

Research Paper

مقاله پژوهشی

Identification and Statistical Analysis of Some Factors Affecting the Residential Water Demand in Arak, Iran

شناسایی و تحلیل آماری برخی عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک

Mohammad Reza Vesali Naseh^{1*}, Mohammad Reza Hosseininasab², Hamed Safikhani³, Sajjad Norouzi⁴, Mehran Mamaghaninezhad⁵, Alireza Jokar⁵ and Ali Ghiasabadi Farahani⁵

محمد رضا وصالی ناصح^{۱*}، محمد رضا حسینی نسب^۲، حامد صفی خانی^۳، سجاد نوروزی^۴، مهران مامقانی نژاد^۵، علیرضا جوکار^۵ و علی غیاث آبادی فراهانی^۵

- 1- Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 2- Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 3- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 4- Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Arak University, Arak, Iran.
- 5- Markazi Province Water and wastewater Company, Arak, Iran, Arak, Iran.

- ۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۲- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۳- دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک، اراک، ایران.
- ۵- کارشناس شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، اراک، ایران.

*Corresponding Author, Email: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

*نویسنده مسئول، ایمیل: m-vesalinaseh@araku.ac.ir

Received: 22/07/2020

Revised: 12/01/2021

Accepted: 18/01/2021

© IWWA

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۱

تاریخ اصلاح: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۹

© انجمن آب و فاضلاب ایران

Abstract

چکیده

In the urban water consumption management, various factors affect the amount of residential water demand (RWD). The purpose of this study is to identify and analyze some of the active factors on RWD in Arak city in 2019. To analyze RWD, a questionnaire was first designed to collect consumer information in four categories: property status and water facilities, meter status, lifestyle, and household information. Using random sampling methods, a random sample including 1400 consumers was selected, and the questionnaire was completed for them. Then, the consumer status was studied using descriptive statistics. For a more accurate analysis of consumer's behavior, 15 factors in the form of 4 mentioned categories were analyzed using the assumption test and the analysis of variance (ANOVA), based on the average monthly consumption of consumers in the past year. The analysis showed that only three factors of the 15 have a significant difference in RWD: being villa or apartment, car washing method, and carpet washing method, and the other factors didn't show a substantial difference in RWD. The results of this study indicated that some factors related to lifestyle have more essential effects on RWD. Consequently, the most crucial factor in RWD is the culture of water consumption. This seems to indicate the priority of applying advertising tools to educate the public about the correct perception of RWD, which should be on the schedule of water and wastewater companies.

در مدیریت مصرف آب شهری عوامل مختلفی در میزان مصرف آب مشترکین وجود دارد. هدف از این مطالعه، شناسایی و تحلیل اثر برخی از این عوامل بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک در سال ۱۳۹۸ است. به منظور تحلیل میزان مصرف مشترکین، ابتدا بر اساس مطالعات اولیه و مرور مطالعات مشابه، یک پرسشنامه برای جمع آوری اطلاعات مشترکین در چهار بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب، وضعیت کنتور، سبک زندگی، و اطلاعات خانوار طراحی شد. سپس با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری آماری، یک نمونه تصادفی شامل ۱۴۰۰ مشترک انتخاب و پرسشنامه موردنظر برای آن‌ها تکمیل شد. در ادامه ابتدا وضعیت مشترکین با استفاده از آمار توصیفی مورد بررسی قرار گرفت و سپس برای تحلیل دقیق‌تر رفتار مصرفی مشترکین، ۱۵ مولفه در قالب ۴ بخش اشاره‌شده با استفاده از آزمون‌های فرض و تحلیل واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این آزمون‌های آماری، میانگین مصرف ماهیانه مشترکین در یک‌سال گذشته مبنای عمل قرار گرفت. تحلیل نتایج نشان داد از بین ۱۵ مولفه مورد بررسی، فقط سه مورد ویلایی یا آپارتمانی بودن ملک، روش شستشوی اتومبیل و روش شستشوی فرش تفاوت معناداری را در میزان مصرف آب مشترکین دارند و سایر مولفه‌ها تفاوت معناداری را نشان ندادند. بنابراین آنچه در میزان مصرف آب مشترکین تعیین‌کننده‌تر است شیوه یا فرهنگ مصرف آب است. این موضوع، بیانگر اولویت ترویج و آموزش همگانی و به‌کارگیری ابزار تبلیغاتی در راستای نهادینه‌سازی فرهنگ صحیح مصرف آب است و پیشنهاد می‌شود که در دستور کار شرکت‌های آب و فاضلاب قرار گیرد.

Keywords: Residential water demand, Statistical analysis, Lifestyle, Arak.

کلمات کلیدی: مصرف آب خانگی، تحلیل آماری، سبک زندگی، اراک.

نمودند. (Rathnayaka et al. (2014) تاثیر متغیرهای زیادی همچون بعد خانوار، نوع ملک (ویلائی و آپارتمانی)، کارایی تجهیزات آب‌بر، حضور کودکان زیر ۱۲ سال، حضور کودکان ۱۲ تا ۱۸ سال، نوع سکونت (اجاره)، مدت سکونت، داشتن استخر، کولر آبی و ماشین ظرف‌شویی را بر میزان مصرف آب خانگی در ملبورن استرالیا مورد بررسی قراردادند. از بین ۱۰ متغیر مورد بررسی به‌جز سه متغیر حضور کودکان ۱۲ تا ۱۸ سال، نوع سکونت (اجاره) و مدت سکونت، بقیه در میزان مصرف نقش داشتند.

احمدی و همکاران (۱۳۹۲) رابطه گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب را با مسولیت‌پذیری افراد در شهر یاسوج مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد مسولیت‌پذیری، بر گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب، تاثیر معناداری دارد و با افزایش مسولیت‌پذیری در بین شهروندان، گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب افزایش می‌یابد. تابش و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه الگویی برای انتخاب مناسب‌ترین راهبرد مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری در قالب یک مطالعه موردی در شهر تهران ارائه نمودند. از بین راهبردهای فرهنگ‌سازی در بین مصرف‌کنندگان، کاهش آب بدون درآمد، افزایش آب‌بها و استفاده از ابزارآلات کاهنده مصرف در نهایت راهبرد کاهش آب بدون درآمد را به‌عنوان مناسب‌ترین راهبرد از دیدگاه تصمیم‌گیرندگان معرفی نمودند. دهقان و پوررضا (۱۳۹۵) متغیرهای موثر بر سرانه مصرف آب و رابطه بین آن‌ها را در منطقه ۳ آب و فاضلاب شهر تهران (منطقه ۲ و ۵ شهرداری) را از طریق تکمیل پرسشنامه برای ۳۲۵ خانوار مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد افزایش نگرش به مصرف بهینه آب و مسولیت‌پذیری منجر به کاهش سرانه مصرف آب خانوار می‌شود. اما بین سایر متغیرها مانند اعتماد به شرکت آب و فاضلاب و یا دانش مصرف آب با سرانه مصرف رابطه معناداری وجود ندارد.

