



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



بررسی داده‌های دبی‌سنجی در مخازن آب شهر تهران با استفاده از مبانی آماری

میلاد لطیفی

دکتری مهندسی عمران - آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

milad.latifi@yahoo.com; milad.latifi@ut.ac.ir

محسن حجتی

کارشناس مهندسی مشاور مهتاب قدس

mhojjati@yahoo.com

خلاصه

دبی‌سنج‌ها یکی از اجزاء مهم سیستم‌های آبرسانی هستند که ممیزی آب را امکان‌پذیر می‌سازند. دبی‌سنج‌های نصب شده در ورودی و خروجی مخازن نقش قابل توجهی در اندازه‌گیری آب خریداری شده از سیستم تامین و آب وارد شده به شبکه ایفا می‌کند. در این پژوهش، داده‌های ثبت شده در ۸۱ دبی‌سنج موجود در ۲۵ مخزن آب شهر تهران با استفاده از ابزارهای آماری مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنها ۴۰ درصد داده‌های ثبت شده از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. همچنین تعداد قابل توجهی از دبی‌سنج‌ها به مدت طولانی داده‌هایی منفی یا نزدیک به صفر را ثبت کرده‌اند، اما به دلیل عدم نظارت بر داده‌های ثبت شده، این مشکلات شناسایی و برطرف نشده است. در این پژوهش، پیشنهادهایی نیز برای جلوگیری از تکرار این مشکلات معرفی شده است.

کلمات کلیدی: دبی‌سنج‌ها، مخازن آب، مبانی آماری، بهره‌برداری.

۱- مقدمه

دبی‌سنج‌ها برای تمامی جنبه‌های عملیات تامین آب، از اهمیت بسزایی برخوردارند. این دستگاه‌ها امکان دریافت هزینه از مشترکین، براساس میزان مصرف آب، را فراهم می‌سازند. دبی‌سنج‌ها میزان مصرف را ثبت می‌کنند و بنابراین می‌توانند ارسال صورت‌حساب‌های عادلانه برای مشترکین را محقق سازند. این نتایج می‌تواند با مطلع ساختن مشتریان از میزان مصرف، آنها را تشویق به رفتارهای مصرفی مناسب‌تر سازد. دبی‌سنج‌ها به تشخیص نشت و پاسخگویی سریع‌تر یاری می‌رسانند. دبی‌سنج‌های نصب شده در بخش تولید، برای اندازه‌گیری خروجی تصفیه‌خانه‌ها و منابع نصب شده و سوابق مصرف را ثبت می‌کنند، که از این اطلاعات می‌توان برای تعیین



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



دانشگاه صنعتی امیرکبیر

انجمن بین‌المللی آب و فاضلاب

نیازهای آینده سود جست. به عبارت دیگر، اطلاعات اندازه‌گیرهای آب، ممیزی دقیق آب را امکان‌پذیر می‌سازند (EPA, 2015).

در شبکه‌های توزیع آب شرب، اندازه‌گیری دبی از نقطه تامین شروع شده و تا مصرف‌کننده نهایی ادامه می‌یابد و بسته به نیازهای مختلف بهره‌برداری و نگهداری و مدیریتی، در فاصله این دو حد نیز، اندازه‌گیرهای دبی نصب می‌شود. با این حال، یکی از مهم‌ترین نقاطی که دبی‌سنجی در آن انجام می‌شود، ورودی و خروجی مخازن ذخیره آب شهری است. با استفاده از داده‌های این دبی‌سنج‌ها می‌توان الگوی مصرف آب در زون مخزن را استخراج نمود. این نتایج منجر به تعیین ضرایب حداکثر مصرف روزانه (C_1) و حداکثر مصرف ساعتی (C_2) می‌شود. همچنین، ممیزی مقدار آب خریداری شده از سیستم تامین و همچنین مقدار آب وارد شده به شبکه با استفاده از داده‌های دبی‌سنج‌های مخازن امکان‌پذیر است. با کمک داده‌های بلندمدت دبی‌سنجی مخازن می‌توان مقدار تلفات آب در مخزن را نیز اندازه‌گیری نموده و برای کاهش آن اقدام نمود.

