordad (July and August) have the highest water consumption. In these two months, water consumption grew by 33% and 31%, respectively, compared to Farvardin. On the other hand, the lowest water consumption was observed in the months of Favardin and Dey.

The dimensionless average and peak of daily water consumption analysis indicate that during the holidays of the first 4 days of Nowruz and also in the days before the second half of the holidays on Farvardin 12 and 13, water consumption was significantly lower than the other days of Farvardin.

Meanwhile, the water consumption pattern on the first day of Farvardin depends on the start time of the new year. According to the calendar pattern, the moment of the year's delivery is periodically in the early hours after midnight, the early morning hours, noon and evening hours, respectively. As shown in Fig. 2, water consumption exhibits a different pattern depending on the moment of the new year beginning.

Another impact of the Nowruz holiday is related to shifting the MNF time towards the hours later than the working days. The daily consumption profile also varies in the special days of new year holidays.

The analysis also indicates that the consumption profile during special events like Yalda Night, which is the last night of autumn when people gather together to celebrate the winter solstice in the Persian culture, changes in the events' hours.



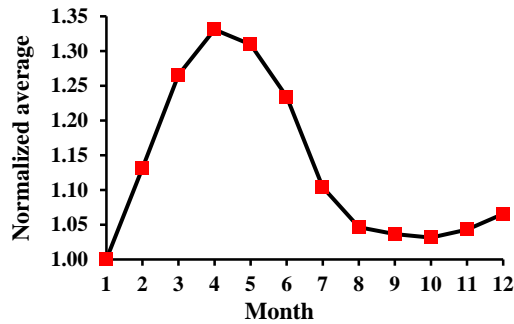


Fig. 1. Dimensionless average (relative to the month with the lowest consumption) of monthly water consumption in the case study (part of Tehran city: 2015 to 2023)

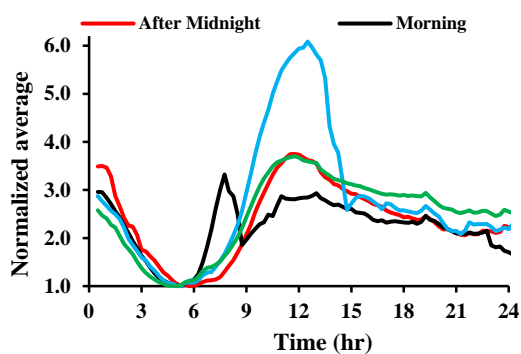


Fig. 2. Dimensionless pattern of water consumption on the day of the year according to the time of the year in different parts of the day

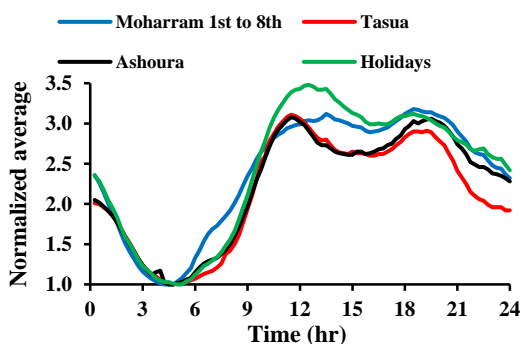


Fig. 3. Water consumption patterns during Eid al-Fitr compared to Ramadan, weekdays and holidays

The data evaluations also show that the consumption pattern varies considerably during special events like Tasu'a and Ashura in Moharram and the Eid al-Adha and Ghadir holidays, in comparison with the normal working days.

The patterns of water consumption for the days of the month of Ramadan, and the working days of other months and holidays are shown in Fig. 3. By comparing the pattern and amount of water consumption during Ramadan compared to Eid al-Fitr and other months' days, it can be seen that in Ramadan, during the hours of dawn and iftar, as well as in the late hours of the night, water consumption is higher than during Eid al-Fitr and normal working days out of the month of Ramadan. However, the amount of water consumption during the hours before noon to afternoon is lower in Ramadan than in all other graphs.

4. Conclusions

According to the studies conducted, it can be seen that most of occasions have nearly the same pattern as the holidays have. The effect of the number of holidays of occasions on the consumption pattern can also be seen. This means that occasions with a greater number of holidays have a higher impact on the consumption pattern. For example, Nowruz holidays and Eid al-Fitr holidays have a major impact on consumption. It is worth noting that in general, holidays reduce water consumption relative to working days.

Therefore, the impact of different occasions can be mainly divided into two groups in terms of how they affect consumption patterns: general shifts in the daily pattern and local effects at certain times of the day. Due to the shifting of religious occasions based on the Hijri calendar throughout the year, the water consumption pattern of these occasions is also affected by this shifting and the resulting seasonal changes.

The results of the present study can be used to present a comprehensive model of the consumers' water consumption pattern and predict the network behavior. Additionally, water companies can use the results of the present study to plan appropriately for specific days of the year and, while supplying water to consumers, optimize the performance of their systems.





استخراج، تحلیل و مقایسه آماری الگوی کوتاهمدت ساعتی - شبانه‌روزی مصرف آب در مناسبت‌های مختلف ملی و مذهبی در طول سال؛ مطالعه موردی: شهر تهران

شیرزاد ایرانمهر^۱، علی موسوی^{۲*}، سیامک کاظم‌زاده حنایی^۳

۱- دانشجوی دکترا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران

۲- استادا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران (نویسنده مسئول) moosavi@sahrif.edu

۳- استادا، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران



<https://doi.org/10.22093/wwj.2025.504400.3468>

مطالعه موردی

چکیده

واژه‌های کلیدی:
الگوی مصرف آب، شبکه توزیع آب، پیش‌بینی مصرف آب، مناسبت‌های ملی و مذهبی، شهر تهران



دریافت: ۱۴۰۳/۷/۲۸

اصلاح: ۱۴۰۳/۸/۲۰

پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۵

استخراج و تحلیل الگوی تقاضای آب مشترکین در شبکه‌های توزیع آب می‌تواند در برنامه‌ریزی مناسب برای تأمین تقاضای آب، نقش مهمی ایفا کند. با این وجود، الگوی مصرف آب به عوامل مختلفی وابسته است و برای شناخت دقیق‌تر الگو، بررسی این عوامل ضروری است. یکی از عوامل مؤثر بر مصرف آب، مسائل فرهنگی-اجتماعی است که می‌تواند بر روی حجم و الگوی مصرف آب تأثیرگذار باشد. در این پژوهش، به بررسی تأثیر مناسبت‌های مختلف ملی و مذهبی به‌عنوان بخشی از مسائل فرهنگی و اجتماعی، بر روی الگوی مصرف آب پرداخته شد. در این راستا، تعطیلات نوروز، سیزده به‌در، شب یلدا، دهه محرم، اعیاد مذهبی قربان، غدیر و فطر ارزیابی شدند. همچنین تأثیر تغییرات فصلی، ماه رمضان و تعطیلات نیز بررسی شدند. برای پیاده‌سازی این امر، مجموعه داده‌ای از سوابق مصرف آب در یک محدوده مطالعاتی در شهر تهران در یک بازه زمانی ۹ ساله ایجاد شد. سپس بر اساس این داده‌ها، به استخراج سوابق مصرف در مناسبت‌های بررسی شده، پرداخته شد. در ادامه با تحلیل آماری داده‌ها، الگوی مصرف آب ارزیابی و تحلیل شد. نتایج این پژوهش وابستگی مصرف آب را به نوع مناسبت و رفتار فرهنگی مردم، از نظر حجم و الگوی مصرف در طول شبانه‌روز، تأیید کرد. نتایج تحلیل‌ها نشان داد که مصرف آب در ماه تیر به‌عنوان پرمصرف‌ترین ماه سال، ۳۳ درصد نسبت به ماه فروردین و ۳۰ درصد نسبت به ماه دی بیشتر است. همچنین انتهای ماه اسفند دارای بیشترین مقطعی بوده و در ایام نوروز به کمترین مقدار خود در طول سال می‌رسد. علاوه بر این، مصرف آب در مناسبت‌هایی مانند شب یلدا یا روز اول سال، رفتارهای خاصی در ساعاتی از شبانه‌روز دارند که ضرورت توجه به این موارد را مورد تأیید قرار می‌دهد. نتایج استخراج شده از این پژوهش نشان داد که الگوی مصرف آب وابسته به مناسبت‌ها و زمان‌بندی آن‌ها، رفتارهای مشخصی در شبانه‌روز و ساعاتی از شبانه‌روز دارد که شناخت این وابستگی به مدیریت بهینه تأمین آب و همچنین افزایش دقت مدل‌های توسعه داده شده برای پیش‌بینی تقاضای آب، کمک می‌کند.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام فرمایید:

ایرانمهر، ش.، موسوی، ع.، کاظم‌زاده حنایی، س.، ۱۴۰۳، استخراج، تحلیل و مقایسه آماری الگوی کوتاهمدت ساعتی-شبانه‌روزی مصرف آب در مناسبت‌های مختلف ملی و مذهبی در طول سال؛ مطالعه موردی: شهر تهران.