خلفی و همکاران (۱۳۹۵) الگوی مصرف آب شهروندان شهر ایلام را با رویکرد نگرشی رفتاری بررسی و خوشه‌بندی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مصرف‌کنندگانی که در خوشه‌های پر مصرف قرار دارند، دارای تحصیلات پایین‌تری هستند و هم‌چنین درآمد و بعد خانوار در میزان مصرف نقش موثری ندارند. بازدار و همکاران (۱۳۹۵) در زمینه فاکتورهای موثر بر مصرف آب مشترکین، تاثیر آموزش بر میزان مصرف مشترکین شهر خرم‌آباد را بررسی نمودند و ضمن نشان دادن تاثیر مثبت آن در مصرف صحیح، بر ترویج فرهنگ صرفه‌جویی و تغییر در رفتار مردم نسبت به مصرف آب تاکید نمودند. شهیدی و همکاران (۱۳۹۶) عوامل موثر بر الگوی

کمبود منابع آب شیرین یک مسئله جهانی است و بهره‌برداری و مدیریت صحیح منابع آب رویکردی است که اکثر جوامع برای جلوگیری از بحران آب به‌آن روی آورده‌اند. با عنایت به محدودیت‌های جدی در توسعه استفاده از منابع آبی جدید، رویکردهای مدیریتی منابع آب از مدیریت عرضه به مدیریت تقاضا و راهبردهای مدیریت مصرف آب تغییر یافته است (تابش و همکاران، ۱۳۹۶). در این راستا متولیان صنعت آب و فاضلاب نیز به‌سمت شیوه‌های مدیریتی جدید از جمله مدیریت تقاضا و اقدامات صرفه‌جویانه در مصرف آب حرکت کرده‌اند که در طراحی این اقدامات و سیاست‌ها باید ابعاد اجتماعی و ذی‌نفعان اصلی این حوزه یعنی خانوارها (مشترکین) در نظر گرفته شوند (شاهنگیان و همکاران، ۱۳۹۹). برای انتخاب راهبرد صحیح مدیریت مصرف آب لازم است ابتدا عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف مصرف‌کنندگان آب مورد بررسی قرار گیرد تا راهبرد مدیریتی متناسب با آن انتخاب شود. یکی از محل‌های مصرف آب، مشترکین مسکونی شهرها هستند که شناخت عوامل تاثیرگذار در میزان مصرف آن‌ها کمک شایانی به انتخاب صحیح راهبردهای مدیریت مصرف آب شهری خواهد نمود. این عوامل می‌توانند مربوط به مواردی فیزیکی هم‌چون وضعیت تاسیسات آبرسانی، وضعیت کنترلهای نصب شده، وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر مشترک باشد و یا مربوط به مواردی غیرفیزیکی همچون آب‌بها، متغیرهای جمعیت‌شناختی مانند میزان درآمد و تحصیلات خانوار، سبک زندگی، محل تولد و سکونت و مواردی از این دست باشد. در زمینه عوامل موثر بر میزان مصرف آب خانگی مطالعات متعددی صورت پذیرفته است که به‌عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

Garcia et al. (2013) اثر متغیرهای بعد خانوار، میزان تحصیلات و درآمد، محل تولد و محل سکونت ۲۳۰ خانوار از ۹ شهر مختلف در شمال شرق کاتالونیای اسپانیا را بر روی میزان مصرف آب خانگی آن‌ها بررسی نمودند. تحقیق آنها اهمیت محل تولد و اعتقاد به حفاظت از آب^۱ را به عنوان دو عامل اصلی در میزان مصرف آب خانگی نشان داد و بر لزوم توجه به این دو عامل در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب تاکید نمود. (Wilis et al. (2011 تاثیر تجهیزات کاهنده مصرف و متغیرهای جمعیت‌شناختی را بر روی میزان مصرف خانگی در استرالیا مورد بررسی قرار دادند و بر رویکرد ترکیبی استفاده از تجهیزات کارآمد مصرف آب به‌همراه ترویج رفتار صرفه‌جویانه در مصرف آب تاکید

مصرف ماهیانه مشترکین در سال ۱۳۹۸ مبنای عمل قرار گرفت.

جدول ۱- مولفه‌های مورد بررسی در تحلیل مصرف آب مشترکین

دسته	ردیف	مولفه
وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر	۱	ویلايي يا آپارتمانی بودن ملک
	۲	عمر بنا
	۳	دارا بودن حیاط
	۴	دارا بودن وان حمام
	۵	نوع آب‌گرم‌کن
	۶	دارا بودن فلاش تانک
	۷	دارا بودن توالیت فرنگی
	۸	سیستم سرمایش
	۹	سیستم گرمایش
	۱۰	نوع شیرآلات
وضعیت کنتور	۱۱	مجزا یا مشترک بودن کنتور
سبک زندگی	۱۲	روش شستشوی اتومبیل
	۱۳	روش شستشوی فرش
وضعیت خانوار	۱۴	سطح درآمدی خانوار
	۱۵	سطح تحصیلات خانوار

برای تعیین اندازه نمونه آماری مناسب برای این پژوهش، عوامل متعددی مورد توجه قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- **اندازه جامعه آماری:** جامعه آماری موردنظر در برگزیده حدود ۱۲۵۰۰۰ مشترک در شهر اراک است.
- **هدف پژوهش:** هدف اصلی این پژوهش بررسی اثرگذاری برخی مولفه‌ها بر مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک است.
- **شیوه سنجش هدف:** به‌منظور دستیابی به هدف فوق، لازم است در هریک از ۱۵ مولفه اشاره شده در جدول ۱، مشترکین طبقه‌بندی شوند. این طبقه‌بندی در مولفه‌های شماره ۲، ۱۴ و ۱۵، در سه دسته مستقل (مانند وضعیت درآمدی ضعیف، متوسط، خوب) و در سایر مولفه‌ها در دو دسته مستقل (مانند ملک ویلایی در مقابل ملک آپارتمانی) انجام می‌پذیرد.
- **پراکندگی مقادیر مورد مطالعه:** به‌عنوان یک اصل کلی، هرچه مقادیر مشخصه مورد مطالعه از یک جامعه آماری پراکندگی بیشتری داشته باشد، برای تحلیل آماری آن مشخصه به‌تعداد نمونه بیشتری نیاز است. انحراف معیار (σ) یک شاخص متداول برای سنجش پراکندگی است. در این مطالعه، منظور از انحراف معیار، میزان پراکندگی میانگین مصرف مشترکین است.

مصرف آب شرب شهر بیرجند را بررسی کرده و نشان دادند راهبردهای اعمال تعرفه‌های متناسب با شرایط و هزینه‌های تولید و توزیع، تهیه و به‌کارگیری برچسب بهره‌وری آب بر روی کلیه تجهیزات و لوازم خانگی، استفاده از کاتالوگ‌های آموزشی و هشدارهای تبلیغاتی برای کاهش مصرف آب، نصب وسایل و تجهیزات مصرف آب در مدارس و مراکز آموزشی و نگرش جامع منابع آب در ایران، بهترین راهبردها در میان راهبردهای اصلاح الگوی مصرف آب شرب مناطق خشک هستند.

با عنایت به موارد ذکر شده در تحقیقات و مطالعات یادشده، این تحقیق به‌دنبال شناسایی برخی عوامل فیزیکی و غیرفیزیکی موثر در میزان مصرف آب خانگی است. بدین‌منظور اثرگذاری ۱۵ مولفه مختلف بر مصرف مشترکین آب خانگی در چهار بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب‌بر، وضعیت کنتور، سبک زندگی و اطلاعات خانوار مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش انجام این تحقیق به‌صورت پیمایشی بوده و بدین‌منظور از یک نمونه تصادفی شامل ۱۴۰۰ خانوار در شهر اراک استفاده شده است. پس از جمع‌آوری اطلاعات مشترکین درخصوص مولفه‌های شناسایی شده، با استفاده از آزمون‌های فرض اثرگذاری این مولفه‌ها بر مصرف آب مورد آزمون قرار گرفته است. البته لازم‌به‌ذکر است که بخشی از پارامترهای گنجانده شده در پرسشنامه تحقیق صرفاً به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات تکمیلی مشترکین برای استفاده‌های دیگر در شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی بوده که در قالب آمار توصیفی ارائه شده است و ارتباطی با تحلیل میزان مصرف مشترکین ندارد.