بنابراین، نصب و بهره‌گیری از تجهیزات اندازه‌گیری دبی در ورودی و خروجی مخازن آب از اهمیت بالایی برخوردار است. با درک چنین ضرورتی، طی سال‌های اخیر اغلب مخازن آب شهر تهران به تجهیزات اندازه‌گیری دبی مجهز شده‌اند. دبی‌سنج‌های مذکور عمدتاً از نوع اولتراسونیک و برخی الکترومغناطیسی هستند. اغلب این تجهیزات قادر به ثبت دبی اندازه‌گیری شده بوده و در برخی موارد قادر به ارسال بلادرنگ (Real-Time) این داده‌ها به مرکز کنترل نیز هستند. با این حال و علیرغم هزینه قابل توجه انجام شده برای خرید و نصب این تجهیزات، تحلیل آماری برای بررسی صحت داده‌ها انجام نشده است. لازم به ذکر است که صحت‌سنجی و کالیبراسیون تجهیزات به صورت دوره‌ای قابل انجام است. اما، هدف از بررسی آماری داده‌ها کسب اطمینان از صحت داده‌ها و ارسال مرتب آن به مرکز می‌باشد. این اقدام به سرعت و با کمترین هزینه قابل انجام است. مقاله حاضر به نتایج تحلیل آماری داده‌های قرائت شده در دبی‌سنج‌های تعدادی از مخازن آب شهر تهران می‌پردازد.

۲- مبانی بررسی آماری

در ابتدا بنظر می‌آید با بررسی مجموعه داده‌های هر دبی‌سنج بتوان اطلاعات مناسبی را استخراج کرد اما با توجه به مواردی مانند خطای اندازه‌گیری، نبود اطلاعات در برخی دوره‌ها و حجم بسیار زیاد داده‌ها، جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از آنها دشوار است. به این دلیل، بررسی آماری داده‌های مزبور در دستور کار قرار گرفت.

در آمار فرض بر این است که برای مطالعه و فهم داده‌های متنوع، می‌توان آنها را به اعداد و مقادیری فرو کاست تا نتیجه را بصورت ساده‌تری ملاحظه نمود. این مقادیر و اعداد در دو دسته قابل تقسیم‌بندی هستند. دسته اول، اعدادی هستند که در مرکز داده‌ها قرار دارند و معیارهای تمرکز خوانده می‌شوند. معیارهای تمرکز نشان‌دهنده شباهت‌های داده‌ها می‌باشند. دسته دوم معیارها، نشانگر تفاوت داده‌ها است که بدان معیارهای پراکندگی می‌گویند. برای نمایش و قضاوت درباره تفاوت داده‌ها، از معیارهای پراکندگی استفاده می‌شود. تعداد داده‌ها و مقادیر حداقل و حداکثر مستقلاً بعنوان معیارهای فوق بکار گرفته نمی‌شوند، ولی در محاسبه برخی از معیارها از آنها سود جسته می‌شود.

در این پژوهش، برای ارزیابی داده‌ها، هم معیارهای تمرکز و هم معیارهای پراکندگی بکار گرفته می‌شوند. البته معیارهای دیگری برای هر یک از این موارد وجود دارد که در جدول زیر فقط اجزای مربوط به معیارهای تمرکز و پراکندگی ذکر شده که در بررسی داده‌های مربوط به دبی استفاده شده است. در ادامه شرح مختصری از هر یک از معیارهای مزبور ارائه شده است.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

جدول ۱: معیارهای بررسی آماری داده‌های دیبی‌سنجی

میانگین	شاخص‌های تمرکز
میانه	
چارک‌ها	
دهک‌ها	
دامنه تغییرات	شاخص‌های پراکندگی
انحراف معیار	
چولگی	
کشیدگی	

۲-۱- شاخص‌های تمرکز

میانگین (Mean)، معدل و یا متوسط داده‌ها را نشان داده و از جمع کلیه مقادیر بخش بر تعداد داده‌ها بدست می‌آید. برای مجموعه‌ای از داده‌ها تنها یک میانگین حسابی وجود دارد. تمام مقادیر در محاسبه میانگین به کار می‌روند. مقادیر خیلی کم و یا خیلی زیاد روی آن تأثیر می‌گذارد و آن را منحرف می‌کند.