آب و فاضلاب، ۳۵(۵)، ۵۹-۷۳.

<https://doi.org/10.22093/wwj.2025.504400.3468>



© The Author(s).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



۱- مقدمه

آب و منابع آبی با رشد شهرنشینی، افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی، حساسیت بالایی برای حکومت‌ها و مردمان سرزمین‌های مختلف دارد. در این میان، منطقه خاورمیانه و کشور ایران به صورت عمده‌ای با موضوع تنش‌های آبی مواجه هستند؛ به‌گونه‌ای که در ۳۷ مورد تنش‌های بین کشورهای جهان بر سر آب، بیش از ۳۰ مورد آن در خاورمیانه به وقوع پیوسته است. (Ghasemlou et al., 2023) بنابراین پرداختن به موضوع آب و تضمین امنیت پایدار لازم برای تأمین آب مصرفی موردنیاز بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی و خانگی از ضروریات مردمان این مناطق است (Talebian et al., 2019).

مصرف مشترکین خانگی به‌عنوان یکی از بخش‌های آب‌بر اصلی زیرمجموعه شرکت‌های آب، نیازمند توجه ویژه است (Shahangian et al., 2020). مدیریت مصرف مشترکین در قالب کاهش سرانه مصرف و حذف مصارف غیرضروری در شرایط اضطرار تنش آبی، از جمله اقدامات ضروری انجام شده توسط شرکت‌های آب برای گذر از شرایط بحرانی آبی است (Porsalehi et al., 2014). در این میان، داشتن اطلاعات به نسبت دقیق از حجم و الگوی مصرف آب موردنیاز برای مشترکین مختلف، می‌تواند دیدی روشن به متولیان امر تأمین و توزیع آب در برنامه‌ریزی‌های آبی خود دهد.

با این وجود، مصرف آب تابعی از پارامترهای مختلفی شامل آب‌وهوا، تقویم، فرهنگ مردمی، موقعیت شهر، نوع و تعداد مشترکین تحت پوشش، اندازه شبکه، میزان هدررفت از شبکه و تغییرات جمعیتی است (Mousavi and Kavooosi Kalashami, 2016, Falahi et al., 2012, Asgharnehghad and Davari, 2011, Qalami et al., 2015). همچنین مصرف آب وابستگی قابل توجهی به فرهنگ مردمی و بررسی‌های روان‌شناختی نیز دارد (Shahangian et al., 2020).

مدیریت و کنترل همه عوامل مؤثر بر مصرف آب، کاری بسیار دشوار است. به‌خصوص که بسیاری از عوامل مؤثر بر مصرف آب، ماهیتی تصادفی دارند و عملاً کنترل‌پذیر نیستند. ولی بررسی داده‌های بلندمدت محدوده جامعه آماری مناسبی از شبکه، می‌تواند الگوی رفتاری کوتاهمدت و بلندمدت مناسبی از شبکه ارائه دهد. برای دقیق کردن اطلاعات، نیاز است که تأثیر عوامل مختلف

به‌صورت کمی و کیفی ارزیابی شود. این امر، مدیریت بهینه حجم و الگوی مصرف موردنیاز شبکه آب تحت پوشش را میسر می‌سازد. همچنین با توجه به ضرورت آمادگی شبکه‌های آب برای مواجهه با مقدار متفاوت تقاضای مصرف آب، داشتن دانش کافی در مورد حجم و الگوی مصرف آب موردنیاز در روزهای خاص، باعث بهبود کیفیت خدمات‌رسانی و بهینه کردن عملکرد شبکه در روزهای خاص می‌شود. علاوه بر این، مدل‌های رایجی که برای پیش‌بینی مصرف آب طراحی و پیاده‌سازی می‌شوند، نیاز دارند که به جزئیات روزهای خاص تقویمی و کمیّت و کیفیت تأثیرگذاری آنها روی الگوی مصرف آب، وارد شوند. با توسعه مدل‌های مبتنی بر پیش‌بینی مصرف برای تشخیص اختلالات هیدرولیکی در شبکه، اشراف اطلاعاتی بر رفتار الگوی مصرف در روزهای خاص از سال، باعث پیشگیری از تشخیص اشتباه تعبیر تغییر الگوی مصرف به‌جای اختلال می‌شود.

پژوهش‌های مختلفی برای تحلیل و پیش‌بینی مصرف آب با روش‌های متفاوتی ارائه شده است. عمده روش‌های به کار برده شده شامل روش‌های داده‌کاوی، یادگیری ماشین، یادگیری عمیق (Fu et al., 2023, Sahoo et al., 2022, al., 2022). استفاده از سری‌های زمانی، شبکه‌های عصبی (Ghiassi et al., 2008)، فازی (Zhang et al., 2023) و نوروفازی و همچنین روش‌های مبتنی بر دسته‌بندی‌های آماری اطلاعات است (Mollaramezani and Tabesh, 2013, Zare-Darniani et al., 2012, Ghalekhondabi et al., 2017, Vijai and Bagavathi Sivakumar, 2018).

روش‌های مبتنی بر تحلیل داده به‌عنوان یک انقلاب در تحلیل کلان داده‌ها در طول یک دهه اخیر به‌صورت ویژه مورد توجه حوزه‌های مختلف صنعتی قرار گرفته است. تحلیل داده‌های موجود، کلید پیش‌بینی رفتار سیستم مورد بررسی است. با افزایش حجم داده‌های موجود و همچنین کیفیت داده‌ها، می‌توان امیدوار بود که کم‌کم، دقت پیش‌بینی مدل‌های ارائه شده بهبود پیدا کند (Talebian et al., 2019).

با این وجود، بنا به یکسان نبودن شرایط شبکه توزیع آب از شبکه‌ای به شبکه دیگر، تحلیل مصرف آب و پیش‌بینی آن، امری وابسته به شبکه مورد بررسی است. به‌عبارت‌دیگر، نسخه‌ای که برای یک شبکه مشخص تجویز می‌شود، لزوماً قابل تطبیق با شبکه‌های دیگر نیست. این امر ضرورت بررسی هر شبکه متناسب با موقعیت،



اندازه و فرهنگ خاص مصرف آب خود را ایجاب می‌کند. طالبیان و همکاران در پژوهش خود با استفاده از روش‌های داده‌کاوی مبتنی بر سری زمانی، شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان، به تحلیل و پیش‌بینی مصرف آب مشترکین شرکت آب و فاضلاب روستایی استان گیلان پرداختند. آنها گزارش کردند که روش ترکیب موارد یاد شده، در فاز پیش‌بینی مصرف مشترکین پاسخ بهتری ارائه می‌دهد. قابل ذکر است که در این پژوهش از داده‌های مصرف مشترکین در بازه‌های زمانی ۴۵ روزه استفاده شده است (Talebian et al., 2019).

همچنین علیخانی و معینی طی پژوهشی با استفاده از هوش مصنوعی و الگوریتم ژنتیک، به بررسی داده‌های هواشناسی و تولید آب در شهر نجف‌آباد پرداختند. تحلیل و داده‌های استفاده شده آن‌ها به صورت روزانه بوده است. با استفاده از روش یاد شده، آن‌ها توانستند با دقت قابل‌قبولی میزان آب تولیدی روزانه شهر نجف‌آباد را پیش‌بینی کنند (Alikhani and Moeini, 2023).