۲- مواد و روش‌ها

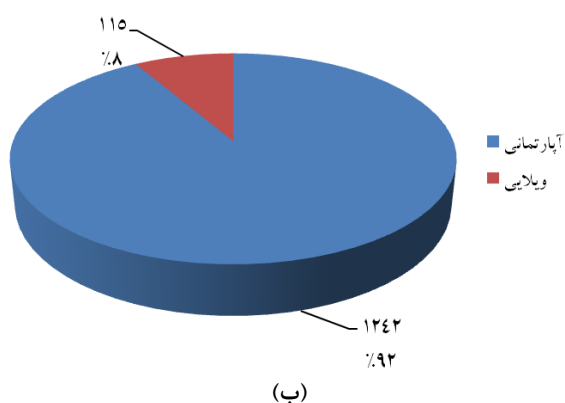
روش انجام این تحقیق از نوع پیمایشی است. بدین‌منظور، ابتدا براساس مطالعات اولیه و نیز مرور مطالعات مشابه، یک پرسشنامه برای جمع‌آوری اطلاعات مشترکین در چهار بخش وضعیت ملک، وضعیت کنتور، سبک زندگی و اطلاعات خانوار طراحی شد. پس از اعتبارسنجی این پرسشنامه توسط تعدادی از خبرگان حوزه آب و فاضلاب شهری، اندازه نمونه آماری مناسب برای این کار تعیین شد و براساس آن یک نمونه تصادفی از مشترکین انتخاب و پرسشنامه موردنظر برای آن‌ها تکمیل شد. در ادامه ابتدا وضعیت مشترکین با استفاده از آمار توصیفی مورد بررسی قرار گرفت و برای تحلیل دقیق‌تر رفتار مصرفی مشترکین، ۱۵ مولفه در قالب ۴ دسته با استفاده از آزمون‌های فرض و تحلیل واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مولفه‌های مورد بررسی در جدول ۱ معرفی شده‌اند. لازم‌به‌ذکر است که در آزمون‌های آماری، میانگین

با قراردادن $\alpha = 0.05$ ، $\beta = 0.2$ و $d/\sigma = 0.2$ در رابطه (۱)، مقدار n برابر ۳۹۲ به دست می‌آید. به عنوان مثال، چنانچه هدف، دانستن این موضوع است که آیا میانگین مصرف مشترکین مسکونی که شستشوی فرش را در خانه انجام می‌دهند با میانگین مصرف مشترکینی که فرش‌های خود را به شرکت‌های قالی‌شویی می‌دهند تفاوت معناداری دارد یا نه، حداقل ۳۹۲ پرسشنامه از هر طبقه لازم است، یعنی مجموعاً $3 \times 392 = 1176$ پرسشنامه تکمیل شده نیاز است. البته لازم به ذکر است که رابطه (۱) برای مواردی است که اندازه هر یک از دو جامعه آماری نامحدود فرض شود، اما به این علت از آن استفاده شده است که اندازه هر یک از طبقات در کل جامعه آماری نامشخص بوده است. لذا بدیهی است که مقدار به دست آمده از این رابطه بیشتر از حالتی است که اندازه جامعه‌ها محدود باشد و این مسئله اطمینان بیشتری را در خصوص کفایت داده‌ها حاصل می‌کند (Montgomery and Runger, 2018).

با این حال، در این مطالعه برای اطمینان بیشتر از کفایت داده‌ها، به مقدار فوق، حدود ۲۰ درصد اضافه شد و در نهایت اندازه نمونه ۱۴۰۰ تایی برای جمع‌آوری اطلاعات مشترکین تعیین شد که به صورت تصادفی و همگن از جامعه آماری شهر اراک انتخاب شد.

۳- آمار توصیفی داده‌های مشترکین

در این قسمت، آمار توصیفی داده‌های مشترکین بدون در نظر گرفتن میزان مصرف مشترکین ارائه شده است. شکل ۱ فراوانی کاربری ملک، نوع واحدهای مسکونی، نوع واحدهای غیر مسکونی، تعداد طبقات واحدهای مسکونی و عمر بنا در واحدهای مسکونی را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است بیشترین فراوانی به ترتیب متعلق به واحدهای مسکونی، آپارتمانی، تجاری، ۴ طبقه و عمر ۱۰ تا ۲۰ سال است.



■ **میزان دقت مورد نظر:** به عنوان یک اصل کلی، برای افزایش دقت برآوردها، به تعداد نمونه بیشتری نیاز است. معمولاً در برآوردها یک میزان انحراف یا خطای مجاز (d) در نظر گرفته می‌شود که هرچه کمتر باشد به معنای دقت بیشتر است. بین d و σ می‌توان یک رابطه منطقی برقرار کرد. در این مطالعه فرض شده است که $d = 0.2\sigma$ تا از این طریق انحرافات نسبتاً کوچک نیز مورد شناسایی قرارگیرد (Montgomery and Runger, 2018).

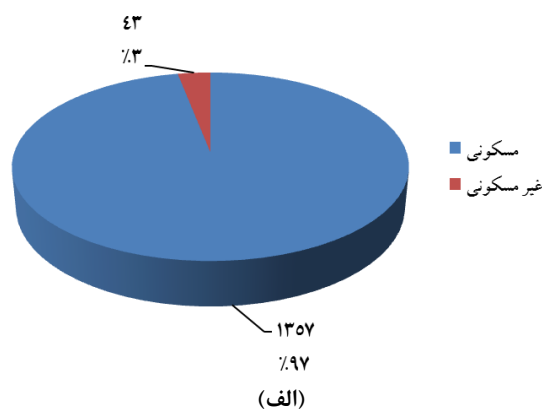
■ **ضریب اطمینان:** ضریب اطمینان یا ضریب معناداری یک آزمون با $1 - \alpha$ نشان داده می‌شود که در آن α همان خطای نوع اول است (احتمال اشتباه در رد فرض صفر). در این مطالعه مشابه اغلب مطالعات دیگر، ضریب اطمینان ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است.

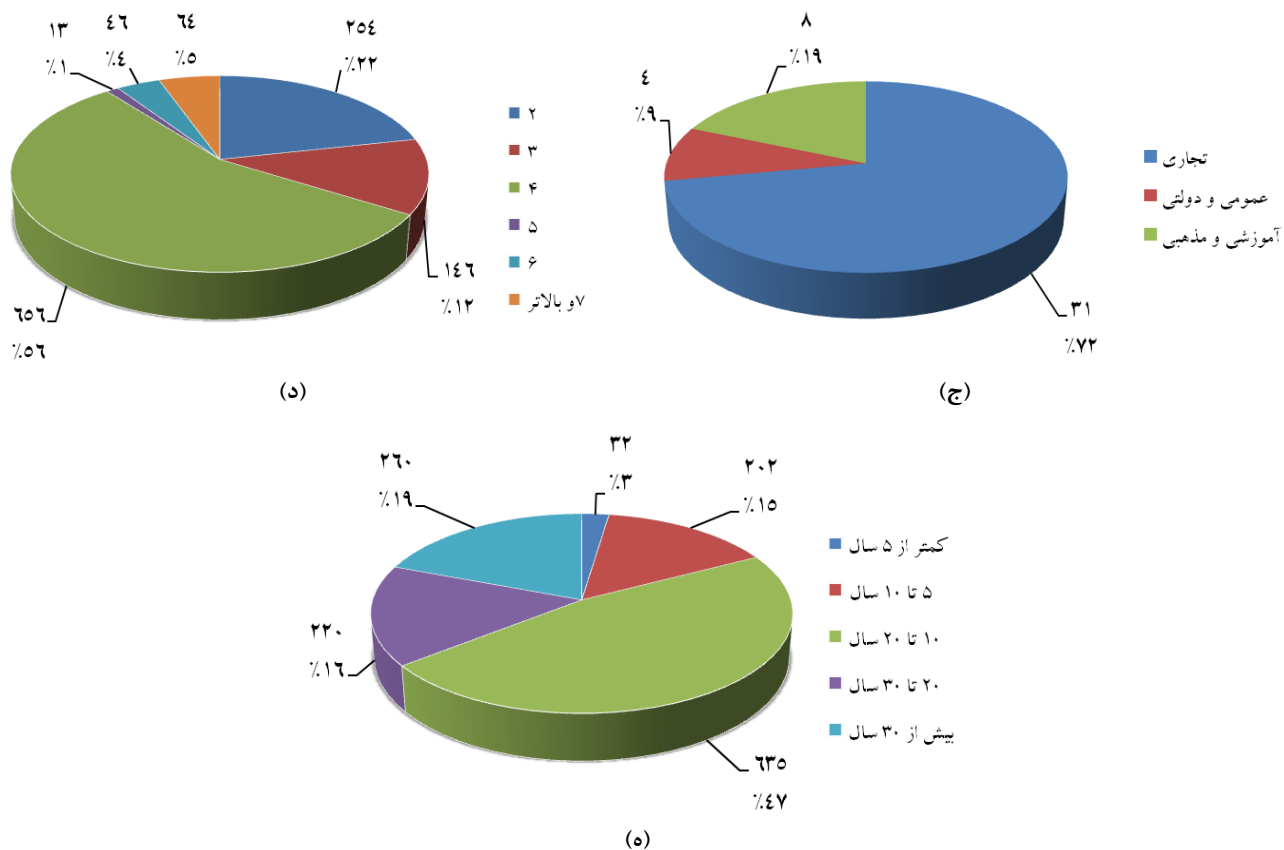
■ **توان آزمون:** توان یک آزمون با $1 - \beta$ نشان داده می‌شود که در آن β همان خطای نوع دوم است (احتمال اشتباه در پذیرش فرض مقابل). در این مطالعه، توان آزمون ۰/۸ در نظر گرفته شده است.