میانه (Median) شاخصی است که داده‌ها به طور مساوی در دو طرف آن قرار دارند، یعنی ۵۰ درصد داده از آن بیشتر و ۵۰ درصد داده از آن کمتر می‌باشند. تفاوت زیاد بین میانگین و میانه نشان‌گر وجود داده‌های متفاوت است. برای مجموعه‌ای از داده‌ها تنها یک میانه وجود دارد. تمام مقادیر در محاسبه میانه به کار می‌روند. مقادیر خیلی کم و یا خیلی زیاد روی آن تأثیر نمی‌گذارد. میانه در مواردی می‌تواند جایگزین مناسبی برای میانگین باشد.

چارک‌ها (Quartile) نقاطی بر روی مقیاس اندازه‌گیری هستند که کلیه داده‌ها را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. چارک اول نقطه‌ای است که ۲۵ درصد داده‌ها از آن بزرگ‌ترند. چارک دوم نقطه‌ای است که ۵۰ درصد داده‌ها از آن بزرگ‌ترند و همان میانه بوده و چارک سوم نیز نقطه‌ای است که ۷۵ درصد داده‌ها از آن بزرگ‌ترند [۲].

دهک‌ها نقاطی بر روی مقیاس اندازه‌گیری هستند که کلیه داده‌ها را به ده قسمت مساوی تقسیم می‌کنند. دهک n-ام نقطه‌ای است که ۱۰n درصد از داده‌ها از آن بزرگ‌ترند.

۲-۲- شاخص‌های پراکندگی

دامنه تغییرات (Range) تفاضل میزان بزرگ‌ترین داده (Max) و کوچک‌ترین داده (Min) می‌باشد. دامنه شاخصی است که تفاوت بین کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین داده را نشان می‌دهد. در محاسبه این شاخص فقط دو عدد نقش دارند، بنابراین به نحو مطلوب گویای پراکندگی صفت نیست. انحراف معیار (Standard Deviation) جذر مجموع مربعات تفاضل داده از میانگین می‌باشد. مقدار انحراف معیار متناسب با تغییر در پراکندگی داده‌ها تغییر می‌کند. در صورتی که توزیع داده‌ها، پراکندگی زیادی نسبت به میانگین

داشته باشد، انحراف معیار بزرگ خواهد شد. چنانچه تمام داده ها در اطراف میانگین انباشته شده باشند، مقدار انحراف معیار نیز کاهش می یابد.

در طبیعت بطور معمول داده های بیش از ۱۰ عدد از توزیع نرمال پیروی می کنند که شاخصه آن به شکل رابطه زیر بیان می شود:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

که در آن $f(x)$ نشانگر درصد فراوانی داده، μ مقدار ثابت میانگین و σ مقدار انحراف معیار می باشد. داده های مختلف ممکن است دارای انحراف از شکل متقارن توزیع نرمال باشند که این میزان انحراف در عرض با کمیته به نام چولگی (Skewness) و در طول به نام کشیدگی (Kurtosis) سنجیده می شود. مقدار چولگی از رابطه زیر بدست می آید:

$$\gamma_1 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3}{N \sigma^3} \quad (2)$$

که در آن γ_1 مقدار چولگی، x_i نشان دهنده داده i -ام و N تعداد داده ها است [۳]. اگر دنباله طولانی توزیع، در سمت راست میانگین واقع شده باشد، مقدار چولگی مثبت و در غیر این صورت منفی است. هرچه توزیع، انحراف بیشتری در عرض داشته باشد، قدرمطلق چولگی بزرگ تر است. همچنین مقدار کشیدگی (کورتوسیس) از رابطه زیر بدست می آید:

$$\gamma_2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^4}{N \sigma^4} \quad (3)$$