ظریف‌زاده و کاوه یزدی به ارائه مدلی برای پیش‌بینی مصرف ماهانه مشترکین شهر یزد بر اساس داده‌های قبلی مصارف مشترکین، مشخصات آن‌ها، فشار شبکه، داده‌های آب‌وهوایی و داده‌های تقویمی پرداختند. آن‌ها پژوهش خود را برای پیش‌بینی مصارف مشترکین با خطای کمتر از ۱۰ درصد و همچنین دسته‌بندی مشترکین بر اساس الگوی مصرف به کار بردند (Zarifzadeh and Kaveh-Yazdy, 2022).

آقابگی و همکاران با بهره‌گیری از الگوی میانگین متحرک هم‌انباشته خود رگرسیون یکپارچه فصلی^۱، الگوسازی و پیش‌بینی مقدار مصرف آب شهر تهران را بررسی کردند. آن‌ها از داده‌های یک سری زمانی ماهانه برای پژوهش خود استفاده کردند. آن‌ها از مدل ارائه شده خود برای پیش‌بینی بلندمدت ۱۲ ماهه مصرف آب شهر تهران استفاده کردند (Aghabeigi et al., 2013).

رضاعلی و همکاران نیز با استفاده از مدل میانگین متحرک خود هم‌بسته یکپارچه و شبکه‌های عصبی مبتنی بر سری زمانی، به پیش‌بینی مصرف آب در مورد مطالعاتی شهرک مهدیه قم پرداختند. داده‌های مورد استفاده آن‌ها، رکوردهای دبی ثبت شده در شهر قم در هر ۱۵ دقیقه بوده است. نتایج آنها حاکی از برتری مدل شبکه‌های عصبی سری زمانی بر مدل میانگین متحرک است (Rezaali et al., 2018).

پژوهش مشابهی نیز توسط موسوی و کاوسی کلاشمی برای پیش‌بینی مصرف آب شهر رشت انجام شده است (Mousavi and Kavooosi Kalashami, 2016). همچنین یزدانی و همکاران به بررسی مصرف آب شرب و کشاورزی تأمین شده از سد امیرکبیر در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ پرداختند. آن‌ها با استفاده از

تابش و همکاران مدلی برای پیش‌بینی مصرف آب کوتاه‌مدت در شهر تهران ارائه دادند. آن‌ها با تقسیم الگوی مصرف آب به سه بخش روندی، فصلی و تصادفی، از روش‌های رگرسیون، اتورگرسیون و میانگین متحرک فصلی برای پیش‌بینی مصرف آب ساعتی استفاده کردند. داده‌های استفاده شده در این پژوهش، داده‌های مصرف روزانه آب تهران بین سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۹ بوده است (Tabesh et al., 2008). همچنین تابش و همکاران به ارائه مدلی آماری برای پیش‌بینی مصرف آب بلندمدت شهر نیشابور پرداختند. داده‌های استفاده شده آن‌ها، مصارف بین سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۷ شهر نیشابور بوده است. آن‌ها در پژوهش خود، به بررسی عوامل مختلف اقتصادی و فرهنگی مؤثر بر مصرف آب مشترکین پرداختند (Tabesh et al., 2015). در پژوهش دیگری تابش و همکاران به استفاده از مدل احتمالاتی بی‌زین در پیش‌بینی بلندمدت مصرف آب در شهر نیشابور روی آوردند (Tabesh et al., 2022).

تحلیل و پیش‌بینی مصرف آب می‌تواند در قالب بلندمدت با داده‌های ماهانه و سالانه یا بر مبنای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت ساعتی برای یافتن الگوی روزانه مصرف آب، انجام شود. برای

پژوهش مشابهی نیز توسط موسوی و کاوسی کلاشمی برای پیش‌بینی مصرف آب شهر رشت انجام شده است (Mousavi and Kavooosi Kalashami, 2016). همچنین یزدانی و همکاران به بررسی مصرف آب شرب و کشاورزی تأمین شده از سد امیرکبیر در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ پرداختند. آن‌ها با استفاده از

پژوهش مشابهی نیز توسط موسوی و کاوسی کلاشمی برای پیش‌بینی مصرف آب شهر رشت انجام شده است (Mousavi and Kavooosi Kalashami, 2016). همچنین یزدانی و همکاران به بررسی مصرف آب شرب و کشاورزی تأمین شده از سد امیرکبیر در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۸ پرداختند. آن‌ها با استفاده از

¹ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA)



۳- روش پژوهش

در این پژوهش، در مرحله اول پایگاه داده مناسب از داده‌های ثبت شده توسط فلومتر ایجاد شد. سپس با استفاده از پایگاه داده ایجاد شده، روزهای با شرایط مشابه در قالب دسته‌هایی از اطلاعات استخراج شدند. با بررسی آماری روزهای دسته‌بندی شده، حجم و الگوی مصرف در دسته روزهای جدا شده، تعیین و تحلیل شد.

برای تشکیل پایگاه داده مناسب، ابتدا فرمت داده‌های ثبت شده فلومتر از حالت متن به عدد تغییر داده شد. سپس پیش‌پردازش داده‌ها در قالب مرتب کردن سری زمانی، تشخیص و جایگزینی داده‌های ناموجود، تعیین و جایگزینی داده‌های پرت و ارزیابی نهایی داده‌ها انجام شد. در ادامه، داده‌های تقویمی (استخراجی از تقویم رسمی کشور ایران) و هواشناسی (گرفته شده از سازمان هواشناسی ایران) به پایگاه داده افزوده شد تا مجموعه‌ای از داده‌های مرتب بر اساس گام زمانی ۱۵ دقیقه‌ای و با داشتن اطلاعات کامل دبی فلومتر، هواشناسی و تقویم حاصل شود. در ادامه، با استفاده از پایگاه داده تشکیل داده شده، تغییرات دبی و الگوی مصرف مشترکین برای بازه‌های زمانی مختلف ارزیابی شد.

می‌توان پارامترهای اصلی مؤثر بر مصرف را آب‌وهوا، زمان (روز از سال، روز از هفته و ساعت از شبانه‌روز)، تقویم و تاریخ، وضعیت شبکه (تغییرات در تعداد مشترکین، اصلاح و بازسازی شبکه و عملیات بهره‌برداری) و وضعیت اجتماعی- فرهنگی- محدوده مورد مطالعه، ارزیابی کرد. وضعیت اجتماعی- فرهنگی و سبک زندگی یکی از عواملی است که به فراخور مناسبت‌ها و فرهنگ عامه مردم، می‌تواند روی مصرف آب اثرگذار باشد.

در این پژوهش به بررسی تغییرات قابل توجه و محسوس در حجم و الگوی مصرف آب در مناسبت‌های مختلف ملی و مذهبی به‌عنوان یکی از عوامل پارامترهای اجتماعی- فرهنگی پرداخته شد. نتایج حاصل از این پژوهش، می‌تواند در ارائه یک مدل جامع از الگوی مصرف آب مشترکین و پیش‌بینی رفتار شبکه استفاده شود. همچنین شرکت‌های آب و فاضلاب نیز می‌توانند با استفاده از نتایج پژوهش، برنامه‌ریزی مناسبی برای روزهای خاص سال داشته باشند و ضمن آبرسانی به مشترکین، عملکرد سیستم خود را نیز بهینه کنند. به همین منظور، روزهای مشخص شده در جدول ۱ بررسی و ارزیابی شده‌اند.

رسیدن به پیش‌بینی مناسب ساعتی، داشتن داده‌های کافی از مصارف ساعتی محدوده مورد بررسی الزامی است. همچنین بررسی تأثیر پدیده‌های کوتاه‌مدت مقطعی و روزانه و تأثیر آن‌ها روی مصرف آب، می‌تواند مدل‌های ارائه شده برای مصرف آب را بهبود دهد.

آن‌چنان‌که از مرور ادبیات موضوع مشخص می‌شود، پیش‌ازاین تحلیل و بررسی داده‌های کوتاه‌مدت فلومترها و الگوی مصرف شبانه‌روزی مورد توجه قرار نگرفته است. همچنین تأثیر مناسبت‌های مختلف ملی و مذهبی، متناسب با فرهنگ مردم و تأثیرات متفاوتی که می‌توانند روی مصرف آب از خود به‌جای بگذارند، ارزیابی کمی شده است.