با توجه به موارد فوق و دانستن این موضوع که مشخصه میانگین مصرف مشترکین تقریباً از یک توزیع نرمال تبعیت می‌کند و با عنایت به قضیه حد مرکزی، می‌توان از رابطه (۱) که حداقل نمونه مورد نیاز برای مقایسه میانگین دو جامعه آماری نرمال را مشخص می‌کند، برای تعیین اندازه نمونه این مطالعه استفاده کرد (Montgomery and Runger, 2018).

$$n = \frac{2(Z_{1-\alpha/2}^2 + Z_{1-\beta}^2)^2}{(d/\sigma)^2} \quad (1)$$

که α و β : به ترتیب برابر خطاهای نوع اول و دوم، d : خطای مجاز، σ : انحراف معیار جامعه، و Z_p مقدار حاصل از جدول نرمال استاندارد به ازای احتمال تجمعی p است.

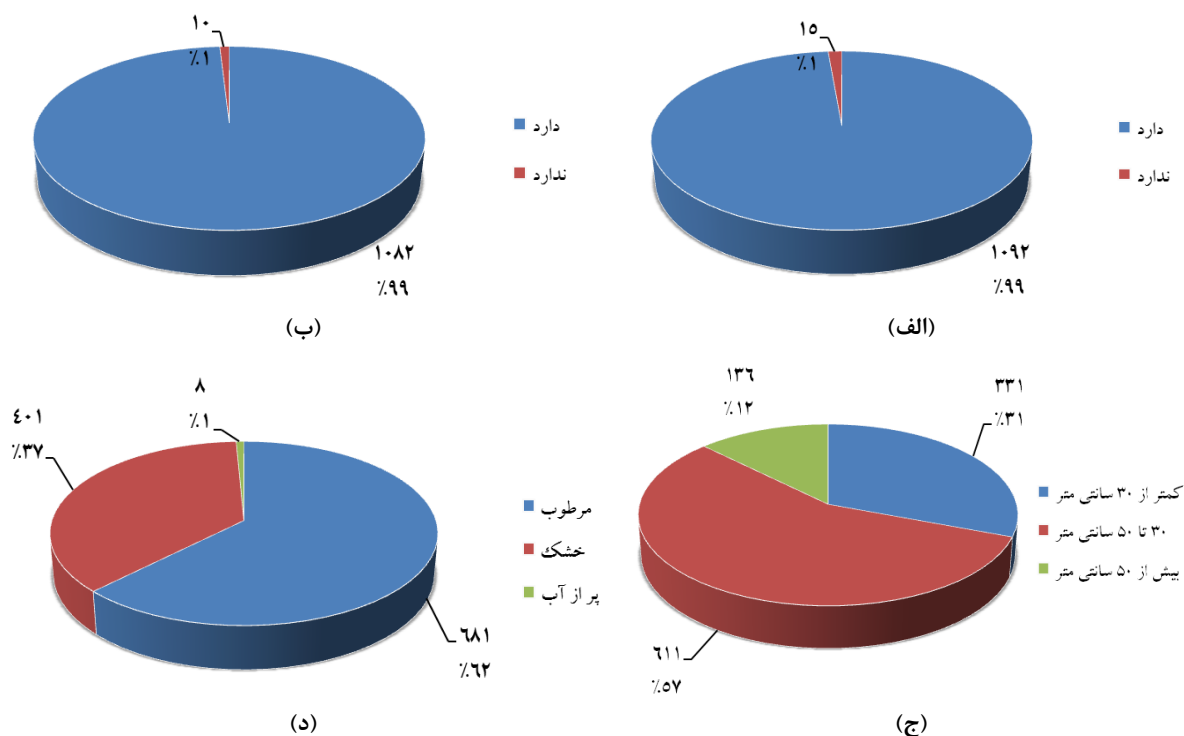




شکل ۱- فراوانی (الف) کاربری؛ (ب) نوع مسکونی؛ (ج) نوع غیر مسکونی؛ (د) تعداد طبقات مسکونی؛ (ه) عمر بنا در مسکونی

محافظ هستند. عمق اکثریت حوضچه ها مطابق استاندارد بین ۳۰ تا ۵۰ سانتی متر بوده و اکثریت آن‌ها دارای محیط مرطوب و ۱٪ آن‌ها نیز پر از آب هستند.

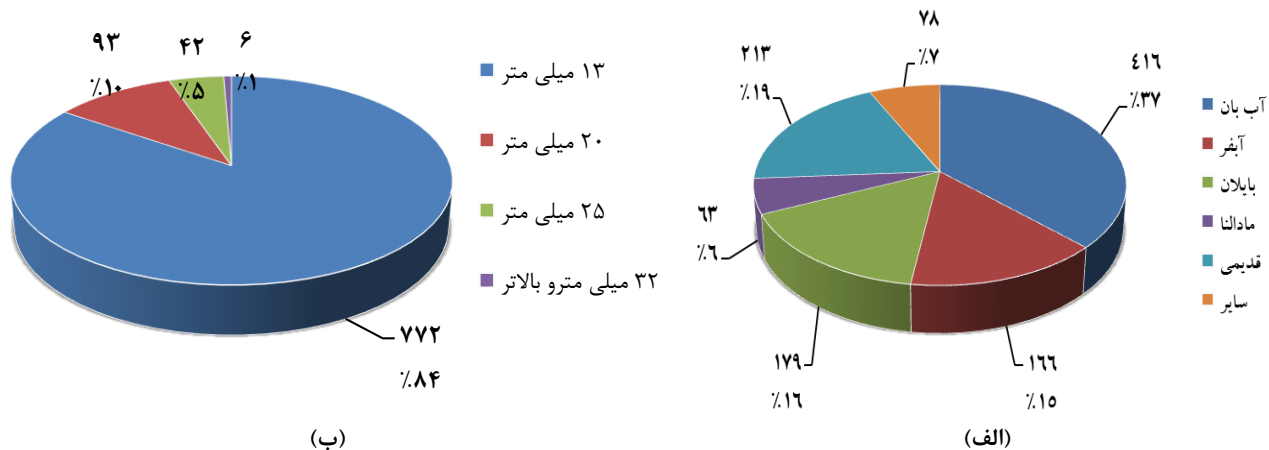
شکل ۲ فراوانی پارامترهای مرتبط با حوضچه کنتور مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است اکثریت قریب به اتفاق کنتورها دارای حوضچه بوده که دارای دریچه



شکل ۲- فراوانی (الف) مشترکین مسکونی با حوضچه کنتور؛ (ب) حوضچه‌های با دریچه؛ (ج) عمق حوضچه؛ (د) وضعیت رطوبت در حوضچه

کنتور نیز با توجه به مسکونی بودن اکثریت مشترکین یک دوم اینچ (۱۳ میلیمتر) است. اکثر کنتورها روی زمین و در راه پله نصب شده‌اند.