که در آن γ_2 مقدار کشیدگی است. کشیدگی، میزان به اوج رسیدگی توزیع را نشان می دهد [۳]. برای داده هایی که میزان چولگی یا کشیدگی آنها بیرون از بازه (۲، -۲) باشند فرض نرمال بودن داده ها باید مورد آزمون قرار گیرد. رایج ترین آزمون در این زمینه آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov Test) است. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف یک آزمون ناپارامتری است که فرض صفر آن تطابق توزیع فراوانی داده ها با توزیع آماری مورد نظر (در اینجا توزیع نرمال) می باشد. در صورتی که فرض صفر رد شود، داده های مشاهداتی از توزیع آماری مورد نظر تبعیت نمی کند [۲].

۳- بررسی آماری داده ها

به منظور بررسی آماری داده های دبی سنج های نصب شده، ۲۴ مخزن موجود در سطح شهر تهران انتخاب شد. در این تحقیق، به منظور حفظ رازداری اطلاعات بهره بردار، این مخازن با حروف A تا X نامگذاری شدند. همچنین هر یک از دبی سنج ها با نام FT-XX نامگذاری شده است که در آن XX شماره دبی سنج است. در این مخازن مجموعاً ۸۱ دستگاه دبی سنج نصب شده است که داده های اندازه گیری دبی ورودی یا خروجی مخزن را در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه ای ثبت می کند. بنابراین در یک سال حدود ۳۵۰۰۰ رکورد داده ثبت می شود. داده های مورد استفاده بین سال ها ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ ثبت شده است. برخی دبی سنج ها در دوره هایی داده ای ثبت نکرده اند که احتمالاً به دلیل خاموش بودن دبی سنج بوده است.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

تحلیل آماری داده‌های دبی‌سنج‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19.0 انجام شده است. در هر یک از مجموعه داده‌های دبی‌سنج‌ها شاخص‌های آماری ذکر شده در بند (۲) محاسبه شده است. در ۵۱ دبی‌سنج مورد بررسی، تعداد ۱۰۵،۱۲۱ رکورد ثبت شده که معادل ۳ سال ثبت داده می‌باشد. همچنین کمترین داده‌های ثبت شده در دبی‌سنج FT-02 در مخزن ۷ می‌باشد که تنها ۱۵،۰۶۴ داده (معادل ۵ ماه) را ثبت نموده است.

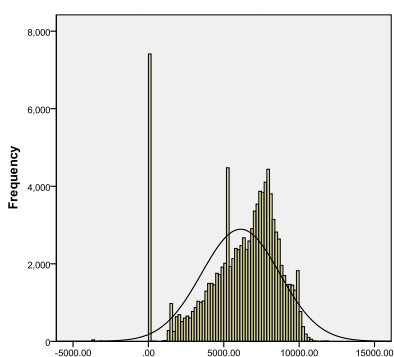
نرم‌افزار مقدار میانگین و میانه را برای هر یک از مجموعه داده‌های دبی‌سنج‌ها ثبت نموده است. همچنین به منظور بررسی میزان پراکندگی داده‌ها در هر مجموعه، اختلاف میانگین و میانه نیز مورد بررسی قرار گرفت. از میان ۸۱ دبی‌سنج بررسی شده، تنها در ۲۶ دبی‌سنج (۳۲ درصد موارد) اختلاف میانگین و میانه کمتر از ۱۰ درصد بوده و در ۵۵ دبی‌سنج (۶۸ درصد موارد) اختلاف آنها بیش از ۱۰ درصد است. این موضوع نشان‌دهنده پراکندگی بالای داده‌ها در اغلب دبی‌سنج‌ها می‌باشد.