در این پژوهش، حجم و الگوی مصرف آب در مناسبت‌های مختلف استخراج شد و بر اساس آنها، تحلیل لازم برای مناسبت‌های مختلف ارائه شد. برای پیاده‌سازی این امر، داده‌های ثبت شده فلومتر در طول ۹ سال در ورودی به یک محدوده مطالعاتی، در قالب یک مجموعه داده^۱ جمع‌شد. سپس ردیف داده‌های مربوط به هر مناسبت در سال‌های مختلف استخراج و با استفاده از روش‌های آماری تحلیل شد. بر اساس تحلیل‌های انجام شده، حجم و الگوی مصرف آب استخراج و ارزیابی شد.

۲- مورد مطالعاتی

در این پژوهش به بررسی مصرف آب روزانه شهر تهران و الگوی مصرف آب در مناسبت‌های خاص سال پرداخته شد. برای این امر، داده‌های فلومتر خروجی مخزن (ورودی به محدوده تحت پوشش مخزن) مورد نظر که به‌صورت هر ۱۵ دقیقه یک رکورد بود، تجزیه و تحلیل شدند. داده‌های موجود شامل مجموعه داده‌های ثبت شده از ابتدای فروردین ۱۳۹۴ تا پایان اسفند ۱۴۰۲ برای یکی از مخازن شهر تهران بود. مخزن مورد نظر دارای ۱۷۳ کیلومتر طول شبکه و ۱۴۲۰۴ رشته انشعاب بود که باعث شد از لحاظ وسعت و تعداد انشعاب دارای جامعه آماری مناسبی برای پژوهش باشد. همچنین میانگین درصد آب بدون درآمد برای این مخزن ۱۲ درصد بود.

¹ Dataset



جدول ۱- مناسبت‌های بررسی شده در این پژوهش

Table 1. Occasions studied in the present study

Date	Occasion
29 Esfand to 4 Farvardin	Nowruz Eid
13 Farvardin	Thirteenth of Farvardin
1 to 10 Muharram	Tasu'a and Ashura (Muharram decade)
10 Dhul-Hijjah	Eid Qurban
18 Dhul-Hijjah	Eid Ghadir
1 and 2 Shawwal	Eid Fitr
30 Azar and 1 Diy	Yalda Night

جدول ۲- معیارهای تعریف شده برای تحلیل مصرف آب در

روزهای بررسی شده

Table 2. Defined criteria for analyzing water consumption on the days under review

Description	Parameter
Consumption volume and time distribution	Daily consumption volume
consumption volume	
Time of occurrence and flow amount	Minimum night flow
Time of occurrence and flow amount	Peak daily consumption
Time of occurrence and flow amount	Slope of consumption changes

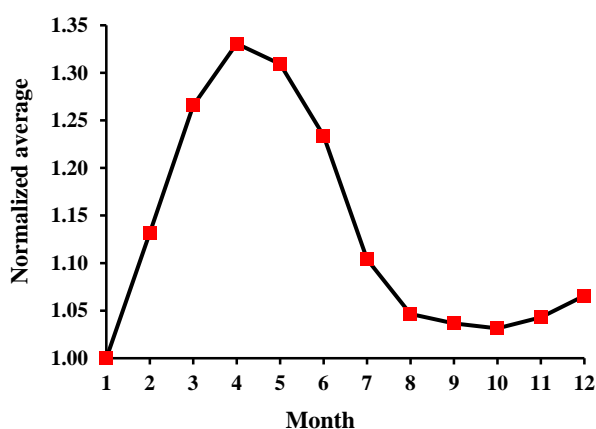


Fig. 1. Dimensionless average (relative to the month with the lowest consumption) of monthly water consumption in a case study (part of Tehran city: 2015 to 2023)

شکل ۱- میانگین بی‌بعد (نسبت به ماه با کمترین مصرف) مصرف آب ماهانه در مورد مطالعاتی (بخشی از شهر تهران: ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲)

نشان داده شده است. همان طور که در این شکل نشان داده می‌شود، با رسیدن مصرف آب به کمترین مقدار خود در دی‌ماه، افزایش مصرف در ماه‌های بهمن و اسفند مشاهده می‌شود که می‌تواند ناشی از کاهش روزهای سرد و شروع تدریجی گرم شدن هوا در این ۲ ماه و همچنین خانه‌تکانی در اسفندماه باشد.

با این وجود، ماه فروردین حتی نسبت به ماه دی نیز مصرف آب کمتری را نشان می‌دهد. از دلایل قابل بیان این موضوع می‌توان به مسافرت مردم به شهرهای دیگر اشاره کرد که باعث کاهش بار جمعیتی و در نتیجه کاهش مصرف می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که ارزیابی مصرف آب در تعطیلات نوروز و نیمه اول ماه

برای بررسی میزان حجم و الگوی مصرف آب در مناسبت‌های یاد شده، با استفاده از داده‌های موجود در پایگاه داده ایجاد شده، ابتدا رفتار میانگین مصرف برای روزهای مدنظر بر اساس داده‌های قبلی تهیه و داده‌های مناسبت موردنظر با رفتار میانگین قابل انتظار برای آن روز مقایسه می‌شود. با مقایسه نمودارهای حاصل، تفاوت‌های موجود در حجم و الگوی مصرف آب به دست می‌آید. در نهایت بر اساس تحلیل‌های انجام شده روی حجم و الگوی مصرف آب، نتیجه‌گیری‌های مقتضی برای هر مناسبت ارائه می‌شود.

۴- نتایج و بحث

برای انجام این پژوهش، در مرحله اول نیاز بود که معیارهای مشخصی برای ارزیابی و مقایسه مصرف آب در روزهای مختلف، تعریف شود. معیارهای مناسب باید پوشش‌دهنده ویژگی‌های اصلی الگوهای مصرف آب باشد. به این منظور، پارامترهای جدول ۲ ارائه می‌شوند.

حال با تعریف معیارهای مناسب، برای مناسبت‌های مختلف به بررسی میزان تغییر در مصرف آب در آن روز پرداخته می‌شود. این کمیته‌ها برای مشخص‌سازی الگو و حجم مصرف آب تعریف شده‌اند.

۴-۱- تغییرات فصلی

با توجه به تأثیر آب‌وهوا و تغییرات فصلی روی مصرف آب و الگوی آن، لازم است در ابتدا این وابستگی ارزیابی شود. برای بررسی این امر، میانگین بی‌بعد مصرف ماهانه آب مورد مطالعاتی برای داده‌های مصرف بین سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲ که نسبت به ماه با کمترین مصرف آب (فروردین) بی‌بعد شده است، در شکل ۱



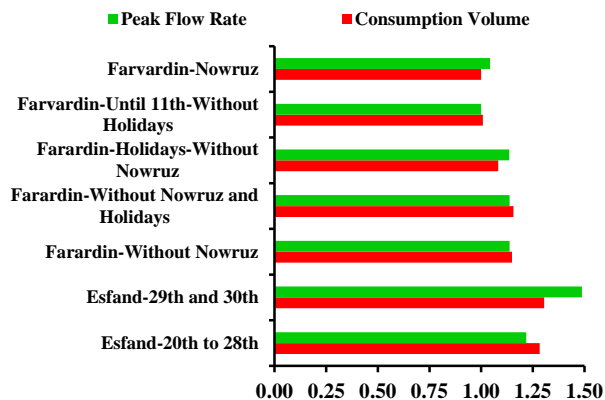


Fig. 2. Average normal daily water consumption (part of Tehran city: 2015 to 2023) in the time periods of late March and April

شکل ۲- میانگین نرمال مصرف آب روزانه (بخشی از شهر تهران: ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲) در بازه‌های زمانی پایان ماه‌های اسفند و فروردین

وجود، با بررسی رفتار میانگین شبکه، می‌توان قضاوتی نسبی نسبت به وضعیت پیک روزانه مصرف آب داشت. همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است، روزهای ۲۹ و ۳۰ اسفند پیک مصرف بسیار زیادی دارند و حدود ۵۰ درصد دبی میانگین اوج مصرف آن‌ها از روزهای فروردین بیشتر است.

