



شرکت آب و فاضلاب کوزهر پردیس فناورانه مشهد

# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1st National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## ارزیابی دقت کنتورهای آب خانگی و تأثیر آن در میزان آب بدون درآمد ۱۳ شهر تابعه شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی

محمد پوراسحاق

کارشناس ارشد مهندسی عمران - مهندسی محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی

[Pour.isaac@gmail.com](mailto:Pour.isaac@gmail.com)

عزیزا... مبینی

مدیر کل دفتر نظارت بر بهره برداری آب، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

[mobini@nww.ir](mailto:mobini@nww.ir)

مهدی پوراسحاق

کارشناس ارشد مهندسی عمران - مهندسی رودخانه، شرکت آب و فاضلاب خراسان شمالی

[Poureshagh.mahdi@yahoo.com](mailto:Poureshagh.mahdi@yahoo.com)

### چکیده

این تحقیق با هدف شناسایی مقدار آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورهای مشترکین آب شهری انجام گرفته است. بدین منظور به روش خوشه ای ۰/۳ درصد کنتورهای مشترکین خانگی ۱۳ شهر تابعه شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی انتخاب و میزان دقت آنها در دبی ۳۰، ۱۲۰ و ۱۵۰۰ لیتر در ساعت اندازه گیری شدند. سپس مقدار آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورها محاسبه و نتایج به کل استان و نهایتاً به کل کشور تعمیم داده شد. بر اساس مقادیر اندازه گیری شده، به طور میانگین حدود ۱۶ درصد کنتورها در هر سه دبی فوق در محدوده استاندارد واقع شده و سالم هستند و مابقی آنها دارای خطای غیر مجاز بوده و ایجاد هدر رفت ظاهری می نمایند. این تحقیق نشان داد که خطای منفی کنتورهای آب خانگی خیلی بیشتر از خطای مثبت آنها است. در نهایت پس از تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی، آب بدون درآمد ناشی از خطای کنتورها ۱۲/۸ درصد مصارف مجاز با درآمد بدست آمد.

کلمات کلیدی: دقت کنتور آب، هدر رفت ظاهری، آب بدون درآمد.

### ۱- سرآغاز

کنتورهای آب دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار فروش آب شرکت های آب و فاضلاب به شمار می آیند و دقت آنها تأثیر مستقیمی بر درآمدهای شرکت های آب و فاضلاب و همچنین مدیریت مصرف دارد. عدم دقت کنتورها یکی از اجزای اصلی آب بدون درآمد در شبکه‌های توزیع آب شهری است لذا آزمایش دقت کنتورها می تواند بعنوان یکی از راهکارهای بررسی کنتورها در سیستم های آبرسانی باشد.

آب بدون درآمد شامل مصارف مجاز بدون درآمد (اندازه گیری شده و نشده)، هدر رفت ظاهری (مصارف غیرمجاز، خطای مدیریت داده ها و سیستم و عدم دقت تجهیزات اندازه گیری) و هدر رفت واقعی (نشت از انشعابات مشترکین، نشت از شبکه توزیع، نشت از خطوط انتقال و نشت و سرریز از مخازن) است [۱].

عوامل متعددی ممکن است موجب ایجاد عدم دقت در کنتورها شود؛ خطای ناشی از عملکرد کنتور (مانند فرسایش زیاد قطعات کنتور)، تأثیر شرایط آب بر سیستم اندازه گیری (مانند درجه حرارت بالا، خوردگی و مواد معلق موجود در آن)، تأثیر تجهیزات جانبی بر عملکرد کنتور، تأثیر شرایط محیطی و جغرافیایی بر سیستم اندازه گیری (نظیر فشار، رطوبت، سرما و گرما)، نحوه نصب و نگهداری کنتور، میزان تجربه افراد و نحوه قرائت کنتور، تمیز نبودن فیلتر، جنس نامرغوب چرخ دنده ها و نگهداری نامناسب کنتور در انبار از مهم ترین آن ها به شمار می آیند [۲].