مقدار انحراف معیار و واریانس مجموعه داده‌های هر دبی‌سنج نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در این میان بیشترین انحراف معیار مربوط به دبی‌سنج FT-02 در مخزن B به میزان ۲،۵۹۰ مترمکعب بر ساعت و کمترین انحراف معیار مربوط به دبی‌سنج FT-01 در مخزن X به میزان ۰/۱۵۱ مترمکعب بر ساعت بوده است.

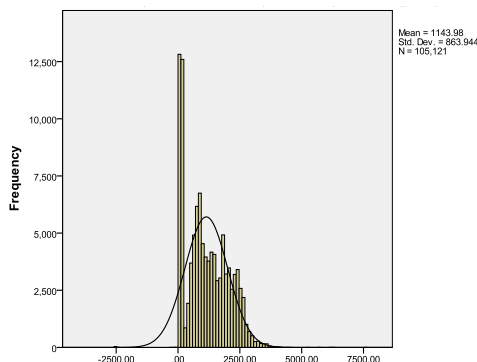
نکته قابل توجه اینکه در بررسی داده‌های بسیاری از دبی‌سنج‌ها مشخص شد که دبی‌سنج داده‌های منفی را ثبت نموده است. با توجه به شرایط مخازن و تجهیزات مکانیکی موجود، عملاً امکان برگشت جریان و ایجاد دبی منفی وجود ندارد و ثبت داده‌های منفی نشان از بروز اشتباه و عدم دقت در ثبت داده‌ها دارد. از میان ۸۱ دبی‌سنج مورد بررسی، ۶۷ دبی‌سنج حداقل یک بار داده‌های منفی را ثبت نموده‌اند و ۵۱ دبی‌سنج داده‌های منفی کمتر از ۱۰۰۰- مترمکعب بر ساعت را نیز ثبت نموده‌اند که نشان‌دهنده تصادفی نبودن موضوع و وجود ایراد سیستماتیک است.

دلایل مختلفی در خصوص وجود داده‌های صفر، منفی و یا مقادیر نامتعارف در بین اطلاعات قابل تصور است. مثلاً قطع ارتباط بین محل اندازه‌گیری و مرکز جمع‌آوری اطلاعات می‌تواند منجر به ثبت داده‌های صفر شود. همچنین، از مدار خارج شدن تجهیزات اندازه‌گیری بواسطه عواملی مانند قطع تغذیه اندازه‌گیر و خرابی اندازه‌گیر نیز می‌تواند سبب ثبت داده‌های نامتعارف شود. در ادامه مقدار شاخص چولگی و کشیدگی برای هر مجموعه داده‌ها محاسبه گردید. مقدار این شاخص‌ها به عنوان معیار تصمیم‌گیری در خصوص نرمال بودن توزیع داده‌ها انتخاب شده‌اند. در مواردی که مقدار شاخص‌های چولگی و کشیدگی در بازه (۲، -۲) قرار گرفته‌اند، توزیع داده‌ها نرمال فرض شده است و در غیر این صورت، از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف برای تعیین برآزش داده‌ها روی توزیع نرمال استفاده شده است. از میان ۸۱ مجموعه داده، داده‌های ۳۳ دبی‌سنج (۴۱ درصد داده‌ها) از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. همچنین داده‌هایی که مقدار چولگی و کشیدگی آنها در بازه (۲، -۲) قرار نگرفته بود، در آزمون کولموگراف-اسمیرنوف شرکت داده شدند. نتیجه آزمون نشان داد که هیچ‌یک از مجموعه داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند. بنابراین داده‌های ۴۸ دبی‌سنج (۵۹ درصد داده‌ها) از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند.