در این میان، الگوی مصرف آب در روز اول فروردین وابسته به ساعت تحویل سال است. بنا به الگوی تقویم، لحظه ساعت تحویل سال، به صورت تناوبی به ترتیب در ساعات اولیه بامداد، ساعات اولیه صبح، نیمروز و هنگام شام قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، متناسب با ساعت سال تحویل، مصرف آب الگوی متفاوتی از خود نشان می‌دهد. اگر سال تحویل هنگام بامداد یا شب باشد، پیک موضعی کوچکی نشان می‌دهد. این در حالی است که سال تحویل صبحگاهی پیک موضعی شدید در صبح و سال تحویل نیمروزی، پیک موضعی شدید در نیمروز را نشان می‌دهد. دلیل شدید بودن پیک هنگامی که سال تحویل هنگام ظهر باشد را می‌توان به این نکته مرتبط کرد که سال تحویل در سال‌های کیسه در تاریخ ۳۰ اسفند در نیمروز می‌افتد و در این روز همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شد، مصرف آب بسیار زیاد است.

کمینه جریان شبانه مقدار جریانی است که در آن شبکه کمترین میزان مصرف را دارد. به‌طور معمول کمینه جریان شبانه در ساعات بعد از نیمه‌شب تا هنگام صبح که عمده مشترکین در خواب هستند و

فروردین، حائز اهمیت بوده و همچنین مصرف آب به وضعیت شهر از نظر حجم مسافرت برون‌شهری نیز وابسته است. از طرفی ماه‌های تیر و مرداد بیشترین مصرف آب را دارند. در این دو ماه به ترتیب ۳۳ و ۳۱ درصد مصرف آب نسبت به ماه فروردین رشد می‌کند. همچنین مصرف در تیرماه به‌عنوان پرمصرف‌ترین ماه سال نسبت به دی‌ماه که کمترین مصرف در فصل سرد را دارد، ۳۰ درصد مصرف بیشتر آب را نشان می‌دهد.

۴-۲- تعطیلات نوروز

تعطیلات ابتدای سال شامل روز ۲۹ اسفند و همچنین در سال‌های کیسه ۳۰ اسفند به همراه ۴ روز اول فروردین سال جدید است. مطالعه کمی و کیفی تأثیر ایام نوروز، روی مصرف آب مشترکین، وابسته به فرهنگ و موقعیت محدوده مورد مطالعه است. به‌طور معمول در ایران، در روزهای پایانی اسفند، پدیده خانه‌تکانی انجام می‌شود که در آن برای ورود به سال جدید، به تمیز کردن محیط خانه و وسایل آن پرداخته می‌شود. پدیده خانه‌تکانی معمولاً با افزایش مصرف آب خانوارها همراه است. در ادامه، مصرف آب در تعطیلات آغازین سال، متناسب با نوع شهر از نظر جذب گردشگر یا صدور گردشگر، می‌تواند متفاوت باشد.

برای نگاه دقیق‌تری به احجام مصرف در ماه فروردین و روزهای پایانی اسفند، میانگین مصرف آب روزانه و میانگین اوج مصرف بی‌بعد برای سال‌های مورد مطالعه در بازه‌های زمانی مرتبط در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که از این شکل مشخص است، در ایام تعطیلات ۴ روز اول نوروز و همچنین در روزهای قبل از نیمه دوم تعطیلات در ۱۲ و ۱۳ فروردین، مصرف آب به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از روزهای دیگر فروردین است. همچنین مصرف آب روزهای کاری فروردین بیشتر از مصرف آب در روزهای تعطیل و ۴ روز اول سال است. از طرفی، میانگین مصرف روزانه در بازه‌های زمانی مختلف فروردین، به مقدار قابل‌ملاحظه‌ای از مصرف روزانه آب در دهه آخر اسفند کمتر است. این امر، می‌تواند به عدم مسافرت مردم در این بازه و همچنین خانه‌تکانی و آماده شدن برای ورود به سال جدید، مرتبط باشد.

همچنین پارامتر مورد بررسی دیگر، میانگین پیک روزانه مصرف آب است. مشخصاً پیک مصرف آب در روزهای مختلف، متفاوت و تا حدود بسیار زیادی با تکرارپذیری کم است. با این



روزهای تعطیل، دیرتر از روزهای کاری فروردین است و این مقدار برای روزهای فروردین نیز از روزهای اسفندماه بیشتر است.

۳-۴- سیزده به در

الگوی مصرف آب در روزهای کاری، روزهای تعطیل، روز ۱۲ فروردین و روز سیزده به در، در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طور که از این شکل مشخص است، در مقایسه با سایر روزها، بین ساعات ۱۲ ظهر تا ۹ شب، مصرف آب یک نمودار حدوداً سهموی شکل پیدا می‌کند. با توجه به بیرون رفتن مردم از خانه‌ها در این روز، متناسب با میزان جمعیت خارج شده و میزان جمعیتی که از طبیعت‌گردی برمی‌گردند، مصرف آب در این ساعات کاهش و افزایش داشته است. همچنین در مقایسه با سایر روزها، با توجه به این نکته که روز بعد از ۱۳ فروردین معمولاً روز کاری است و پس از بازگشت از طبیعت، آماده شدن برای روز کاری بعد ضروری است، در روز سیزده به در، در ساعات پایانی شب، مصرف آب به صورت عمده‌ای افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه دیگر از این نمودار، رفتار متفاوت مصرف آب در روزهای تعطیل و غیر تعطیل در ساعات صبح است که در آن به‌طور معمول، روزهای کاری مصرف آب بیشتری دارند.

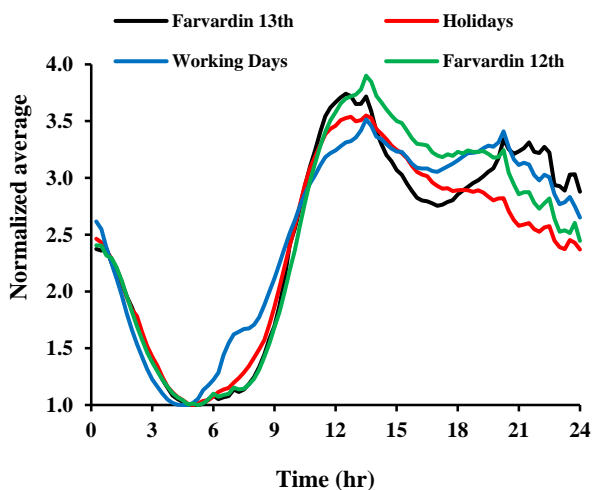


Fig. 5. Dimensionless daily water consumption pattern for the thirteenth day of April, including holidays and working days

شکل ۵- الگوی بی‌بعد روزانه مصرف آب برای روز سیزده به در به همراه روزهای تعطیل و روزهای کاری فروردین‌ماه

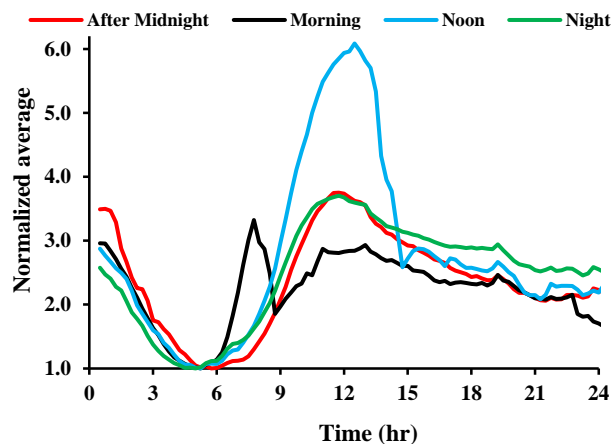


Fig. 3. Dimensionless pattern of water consumption on the day of the year according to the time of the year in different parts of the day

شکل ۳- الگوی بی‌بعد مصرف آب در روز تحویل سال متناسب با ساعت تحویل سال در بخش‌های مختلف شبانه‌روز