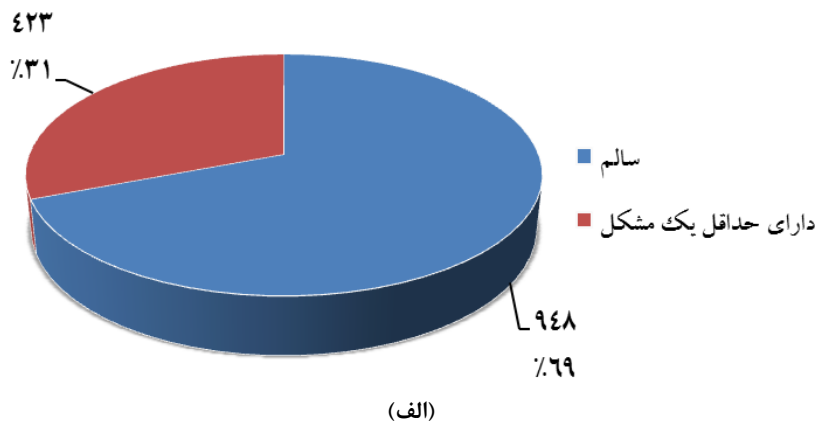
شکل ۳ فراوانی پارامترهای مرتبط با کنتور مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است پر استفاده‌ترین برندهای کنتور به ترتیب آب‌بان، بایلان و آبفر هستند. پر استفاده‌ترین اندازه

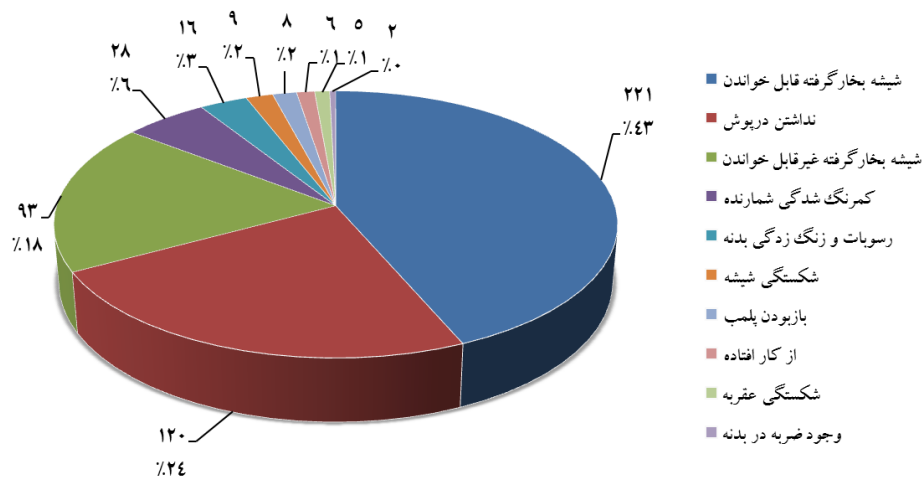


شکل ۳- فراوانی (الف) سازنده کنتور؛ (ب) اندازه کنتور؛ (ج) وضعیت نصب کنتور؛ (د) محل دقیق نصب کنتور

مشکلات موجود در کنتورها نیز به ترتیب: بخارگرفتن شیشه، نداشتن درپوش و کمرنگ شدگی شماره است.

شکل ۴ فراوانی مشکلات موجود در کنتورهای مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است اکثریت (۶۹٪) کنتورها سالم هستند و مابقی حداقل یک مشکل دارند. رایج‌ترین



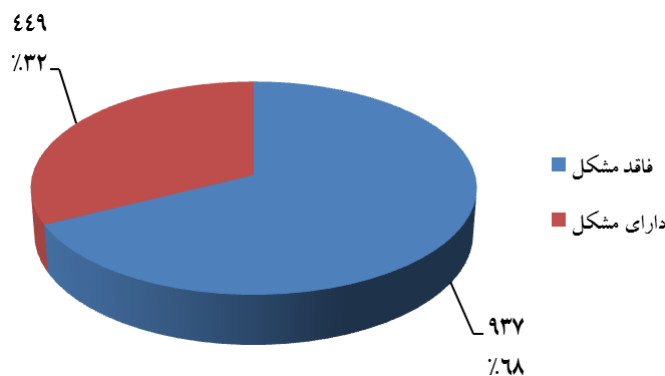


(ب)

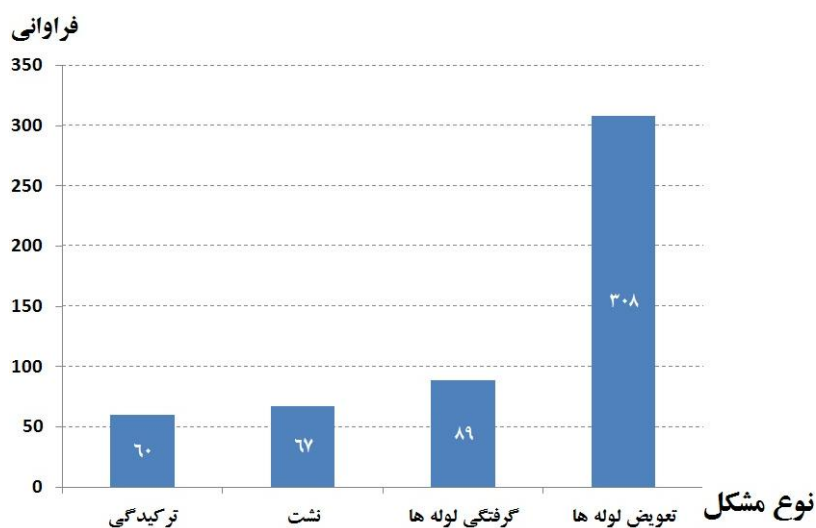
شکل ۴- فراوانی الف) سالم بودن کنتور؛ ب) جزئیات مشکلات کنتور

همچنین بخش (ج) این شکل نشان می‌دهد که چند درصد از منازل مسکونی قرار گرفته در هریک از دسته‌های عمر بنا حداقل با یکی از مشکلات فنی مواجه بوده‌اند.

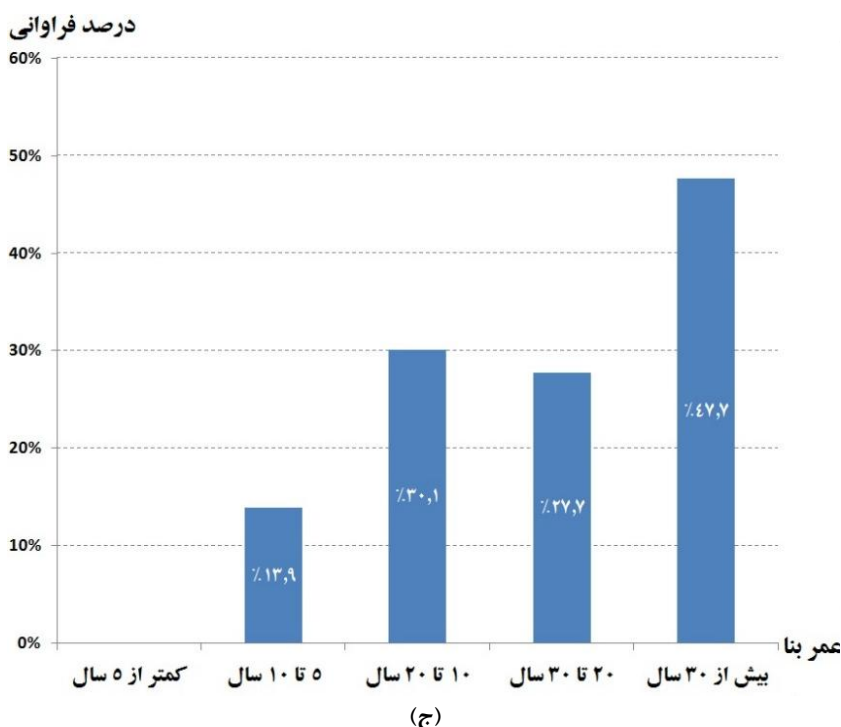
شکل ۵ فراوانی مشکلات موجود در شبکه آب و فاضلاب مشترکین را نشان می‌دهد. اکثریت (۶۸٪) فاقد مشکل هستند و رایج‌ترین مشکل، تعویض و گرفتگی لوله‌ها است. لازم به ذکر است، برخی واحدها ممکن است با دو یا چند مشکل مواجه بوده باشند.