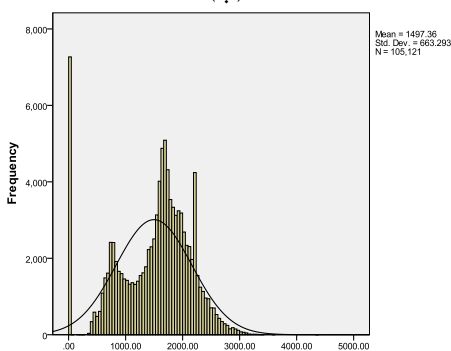
در ادامه منحنی‌های توزیع فراوانی برخی از دبی‌سنج‌های مورد بررسی ارائه می‌شود. شکل (۱) توزیع فراوانی داده‌های دبی‌سنجی در یکی از مخازن (مخزن B) را نشان می‌دهد. تنوع توزیع‌های آماری در دبی‌سنج‌های نصب شده در یک مخزن از نکات قابل توجه این شکل است.



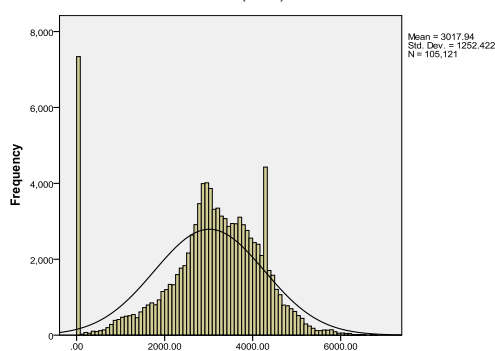
(ب)



(الف)



(د)

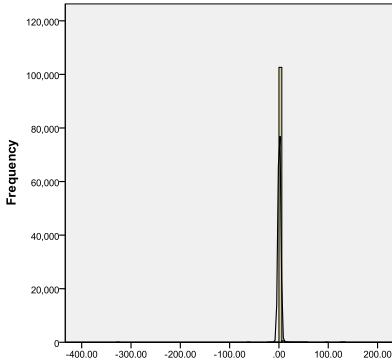


(ج)

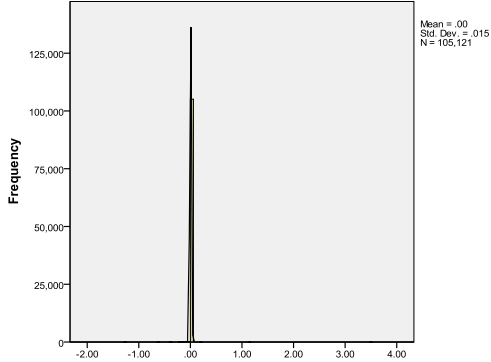
شکل ۱: توزیع داده‌های دبی سنجی در (الف) دبی سنج FT-01 مخزن B؛ (ب) دبی سنج FT-02 مخزن B؛ (ج) دبی سنج FT-08 مخزن B؛ (د) دبی سنج FT-05 مخزن B.

در شکل (۱-الف) ملاحظه می‌شود که بخشی از داده‌ها در محدوده صفر و نزدیکی آن قرار دارد. داده‌ها دارای چولگی مثبت بوده و بدلیل قرار گرفتن مقدار چولگی و کشیدگی در بازه مناسب، داده‌های دبی سنج از توزیع نرمال پیروی می‌کند. در شکل (۲-ب) نیز بخشی از داده‌ها در محدوده نزدیک به صفر قرار گرفته‌اند. داده‌های این مجموعه دارای چولگی منفی بوده و با این حال از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. تعداد دیگری از دبی‌سنج‌ها هم مانند این دو دبی‌سنج دارای داده‌های نزدیک به صفر هستند، اما از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

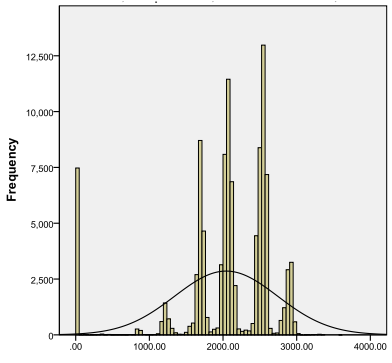
در شکل (۱-ج) ملاحظه می‌شود که علاوه بر وجود تعداد زیادی داده نزدیک به صفر، داده‌ها دارای توزیع نزدیک‌تری به توزیع نرمال است. این داده‌ها دارای اندکی چولگی منفی هستند. اما چولگی و کشیدگی آنها در بازه مجاز توزیع نرمال قرار دارد. در شکل (۱-د) داده‌ها دارای دو قله هستند. قله بزرگ‌تر بلندتر بوده و موجب شده که چولگی توزیع فراوانی منفی باشد. وجود دو قله نشان‌دهنده این است که در اغلب ساعات، دبی عبوری از دو الگوی مشخص پیروی می‌کند. در این مورد هم بدلیل قرار گرفتن مقدار چولگی و کشیدگی در بازه مناسب، داده‌های دبی سنج از توزیع نرمال پیروی می‌کند.