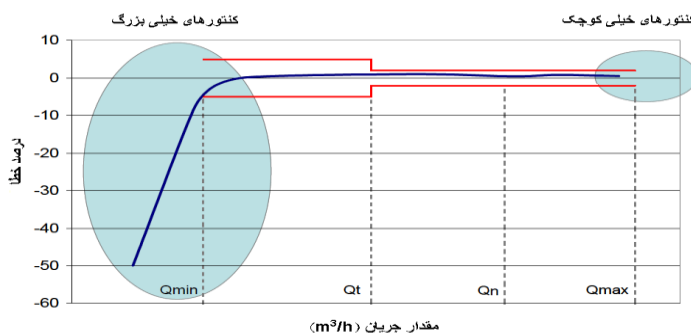
### ۱-۱- وسایل و آزمایش ها

در این تحقیق تعداد ۱۳ شهر با حدود ۱۵۴۰۰۰ اشتراک خانگی در نیمه دوم سال ۱۳۸۸ به عنوان پایلوت در نظر گرفته شد. به طور تصادفی ۰/۳ درصد کنتورهای مشترکین خانگی شهرهای قوچان، بردسکن، خلیل آباد، طرهبه، شاندیز، کاشمر، بجنستان، سرخس، تایباد، خواف، نیشابور، جوین و کاخک انتخاب و میزان دقت آن ها در دبی های ۳۰، ۱۲۰ و ۱۵۰۰ لیتر در ساعت اندازه گیری و تجزیه و تحلیل آماری شدند. سپس مقدار آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورها محاسبه و نتایج به کل استان و نهایتاً به کل کشور تعمیم داده شد.

به منظور تعیین دقت کنتور، مقدار معینی آب از داخل کنتور عبور داده می شود و در هر دبی، میزان خطای کارکرد کنتور با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود.

$$\text{دقت کنتور} = \frac{V_i - V_c}{V_c} \times 100 \quad (1)$$

که در آن  $V_c$  حجم آب واقعی عبوری از کنتور (که از روی دستگاه تست خوانده می شود) و  $V_i$  حجم آب نشان داده شده توسط کنتور هستند. شکل (۱) نشان دهنده منحنی عملکرد کنتورهای مکانیکی است. محور افقی مقدار دبی و محور عمودی خطای کنتور را بر حسب درصد نشان می دهد که از رابطه (۱) بدست می آید.



شکل ۱: منحنی دقت کنتورهای مکانیکی [۳]



شرکت آب فاضلاب کور پردیس فن و مهندسی شهید باهنر

# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

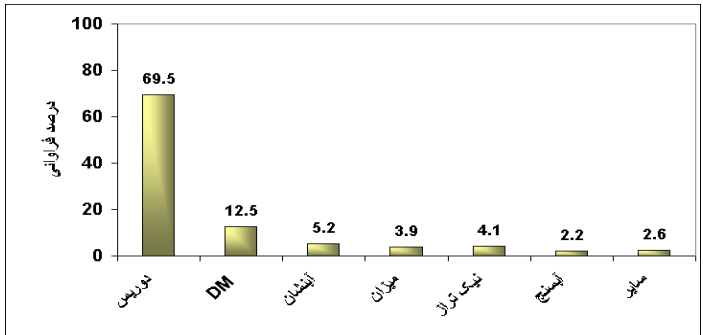


از روی منحنی فوق، علاوه بر تعیین سطح کنتور، می توان شرایط عمومی عملکرد کنتور را نیز تفسیر کرد. نقاط مهم این منحنی که جزو مشخصات فنی کنتورهای آب سرد نیز محسوب می شوند؛ شامل دبی شروع ( $Q_s$ )، دبی حداقل ( $Q_{min}$ )، دبی انتقال ( $Q_t$ )، دبی اسمی ( $Q_n$ ) و دبی حداکثر ( $Q_{max}$ ) می باشند. لازم به ذکر می باشد محدوده نسبت جریان (محدوده دبی) که فاصله بین  $Q_{min}$  و  $Q_{max}$  می باشد؛ مطابق شکل (۱) به دو محدوده مجاز  $\pm 5\%$  (بین  $Q_t$  و  $Q_{min}$ ) و محدوده مجاز  $\pm 2\%$  (بین  $Q_{max}$  و  $Q_t$ ) تقسیم می شود [۴].