(الف)



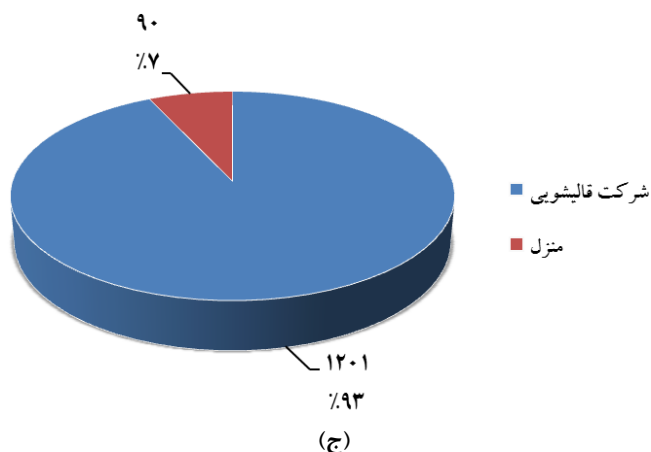
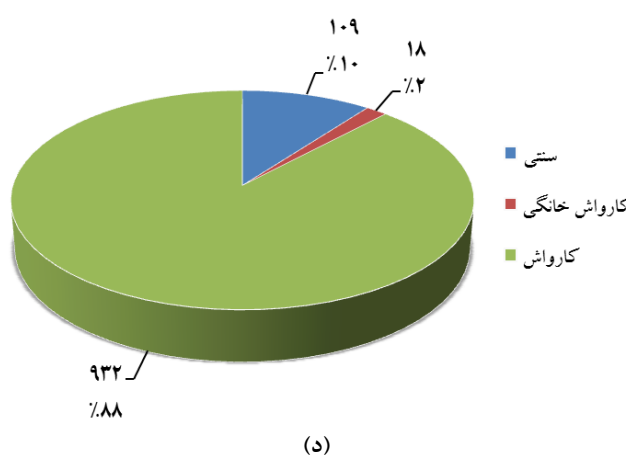
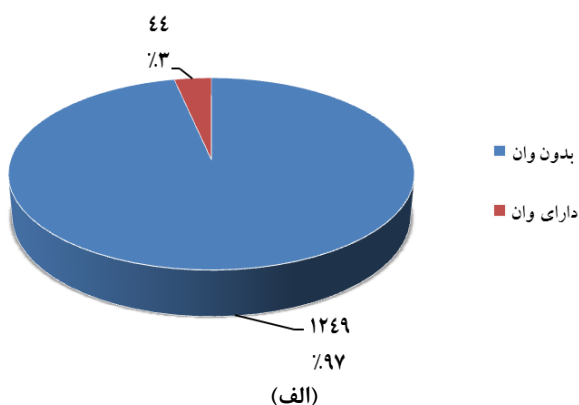
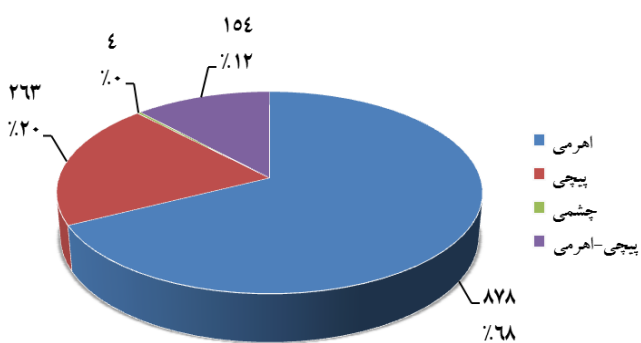
(ب)

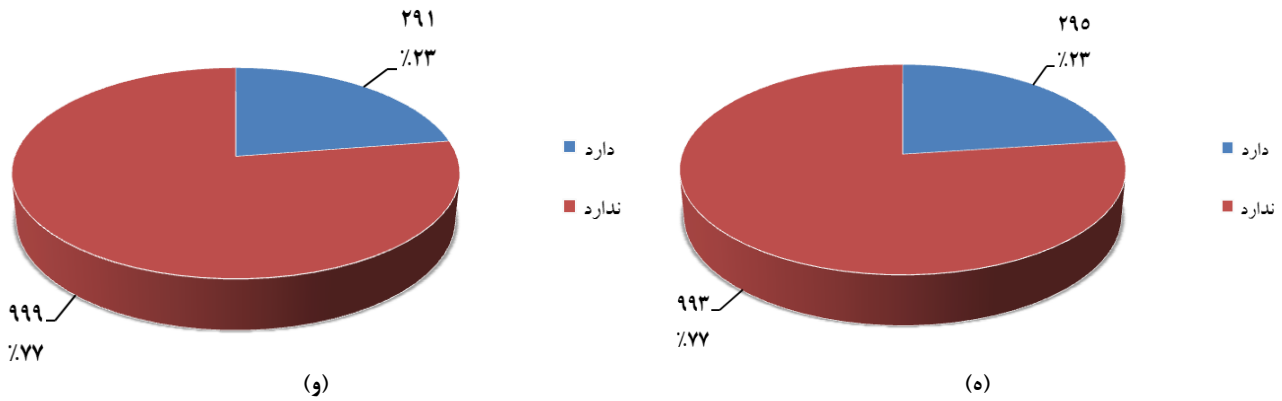


شکل ۵- وضعیت مشکلات فنی در شبکه داخلی مشترکین الف) فراوانی مواجهه یا عدم مواجهه با مشکلات فنی؛ ب) فراوانی نوع مشکلات فنی؛ ج) درصد فراوانی مشکلات فنی با توجه به عمر بنا

به ترتیب: فاقد وان حمام، دارای شیرآلات اهرمی، شستشوی قالی در شرکت‌های قالیشویی، شستشوی خودرو در کارواش، فاقد ماشین ظرفشویی و فاقد فلاش تانک است.

شکل ۶ فراوانی پارامترهای مختلف مرتبط با سبک زندگی و تاسیسات آب‌بر مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشخص است بیشترین فراوانی متعلق به مشترکین

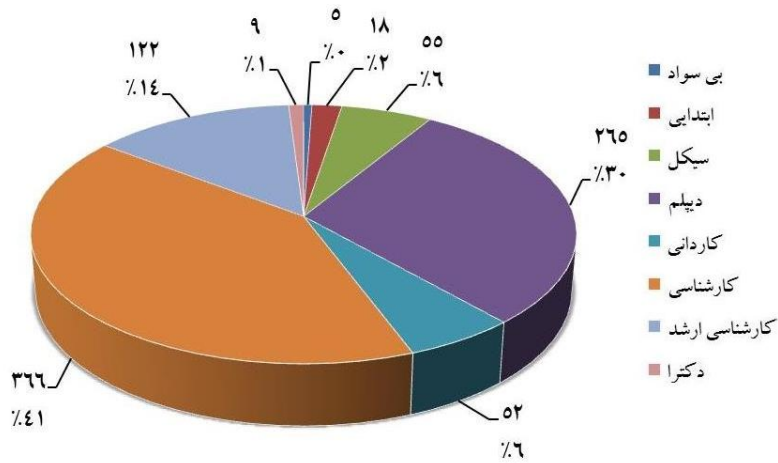




شکل ۶- فراوانی سبک زندگی الف) وان حمام؛ ب) نوع شیرآلات؛ ج) نحوه شستشوی قالی؛ د) نحوه شستشوی خودرو؛ ه) ماشین ظرفشویی؛ و) فلاش تانک

مقاطع کارشناسی، دیپلم و کارشناسی ارشد دارای بیشترین فراوانی هستند.