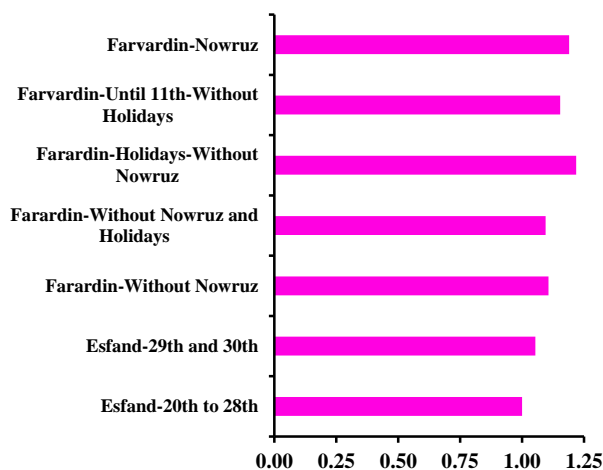


Fig. 4. Minimum night flow occurrence time in different time periods of March and April (dimensionless compared to the minimum value)

شکل ۴- ساعت وقوع کمینه جریان شبانه در بازه‌های زمانی مختلف اسفند و فروردین (بی‌بعد شده نسبت به کمترین مقدار)

بار شبکه کم می‌شود روی می‌دهد. تحلیل جریان کمینه شبانه یکی از راه‌های متداول برآورد میزان نشتی موجود در شبکه است. نسبت بی‌بعد ساعت میانگین وقوع کمینه جریان شبانه در شکل ۴ نشان داده شده است. ساعات‌های وقوع به‌صورت کسر زمان از شبانه‌روز محاسبه و نسبت به کمترین مقدار، بی‌بعد شده‌اند. همان طور که در این شکل نشان داده شده است، ساعت وقوع در روزهای نوروز و



۴-۴- شب یلدا

شب یلدا به آخرین شب پاییز که به شروع اولین روز زمستان منتهی می‌شود، گفته می‌شود. این شب طولانی‌ترین شب سال شمسی است که در آن مردم با فرهنگ پارسی، دور هم جمع می‌شوند و این شب را گرامی می‌دارند. مصرف آب در این شب رفتار متفاوتی از میانگین نرمال و قابل پیش‌بینی مصرف آب دارد. الگوی مصرف آب روز ۳۰ آذر، ۱ دی و میانگین الگوی مصرف بازه زمانی ۱۵ آذر تا ۱۵ دی در روزهای غیرتعطیل، در شکل ۶ نشان داده شده است. این داده‌ها نسبت به کمینه جریان شبانه‌روز موردنظر بی‌بعد شده است.

همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد، بین ساعات ۱۲ ظهر تا ۱۸ عصر روز ۳۰ آذر، مصرف آب به شکل قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. در ادامه مصرف آب روند کاهشی پیدا می‌کند و از ساعت ۲۰ شب به بعد، عملاً مصرف آب از میانگین قابل‌انتظار کمتر می‌شود. این امر به آماده شدن مردم برای پذیرایی و در ادامه تشکیل دورهمی در خانه‌های همدیگر است که باعث خالی شدن برخی از خانه‌ها می‌شود. نکته قابل‌توجه دیگر این است که در ساعات بامداد روز ۱ دی‌ماه، نسبت به میانگین مصرف آب بیشتری مشاهده می‌شود که این امر به ادامه دورهمی مردم تا پاسی از شب و در ادامه برگشتن آن‌ها به خانه‌های خود برمی‌گردد.

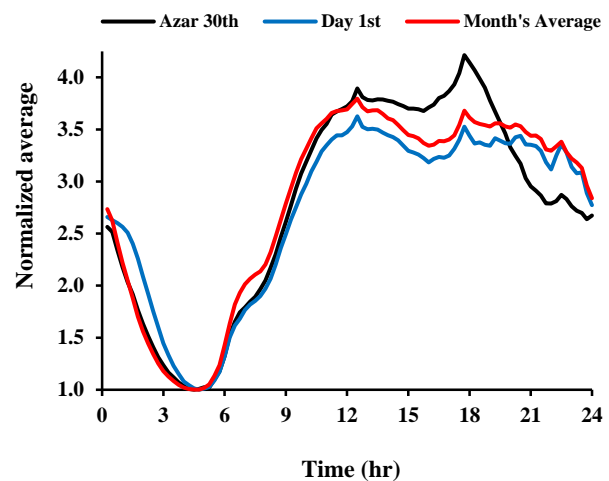


Fig. 6. Dimensionless pattern of water consumption on the day before and after Yalda night along with the dimensionless monthly average

شکل ۶- الگوی بی‌بعد مصرف آب در روز قبل و بعد از شب یلدا به همراه میانگین بی‌بعد ماهانه

۴-۵- دهه محرم

تفاوت عمده‌ای که مناسبت‌های مذهبی قمری با مناسبت‌های ملی مانند نوروز، سیزده بدر و شب یلدا دارند، این است که تاریخ مناسبت‌های قمری در طول سال شمسی جابه‌جا می‌شود و هر سال تقریباً ۱۱ روز، هر تاریخ به سمت ابتدای سال شمسی حرکت می‌کند. همین امر باعث آن می‌شود که مقایسه مصرف آب در مناسبت‌های مذهبی قمری تحت تأثیر جابه‌جایی روزها در طول سال قرار گیرد و مصرف آب به دلیل نوسانات فصلی و دمایی تغییر کند.

همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، به صورت میانگین مصرف آب در روزهای تاسوعا و عاشورا از ۸ روز اول محرم کمتر است. رفتار کلی مصرف آب در تاسوعا و عاشورا مشابه همدیگر است. با این وجود، مصرف آب از عصر عاشورا تا پایان شب، بیشتر از روز تاسوعا است. همچنین مصرف آب در تاسوعا و عاشورا نسبت به میانگین مصرف آب روزهای تعطیل سال، از ساعات صبح تا آخر شب مقدار کمتری دارد. همچنین در روزهای تعطیل، نقطه اوج مصرف ظهر به مقدار قابل‌توجهی از نقطه اوج شامگاهی و همچنین نقاط اوج مصرف تاسوعا و عاشورا بیشتر است.

۴-۶- اعیاد قربان و غدیر

همان‌طور که در شکل ۸ نشان داده شده است، مصرف آب در اعیاد قربان و غدیر که فاصله‌ای ۱۰ روزه از هم دارند، رفتار مشابهی دارد.

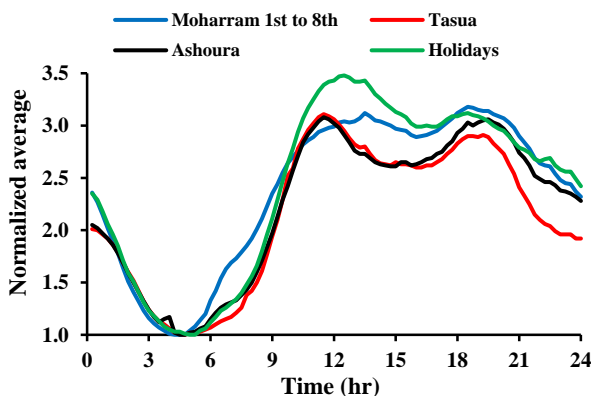


Fig. 7. Dimensionless average of water consumption on different days of the first decade of Muharram, including the average of holidays

شکل ۷- میانگین بی‌بعد مصرف آب در روزهای مختلف دهه اول محرم به همراه میانگین تعطیلات



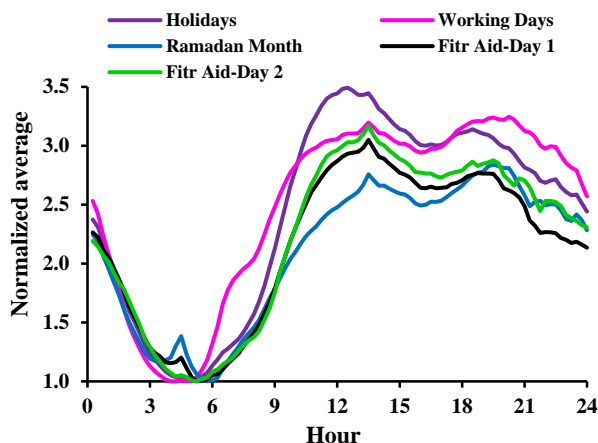


Fig. 9. Water consumption patterns during Eid al-Fitr compared to Ramadan, weekdays and holidays

شکل ۹- الگوی مصرف آب در عید فطر در مقایسه با ماه رمضان، روزهای کاری و تعطیلات

همه نمودارهای دیگر، کمتر است.