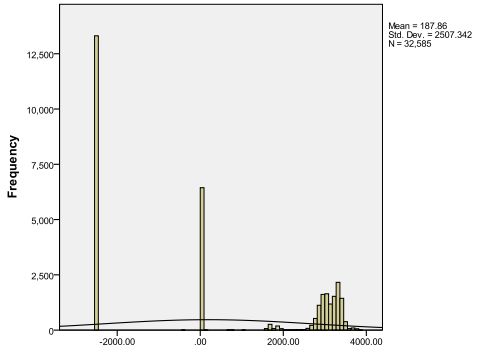
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

شکل ۲: توزیع داده‌های دبی سنجی در (الف) دبی سنج FT-01 مخزن X؛ (ب) دبی سنج FT-03 مخزن F؛ (ج) دبی سنج FT-06 مخزن A؛ (د) دبی سنج FT-04 مخزن R

در شکل‌های (۲-الف) و (۲-ب) ملاحظه می‌شود که بخش قابل توجهی از داده‌ها در محدوده صفر قرار گرفته است و بخش اندکی از داده‌ها بیشتر از صفر است. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که در طول دوره قرائت داده‌ها (حدود ۳ سال) هیچ داده‌ای قرائت نشده است. همچنین ممکن است در طول دوره قرائت داده‌ها هیچ دبی از دبی سنج عبور نکرده است. این موضوع که بدلیل عدم بررسی داده‌ها، یک دبی سنج در طول چند سال داده‌های برابر با صفر را ثبت نموده است، در داده‌های حداقل ۱۲ دستگاه از دبی سنج‌ها قابل مشاهده است.

در شکل (۲-ج) بخش قابل توجهی از داده‌ها دارای مقادیر منفی است که از نظر عملی امکان‌پذیر نمی‌باشد. این امر نشان می‌دهد که دبی سنج در یک بازه زمانی طولانی داده‌های اشتباهی را قرائت و ثبت نموده است، اما به دلیل عدم وجود نظارت بر روی داده‌ها این مشکل شناسایی و برطرف نشده است. تعداد قابل توجهی از دبی سنج‌ها وضعیت مشابهی دارند. در شکل (۲-د) ملاحظه می‌شود که در این دبی سنج نیز، بخشی از داده‌ها برابر با صفر هستند. علاوه بر آن، در طول دوره قرائت (۳ سال) دبی عبوری از دبی سنج از ۵ الگوی متمایز تبعیت نموده است و عدم وجود توزیع یکنواخت، به معنی عدم پیروی از توزیع نرمال است.



اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



۴- جمع بندی

در این تحقیق، داده‌های ثبت شده توسط دبی‌سنج‌های موجود در ورودی و خروجی ۲۴ مخزن آب شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت. در مورد داده‌های هر دبی‌سنج، شاخص‌های آماری تمرکز و پراکندگی مورد محاسبه قرار گرفتند. ملاحظه گردید که تنها ۴۰ درصد از داده‌های ثبت شده از توزیع نرمال پیروی می‌کند. همچنین در بسیاری از موارد، دبی‌سنج به مدت طولانی (مثلاً ۳ سال) داده‌های برابر با صفر یا نزدیک به صفر را ثبت نموده است.