شکل ۷ فراوانی بالاترین مقطع تحصیلی اعضای خانوار مشترکین را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است به ترتیب



شکل ۷- فراوانی میزان تحصیلات در بین ۱۴۰۰ مشترک

از ارائه تحلیل‌های آماری موارد زیر موارد زیر مورد توجه قرار گیرد:

- برای تحلیل میزان مصرف مشترکین، از داده‌های مربوط به میانگین مصرف ماهیانه (خانوار)، براساس داده‌های ثبت شده در طی سال ۱۳۹۸، استفاده شده است. از آنجا که این مقدار، اولاً مصرف در فصول مختلف سال را در برمی‌گیرد و ثانیاً به‌واسطه چندین بار قرائت کنتور در طول سال حاصل شده است که در نتیجه خطای احتمالی در ثبت شماره کنتور در آن کمتر است، بهتر می‌تواند رفتار مصرفی مشترکین را نشان دهد؛
- در کلیه تحلیل‌های انجام شده، ضریب اطمینان ۰/۹۵ در نظر گرفته شده است؛
- کلیه تحلیل‌های آماری صورت‌گرفته، مبتنی بر آزمون‌های فرض است. بر این اساس، برای مقایسه میانگین دو نمونه آماری

۴- نتایج و بحث

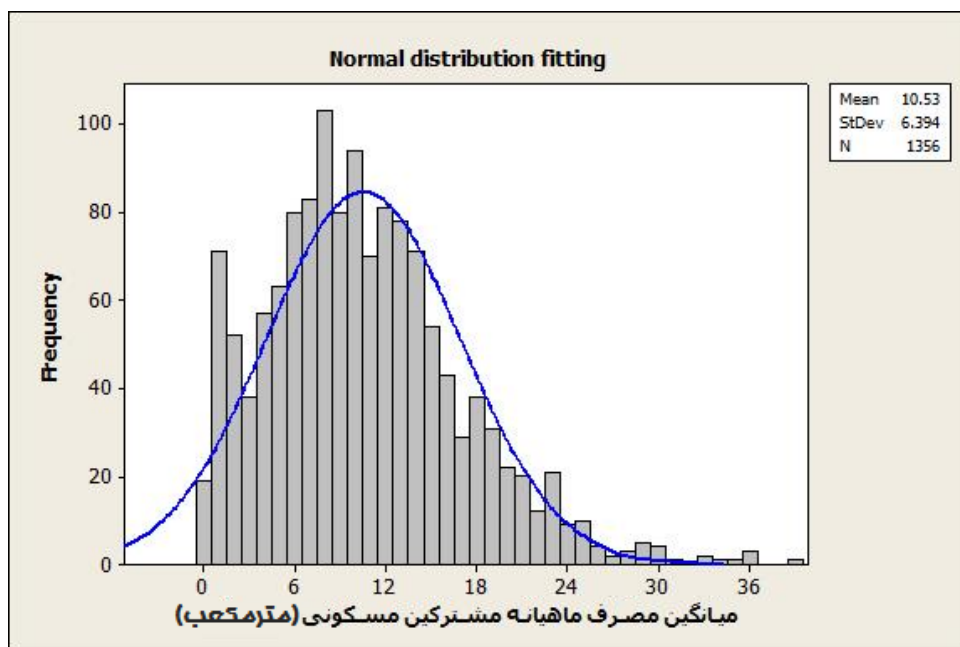
در این بخش، برخی از تحلیل‌های آماری مبتنی بر اطلاعات پرسشنامه‌های تکمیل شده با در نظر گرفتن میزان مصرف مشترکین ارائه می‌شود. هیستوگرام میانگین مصرف مشترکین و تقریب آن با توزیع نرمال در شکل ۸ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود توزیع داده‌ها زنگوله‌ای و نزدیک به توزیع نرمال (و نه دقیقاً توزیع نرمال) است. از این‌رو، طبق قضیه حد مرکزی با انتخاب یک نمونه به‌اندازه کافی بزرگ، توزیع میانگین مصرف مشترکین را می‌توان با تقریب بسیار خوبی با توزیع نرمال تقریب زد (Montgomery and Runger, 2018).

تحلیل‌های ارائه شده در این بخش همگی در خصوص بررسی رابطه بین میانگین مصرف مشترکین مسکونی آب و فاضلاب شهرستان اراک با ۱۵ مولفه مشخص شده در جدول ۱ است. پیش

از آزمون t استفاده شده است. برای مواردی نیز که هدف مقایسه میانگین چند نمونه آماری بوده است (مانند میانگین مصرف مشترکین با توجه به سطح درآمد یا سطح تحصیلات)، از آنالیز واریانس (ANOVA) استفاده شده است. کلیه محاسبات مربوط به تحلیل‌های آماری ارائه شده، در نرم‌افزار MINITAB انجام

شده است.

با تحلیل خروجی نهایی ۱۵ آزمون آماری انجام شده، نتایج ذیل به تفکیک هر یک از مولفه‌های ۱۵ گانه مورد بررسی استخراج شد:



شکل ۸- هیستوگرام میانگین مصرف مشترکین و تقریب آن با توزیع نرمال

استفاده از آن مدنظر قرار گرفته است. لذا ممکن است خانوارهایی دارای وان حمام باشند، اما استفاده چندانی از آن نکنند. تعداد نمونه واحدهای دارای وان حمام در این مطالعه چندان زیاد نیست (۴۴ مورد) و لذا نمی‌توان با اطمینان بالا رفتار این نمونه را به جامعه آماری موردنظر تعمیم داد؛

۶. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای آب‌گرم‌کن دیواری با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای آب‌گرم‌کن زمینی تفاوت معناداری ندارد؛

۷. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای فلاش تانک با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی فاقد فلاش تانک تفاوت معناداری ندارد؛

۸. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد توالت فرنگی با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد؛

۹. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی که شستشوی اتومبیل را در منزل انجام می‌دهند از میانگین مصرف واحدهایی که به کارواش مراجعه می‌کنند، بیشتر است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد حداقل ۵۰ لیتر در ماه و به‌طور میانگین برابر یک مترمکعب در ماه است. از آن‌جا که مقدار P-Value

۱. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی ویلایی به‌صورت معناداری بیش از واحدهای مسکونی آپارتمانی است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد بین ۱/۲ تا ۳/۸ مترمکعب در ماه و به‌طور میانگین برابر ۲/۵ مترمکعب در ماه است؛

۲. میانگین مصرف آب واحدهای آپارتمانی دارای کنتور جداگانه (تک‌واحدی) با واحدهای آپارتمانی دارای کنتور مشترک (چندواحدی) تفاوت معناداری ندارد؛

۳. میانگین مصرف آب واحدهای با عمر بناهای مختلف متفاوت است. برای تحلیل این موضوع املاک مشترکین از نظر عمر بنا در ۴ دسته شامل کمتر از ۱۰ سال، ۱۰ تا ۲۰ سال، ۲۰ تا ۳۰ سال و بیشتر از ۳۰ سال طبقه بندی شد. در حالت کلی با افزایش عمر بنا میانگین مصرف روند نسبتاً افزایشی نشان داد؛

۴. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد حیاط با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد؛

۵. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارا و فاقد وان حمام با یکدیگر تفاوت معناداری ندارد. مطابق پرسشنامه پروژه، در این تحلیل صرفاً داشتن یا نداشتن وان حمام و نه میزان

شهر اراک تکمیل و آمار توصیفی آن به صورت مفصل ارائه شد. سپس با در نظر گرفتن میزان متوسط مصرف ماهیانه آب توسط هریک از مشترکین در سال ۱۳۹۸، تاثیر یا عدم تاثیر معنادار هر یک از موارد ذکر شده بر مصرف مشترکین خانگی به صورت جداگانه تحلیل و نتایج آن ارائه شد. در جمع بندی نتایج می توان به اهم موارد به شرح زیر اشاره نمود:

۱. در بین ۱۵ مولفه مورد بررسی، فقط ۳ مولفه تفاوت معناداری بر میزان مصرف مشترکین مسکونی نشان دادند. این مولفه ها عبارتند از: ویلایی یا آپارتمانی بودن، روش شستشوی ماشین، و روش شستشوی فرش، که هر سه به سبک زندگی خانوارها برمی گردد؛