۴-۸- مقایسه مناسبت‌ها

با توجه به بررسی‌های انجام شده، می‌توان مشاهده کرد که به‌طور عمده مناسبت‌ها بیشترین تأثیرات خود را به لحاظ ایجاد تعطیلات و مقایسه آن با روزهای کاری می‌گذارند. تأثیر میزان تعطیلات مناسبت‌ها روی الگوی مصرف نیز قابل مشاهده است. به این معنی که مناسبت‌هایی که تعداد روزهای تعطیلی بیشتری دارند، تأثیر بیشتری روی الگوی مصرف می‌گذارند. به‌عنوان مثال، تعطیلات نوروز و تعطیلات عید فطر تأثیر عمده‌ای روی مصرف گذاشته‌اند. قابل ذکر است که به‌طور کلی، تعطیلات باعث کاهش مصرف آب می‌شوند.

از طرفی برخی مناسبت‌ها مانند شب یلدا یا روز تحویل سال، الگوی مصرف آب متفاوت‌تری در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر نیز می‌گذارند. به‌عنوان مثال، شب یلدا در ساعات قبل از شام و بعد از نیمه‌شب، الگوی موضعی متفاوتی نشان می‌دهند. همچنین خود لحظه تحویل سال نیز روی الگوی مصرف ساعات قبل و بعد از خود تأثیرگذار است.

بنابراین به‌طور عمده می‌توان تأثیر مناسبت‌های مختلف را از لحاظ نحوه تأثیر روی الگوی مصرف، در دو گروه جابه‌جایی کلی در الگوی شبانه‌روزی و تأثیر موضعی در ساعاتی از شبانه‌روز،

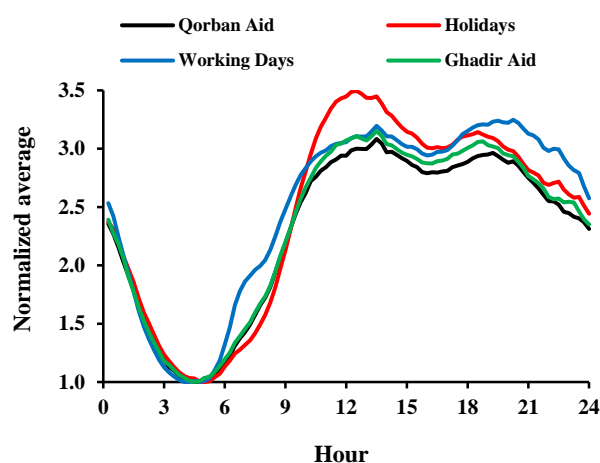


Fig. 8. Water consumption during the Eid al-Adha and Ghadir holidays and its comparison with working days and holidays

شکل ۸- مصرف آب در اعیاد قربان و غدیر و مقایسه با روزهای کاری و تعطیل

مصرف آب در مقایسه با میانگین روزهای تعطیل، در ساعت اوج مصرف ظهر، نقطه اوج پایین‌تری را نشان می‌دهد. همچنین در مقایسه با روزهای کاری نیز مصرف در اعیاد مذکور، مقدار پایین‌تری دارد و نقاط اوج مصرف ظهر و شب روزهای کاری، بیشتر از مقدار مشابه برای اعیاد است.

۴-۷- عید فطر

همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است، الگوی کلی مصرف آب در عید فطر تا حدود زیادی مشابه الگوی مصرف آب در تعطیلات است. با این وجود، در صبح روز اول بعد از ماه رمضان، پیک موضعی دیده می‌شود که نقطه اوج کمتری از پیک مشابه در ماه رمضان دارد. همچنین مقدار مصرف آب در روز اول تعطیلات عید فطر، کمتر از روز دوم است. از طرفی مقدار مصرف آب در عید فطر به مقدار قابل توجهی کمتر از مقدار مصرف در روزهای کاری است.

همچنین با مقایسه الگو و مقدار مصرف آب در ماه رمضان در مقایسه با عید فطر، می‌توان ملاحظه کرد که در ماه رمضان در ساعات سحر و هنگام افطار و همچنین در ساعات پایانی شب، مصرف آب بیشتر از عید فطر است. این در حالی است که مقدار مصرف آب در ساعات قبل از ظهر تا بعدازظهر، در ماه رمضان از



تقسیم‌بندی کرد.

از مصرف در فروردین‌ماه بیشتر است. الگوی مصرف آب در روزی که تحویل سال در آن قرار دارد (۲۹ یا ۳۰ اسفند یا ۱ فروردین) وابسته به ساعت تحویل سال، متفاوت است.

حجم مصرف و نقطه اوج مصرف در تاریخ‌های ۲۹ و ۳۰ اسفند به بیشینه خود در انتهای سال و شروع سال جدید می‌رسد و در ۴ روز اول سال، در کمترین مقدار خود قرار می‌گیرد.

مصرف آب در سیزده به‌در، در ساعت ظهر تا شب، یک سهمی با عمق زیاد را ایجاد می‌کند که می‌تواند متناسب با تعداد بیرون رفتن و برگشت به خانه مردم در روز طبیعت باشد.

مصرف آب در عصر روز ۳۰ آذر تا سر شب یلدا افزایش قابل‌ملاحظه پیدا و در ادامه شب کاهش پیدا می‌کند. با این وجود، در ابتدای روز ۱ دی‌ماه نسبت به روزهای قبل و میانگین قابل‌انتظار، مصرف بیشتری مشاهده می‌شود.

مصرف آب در تاسوعا و عاشورا و همچنین اعیاد قربان و غدیر، الگوی مشابه با هم و مشابه با الگوی کلی مصرف آب در تعطیلات دارد. با این وجود، نقاط اوج مصرف و حجم مصرف، کمتر از الگوی تعطیلات و روزهای کاری است.

مصرف آب در عید فطر از الگوی کلی مصرف آب تعطیلات پیروی می‌کند ولی نقاط اوج ملایم‌تری دارد. همچنین مصرف آب در روز اول تعطیلات عید فطر، کمتر از روز دوم تعطیلات است.

در هنگام سحر مصرف آب در ماه رمضان پیک موضعی نشان می‌دهد، در ساعات صبح تا بعدازظهر مصرف آب کمتر از همه حالات نرمال می‌شود (تعطیلات یا روزهای کاری) و هنگام افطار و در آخر شب مصرف آب افزایش پیدا می‌کند.

در روزهای تعطیل، مصرف آب در صبح کمتر از روزهای کاری است؛ در هنگام ظهر مصرف روزهای تعطیل بیشتر شده و نقطه اوج مصرف بیشتری از روزهای کاری را نشان می‌دهد. در ادامه روز روند مصرف کاهشی شده و پیک مصرف بعدازظهر روزهای تعطیل نیز کمتر از روزهای کاری است.

نتایج این پژوهش در راستای توسعه مدیریت شبکه و همچنین توسعه مدل‌های آماری برای تشخیص ناهنجاری‌های هیدرولیکی در شبکه مانند نشت یا شکستگی، حائز اهمیت است. با استخراج الگوی نرمال رفتار شبکه، مدل‌های توسعه داده شده در تشخیص مشکلات شبکه، دقت عمل بیشتری خواهند داشت.

۴-۹- تأثیر جابه‌جایی تقویم

با توجه به جابه‌جایی مناسبت‌های مذهبی مبتنی بر تاریخ هجری قمری در طول سال، الگوی مصرف آب این مناسبت‌ها تحت تأثیر این جابه‌جایی و تغییرات فصلی ناشی از آن نیز قرار می‌گیرد.