به واسطه نرمال نبودن بخش زیادی از داده‌ها، برآورد سالانه دبی‌ها با دقت مناسب امکان‌پذیر نمی‌باشد. براساس بررسی‌های انجام شده در خصوص داده‌های دبی تاسیسات مختلف دریافتی از سامانه تله‌متری، ملاحظه می‌شود که بخشی از اطلاعات برای فعالیت‌هایی مانند تعیین ضریب حداکثر مصرف روزانه (C_1) و حداکثر مصرف ساعتی (C_2) از دقت زیادی برخوردار نخواهند بود. این موضوع در خصوص تهیه جداول تعادل آب سالانه نیز صادق است. بدیهی است اطلاعات دبی‌سنجی نقاط مختلف بدلیل گوناگون از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند که وجود اطلاعات نادقیق در بین آنها، می‌تواند سبب خطا در تعیین استراتژی‌های بهبود و کنترل نشت آب گردد. بدیهی است هرگاه نتوان از صحت اطلاعات اطمینان حاصل نمود، آنگاه امکان تشخیص مواردی مانند نشت و یا شکستگی در خطوط انتقال و شبکه توزیع، مبتنی بر این اطلاعات نیز، وجود نخواهد داشت.

براساس موارد ذکر شده در بالا و به منظور جلوگیری از تکرار این مشکلات لازم است در مدار قرار داشتن دبی‌سنج و وجود ارتباط مخابراتی بین مرکز و محل اندازه‌گیری، بطور مداوم تحت بازرسی قرار گیرد. همچنین بازرسی و بازدید مستمر دبی‌سنج‌ها توسط کارشناسان مجرب ضروری است. در برخی موارد، عدم رعایت فواصل مستقیم مورد نیاز قبل و بعد از اندازه‌گیری (براساس توصیه‌های سازندگان) موجب ثبت داده‌های نامتعارف می‌شود که در این موارد لازم وضعیت نصب تجهیزات اندازه‌گیری کنترل شود.

احتراز از خالی یا نیمه‌پر شدن مسیر خط لوله که اندازه‌گیر بر روی آن نصب شده، احتراز از برگشت جریان و ثبت اطلاعات بصورت مقادیر منفی و احتراز از کاهش سرعت به مقادیر حدی تعیین شده توسط سازنده اندازه‌گیر از دیگر راه‌های جلوگیری از ثبت داده‌های دارای خطا و نامتعارف است. به علاوه، لازم است اندازه‌گیر دبی بصورت دوره‌ای توسط سازمان‌ها و موسسات معتبر کالیبره شود و ضمن ثبت فرآیند کالیبراسیون، برجسب نشانگر زمان کالیبراسیون قبلی و بعدی بر روی اندازه‌گیر الصاق شود. در این تحقیق ملاحظه گردید که با تهیه و تحلیل گزارشات روزانه، هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه به همراه مولفه‌های آماری مختلف توسط سامانه تله‌متری و بررسی گزارشات هر منطقه توسط آن منطقه می‌توان تا حد قابل توجهی از این مشکلات کاست. یکی از دلایلی که تحلیل داده‌ها را دشوار می‌کند، ثبت داده‌ها در فرمت *.txt است. بنابراین، توصیه می‌شود خروجی داده‌ها در فرمت صفحات گسترده (اکسل) ثبت شود. در نهایت، می‌توان با انتخاب دبی‌سنج‌هایی با دقت بالاتر (مانند دبی‌سنج‌های الکترومغناطیس) دقت اندازه‌گیری‌ها را نیز تا حد قابل توجهی ارتقاء داد.

۵- مراجع

- [1] EPA. (2015). *Building the Capacity of Drinking Water Systems*, Environment Protection Agency.
- [2] Kendall, M.G.; Stuart, A. (1969). *The Advanced Theory of Statistics, Volume 1: Distribution Theory*, 3rd Edition, Griffin.
- [3] Joanes, D.N., Gill, C.A. (1998). "Comparing measures of sample skewness and kurtosis." *Journal of the Royal Statistical Society (Series D): the Statistician*, **47** (1), 183-189.