۲. بالاتر بودن میزان مصرف املاک ویلایی احتمالا به فضای سبز موجود در ملک و امکان شستشوی اتومبیل و فرش در آن مربوط است؛

۳. در حالت کلی انتظار می رود در آپارتمان های با کنتور مشترک، نسبت به وضعیتی که هر واحد کنتور جداگانه دارد، تمایل به صرفه جویی کاهش یابد که نتیجه آن مصرف بیشتر خواهد بود، اما در مطالعه حاضر نتایج بیانگر عدم تفاوت معنادار این دو با یکدیگر است. در این خصوص لازم به ذکر است که در این مطالعه، میانگین مصرف آب هر واحد مسکونی در آپارتمان های با کنتور مشترک از تقسیم کل مصرف بر تعداد واحدها تخمین زده شده است، بدیهی است چنانچه برخی از این واحدها در دوره ای از خالی از سکنه باشند، میانگین محاسبه شده کمتر از میانگین واقعی مصرف است. از طرفی به طور کلی درصدی از واحدهای آپارتمانی خالی از سکنه هستند. از این رو، به نظر می رسد نتیجه به دست آمده در خصوص این مولفه، به دلیل فوق باشد؛

۴. شستشوی اتومبیل و فرش در منزل تفاوت معناداری در میزان مصرف واحدهای مسکونی ایجاد می کنند. طبیعتا این موضوع در املاک ویلایی امکان انجام بیشتری دارد تا املاک آپارتمانی؛

۵. فرهنگ صحیح مصرف آب ارتباط زیادی به میزان درآمد و سطح تحصیلات خانوار ندارد.

گرچه این پژوهش محدود به شهر اراک است اما به نظر می رسد نتایج این پژوهش در ارائه راه کار برای تمرکز بر کاهش مصرف موثر باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که سبک زندگی و نگاه مصرف کننده به مسئله آب در میزان مصرف آن بیشترین نقش را دارد که این موضوع، بیانگر اولویت ترویج و آموزش همگانی و به کارگیری ابزار تبلیغی برای نهادینه سازی فرهنگ صحیح مصرف

به دست آمده از این آزمون فاصله کمی با ۰/۰۵ دارد، باید با احتیاط به نتیجه به دست آمده نگریست. به عنوان مثال در سطح اطمینان (معناداری) ۹۷ درصد به بالا نمی توان فرض برابری میانگین ها را رد کرد؛

۱۰. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای کولر آبی با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای کولر گازی تفاوت معناداری ندارد. در کلیه تحلیل های این گزارش، از میانگین مصرف ماهیانه هر واحد در طی یک سال گذشته، به عنوان شاخص میزان مصرف آب استفاده شده است. این در حالی است که سیستم های سرمایشی تنها در ماه های گرم سال استفاده می شوند و لذا اگر میانگین مصرف ماه های گرم لحاظ می شد، ممکن بود نتیجه دیگری حاصل شود؛

۱۱. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای بخاری با میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای پکیج رادیاتور تفاوت معناداری ندارد؛

۱۲. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی که شستشوی فرش را در منزل انجام می دهند از میانگین مصرف واحدهایی که آن را به شرکت های قالی شویی می سپارند، بیشتر است. این افزایش مصرف با احتمال ۹۵ درصد حداقل ۲۲۰ لیتر در ماه و به طور میانگین برابر ۱/۳ مترمکعب در ماه است.

۱۳. میانگین مصرف آب واحدهای مسکونی دارای شیرآلات اهرمی با میانگین مصرف آب واحدهای دارای شیرآلات پیچی تفاوت معناداری ندارد؛

۱۴. میانگین مصرف آب خانوارهای با سطوح درآمدی مختلف تفاوت معناداری ندارد؛

۱۵. میانگین مصرف آب خانوارهای با میزان تحصیلات مختلف تفاوت معناداری ندارد.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله اثرگذاری ۱۵ مولفه در قالب ۴ بخش وضعیت ملک و تاسیسات آب بر (شامل پارامترهای ویلایی یا آپارتمانی بودن، عمر بنا، دارا بودن حیاط، دارا بودن وان حمام، نوع آب گرم کن، دارا بودن فلاش تانک، دارا بودن توالت فرنگی، سیستم سرمایش و گرمایش، نوع شیرآلات)، وضعیت کنتور (مجزا و مشترک)، سبک زندگی (روش شستشوی اتومبیل و فرش) و وضعیت خانوار (درآمد و تحصیلات) بر میزان مصرف آب مشترکین مسکونی شهر اراک بررسی و به صورت آماری تحلیل شد. ابتدا به تعداد ۱۴۰۰ فرم شامل اطلاعات ذکر شده، از مشترکین در محله های مختلف

۱۶-۲۳.

شهیدی، ع.، خاشعی سیوکی، ع.، و زراعتکار، ز.، (۱۳۹۷)، "بررسی راهبردهای موثر بر مدیریت تقاضای آب شرب شهر بیرجند"، *مجله آب و فاضلاب*، ۳۰(۱)، ۱۳۰-۱۳۵.

دهقان، ح.، و پوررضا کریم‌سرا، ن.، (۱۳۹۵)، "عوامل مؤثر بر سرانه مصرف آب خانواده‌های تهرانی"، *فصلنامه راهبرد اجتماعی فرهنگی*، ۵(۱۹)، ۲۴۵-۲۶۸.

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

Montgomery, D.C., and Runger, G.C., (2018), *Applied statistics and probability for engineers*, John Wiley and Sons, New Jersey.

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

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



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

آب باشد که باید در دستور کار شرکت‌های آب و فاضلاب شهری قرارگیرد. همچنین تمرکز بر رفتارشناسی و ابعاد شخصیتی مصرف‌کنندگان نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی مدنظر قرارگیرد.

۶- قدردانی

این مقاله از پروژه پژوهشی تحت‌عنوان "بررسی، تعیین و تدوین مدل و مشخصات بهینه نوع کنتورهای مشترکین در شهر اراک" که با حمایت شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی درحال انجام است استخراج شده است که به‌این وسیله از حمایت‌های این شرکت تشکر و قدردانی می‌شود.

۷- پی‌نوشت‌ها

1- Water Conservation Attitudes

۸- مراجع

احمدی، س.، میرفردی، ا.، و زارعی، ق.، (۱۳۹۲)، "بررسی رابطه مسولیت‌پذیری و گرایش به صرفه‌جویی در مصرف آب"، *مجله جامعه‌شناسی کاربردی*، ۲۴(۲)، ۱۸۵-۲۰۰.

بازدار، م.، گودینی، ح.، طراحی، م.، زارعی، س.، یاراحمدی، م.، محمدیان ظفرآبادی، ج.، و احمدی فرد، ط.، (۱۳۹۵)، "بررسی تاثیر آموزش بر میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در شهر خرم‌آباد در سال ۱۳۹۴"، *مجله مهندسی بهداشت محیط*، ۴(۱)، ۹-۱.

تابش، م.، علی باریانی، ا.، متولیان، س.، روزبهانی، ع.، و بیگی، س.، (۱۳۹۶)، "رتبه‌بندی راهبردهای مدیریت مصرف آب در شبکه‌های توزیع آب شهری با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP): مطالعه موردی، شهر تهران"، *نشریه مهندسی عمران/میرکبیر*، ۴۹(۱)، ۴۷-۵۶.

خلفی، ع.، شیرینی، ق.، و پوراشرف، ی.، (۱۳۹۵)، "بررسی الگوی مصرف آب خانگی با رویکرد بخش‌بندی مصرف‌کنندگان (مطالعه موردی: مصرف‌کنندگان آب خانگی شهرستان ایلام)"، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۹(۲)، ۵۹-۶۷.

شاهنگیان، س.ا.ر.، تابش، م.، صفرپور، ه.، خاشعی، م.، و عباسی، م.، (۱۳۹۹). "الزامات و ضرورت‌های ارائه یک چارچوب یکپارچه و جامع در ارزیابی سیاست‌های مدیریت تقاضای آب شهری"، *مجله علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، ۵(۴)،