بارزترین این تغییرات در الگوی مصرف آب، ماه رمضان خود را نشان می‌دهد. زیر ساعت اذان و در نتیجه ساعت خوردن سحری و افطار جابه‌جا شده و باعث جابه‌جایی زمانی در بیشینه موضعی این مقاطع زمانی می‌شود. همچنین حجم مصرف آب نیز در ماه‌های مختلف از لحاظ تغییرات فصلی متفاوت است که این امر باعث کاهش مصرف در ماه‌های سرد یا معتدل از لحاظ آب‌وهوایی می‌شود. نکته قابل ذکر دیگر، تأثیر سال تحصیلی و فصل مدارس و دانشگاه‌ها و تعطیلات تابستانی آن‌ها روی مصرف است. به‌طور معمول در طول سال تحصیلی، در ساعات ابتدایی صبح (قبل از شروع مدارس)، یک بیشینه موضعی ایجاد می‌شود که این الگو، در روزهای تعطیلات و تعطیلات تابستانی، این بیشینه موضعی حذف می‌شود. این رفتار در الگوی روزهای کاری شکل‌های ۸ و ۹ قابل‌مشاهده است. با این وجود، خود الگوی کلی مصرف آب، صرف‌نظر از جابه‌جایی زمانی و تغییر در حجم آن، در مناسبت‌ها رفتار تکرارپذیری دارد.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از داده‌های فلومتر خروجی مخزن (ورودی به شبکه توزیع آب) که در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۲ در هر ۱۵ دقیقه ثبت شده‌اند، به بررسی و تحلیل حجم و الگوی مصرف آب در روزهای خاص مناسبت‌های ملی و مذهبی پرداخته شد. با تعریف معیارهای کمی مشخص، مصرف در روزهای مزبور، با میانگین مصرف مورد انتظار از شبکه، مقایسه شد و نکات مهم از دید مدیریت شبکه توزیع آب و مدیریت تقاضای مصرف، استخراج و ارائه شد. با توجه به مشاهدات و بررسی‌های انجام شده می‌توان گفت:

الگوی ماهانه مصرف آب نشان می‌دهد که کمترین مصرف آب در ماه‌های فروردین و دی و بیشترین مصرف در تیرماه به وقوع می‌پیوندد. مصرف آب در تیرماه و دی‌ماه به ترتیب ۳۳ و ۳ درصد



۶- قدردانی

تهران بابت همکاری در ارائه داده‌های موردنیاز برای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.

به این وسیله نویسندگان از شرکت آب و فاضلاب منطقه ۳ شهر

References

- Aghabeigi, M., Kavosi Kalashmi, M. and Allahyari, M. S., 2013. Modeling Tehran municipal water consumption applying seasonal models. *Journal of Iranian Water Research*, 7, 69-77. (In Persian). [Link].
- Alikhani, M. R. and Moeini, R., 2023. Genetic programming method in urban water consumption prediction (case study: Najafabad city). *Journal of Water and Sustainable Development*, 10, 87-98. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jwsd.v10i3.2306-1251>.
- Asgharneghad, N. and Davari, K., 2015. Study of social and cultural factors affecting water consumption patterns among citizens of Dehdasht city in 2015. *International Conference on Humanities, Psychology and Social Sciences*. Tehran, Iran. (In Persian). [Link].
- Falahi, M. A., Ansari, H. and Moghaddas, S., 2012. Evaluating effective factors on household water consumption and forecasting its demand: panel data approach. *Journal of Water and Wastewater*, 23, 78-87. (In Persian). [Link].
- Fu, G., Jin, Y., Sun, S., Yuan, Z. and Butler, D., 2022. The role of deep learning in urban water management: a critical review. *Water Research*, 223, 118973. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118973>.
- Ghaffari Moghadam, Z. and Sardarshahraki, A., 2023. Prediction of monthly consumption of drinking water in the Sistan region under climate change impact. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 12, 75-100. (In Persian). <https://doi.org/10.22111/jneh.2023.42994.1912>.
- Ghalekhondabi, I., Ardjmand, E., Young, W. A. and Weckman, G. R., 2017. Water demand forecasting: review of soft computing methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 313. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6030-3>.
- Ghasemlou, Z., Jangi Oshtolagh, I. and Jangi Oshtolagh, M., 2023. Studying water consumption models in Iran and predicting its future. *6th International Conference on Technology Development in Water Science, Watershed Management and River Engineering*. Tehran, Iran. (In Persian). [Link].
- Ghiassi, M., Zimbra David, K. and Saidane, H., 2008. Urban water demand forecasting with a dynamic artificial neural network model. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 134, 138-146. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2008\)134:2\(138\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9496(2008)134:2(138)).
- Mollaramezani, M. and Tabesh, M., 2013. Assessment models to predict the long-term urban water consumption. *6th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management*. Kerman, Iran. (In Persian). [Link].
- Mousavi, S. N. and Kavooosi Kalashami, M., 2016. Evaluation of seasonal, ANN and hybrid models in modeling urban water consumption a case study of Rasht City. *Journal of Water and Wastewater*, 27(4), 93-98. (In Persian). [Link].
- Porsalehi, F., Mohammadi, H., Akbarpor, A. and Hashemi, S. R., 2014. Predicting the effects of water consumption on per capita urban water management using systematic thinking (case study: Birjand). *Water Harvesting and Watershed Management Congress*. Birjand, Iran. (In Persian). [Link].
- Qalami, V., Nizam Khaiavi, K. and Nizam Khaiavi, K., 2011. Short-term prediction of urban water consumption using artificial neural networks (case study of Meshginshahr County). *3rd National Conference on Urban Development*. Sanandaj, Iran. (In Persian). [Link].
- Rezaali, M., Karimi, A., Mohammadnejad, B. and Rasuli-Kenari, A., 2018. Comparison of various methods for predicting urban drinking water consumption (case study: Mahdieh Town, Qom). *2nd Congress of Iranian Water and Wastewater Science and Engineering*. Esfahan, Iran. (In Persian). [Link].



- Sahoo, B. B., Panigrahi, B., Nanda, T., Tiwari, M. K. and Sankalp, S., 2023. Multi-step ahead urban water demand forecasting using deep learning models. *SN Computer Science*, 4, 752. <https://doi.org/10.1007/s42979-023-02246-6>.
- Shahangian, A. R., Tabesh, M., Yazdanpanah, M. and Zubaidi, T., 2020. Comparison of psychological factors affecting the residential water curtailment behaviors and water-efficiency behaviors; case study of Tehran, Iran. *Iran-Water Resources Research*, 16, 31-46. (In Persian). [\[Link\]](#).
- Tabesh, M., Behboudian, S. and Beygi, S., 2015. Long term prediction of drinking water demand (case study of Neyshabur City, Iran). *Iran-Water Resources Research*, 10, 14-25. (In Persian). [\[Link\]](#).
- Tabesh, M., Dini, M., Khoshkholgh, A. J. and Zahraie, B., 2008. Estimation of Tehran daily water demand using time series analysis. *Iran-Water Resources Research*, 4, 57-65. (In Persian). [\[Link\]](#).
- Tabesh, M., Mollaramezani, M., Shirzad, A. and Rasi Faghih, N., 2022. Long-term prediction of domestic water demand using Bayesian Belief networks. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 52, 47-56. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jcee.2021.31917.1763>.
- Talebian, M., Ahmadifar, H., Mirroshandel, S. A. and Shakeri, M., 2019. Predicting water consumption using data mining techniques. *3rd International Conference on Soft Computing*. Roodsar, Iran. (In Persian). [\[Link\]](#).
- Vijai, P. and Bagavathi Sivakumar, P., 2018. Performance comparison of techniques for water demand forecasting. *Procedia Computer Science*, 143, 258-266. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.394>.
- Yazdani, S., Abedi, A. and Abedi, S., 2014. Presenting a prediction model for drinking and agricultural water consumption in Tehran Province (case study: Amirkabir Dam). *Research on Iranian Agricultural Economics and Development*, 45, 41-48. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2014.51577>.
- Zare-Darniani, A. A., Malakshahi, N., Golroyan, M. and Hosseini, K., 2012. Forecasting daily drinking water consumption using a fuzzy logic system. *9th International Congress on Civil Engineering*. Isfahan, Iran. (In Persian). [\[Link\]](#).
- Zarifzadeh, S. and Kaveh-Yazdy, F., 2022. A monthly water consumption prediction model for municipal consumers. *Water Resources Engineering Journal*, 15, 94-112. (In Persian). <https://doi.org/10.30495/wej.2021.25230.2251>.
- Zhang, Q., Yang, J., Zhang, W., Kumar, M., Liu, J., Liu, J. et al., 2023. Deep fuzzy mapping nonparametric model for real-time demand estimation in water distribution systems: a new perspective. *Water Research*, 241, 120145. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120145>.