## ۲-۱- نتایج آزمایشها و بحث

### ۱-۲-۱- تحلیل دقت کنتورهای خانگی

درصد فراوانی کنتورها بر اساس نام تجاری در شکل (۲) منعکس شده است. با توجه به نتایج آزمایشها ملاحظه می شود که حدود ۶۹/۵ درصد کنتورها مربوط به مارک تجاری دوریس و ۲۹/۵ درصد آنها مربوط به بقیه مارک های تجاری است. بر اساس مقادیر اندازه گیری شده دقت کنتورها در دبی حداقل، دبی انتقال و دبی اسمی، به طور میانگین ۱۶ درصد کنتورها در هر سه دبی در محدوده استاندارد ISO-4064 واقع شده و سالم هستند و مابقی آنها که ۸۴ درصد کنتورها را شامل می شود در حداقل یکی از دبی های فوق، خارج از محدوده استاندارد واقع شده و دارای خطای غیر مجازند لذا ایجاد هدر رفت ظاهری می نمایند.

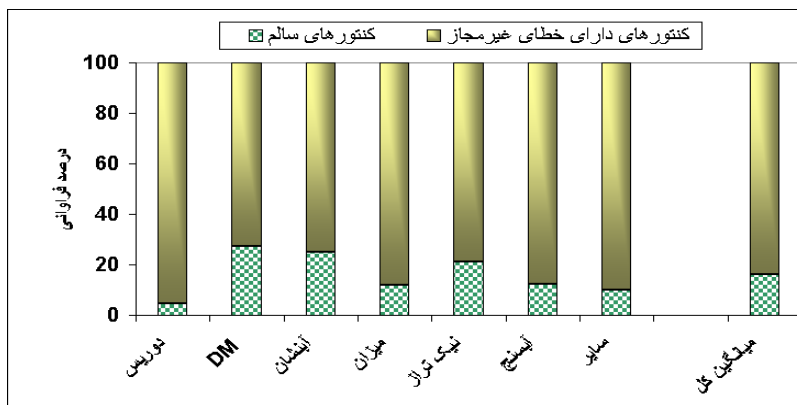


شکل ۲: درصد فراوانی کنتورها بر اساس نام تجاری

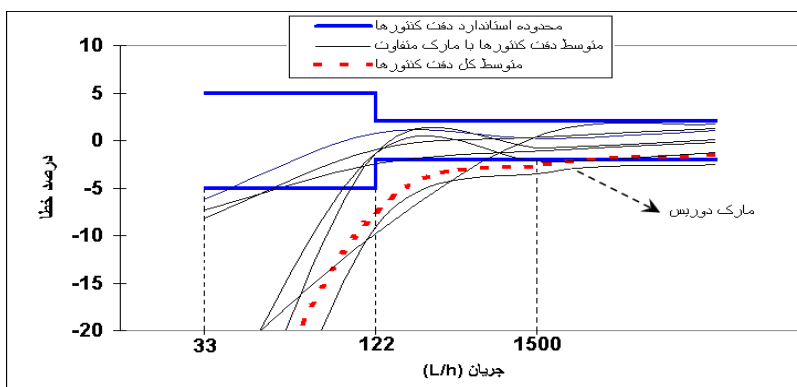
همانگونه که در شکل (۳) نیز ملاحظه می گردد مارک تجاری دوریس علیرغم بیشترین فراوانی، کمترین دقت را دارد و فقط ۴/۷ درصد آنها سالم است و کنتورهای با مارک تجاری DM و آبنشان به ترتیب ۲۷/۵ و ۲۵ درصدشان سالم بوده و نسبت به بقیه کنتورها از شرایط نسبتاً مطلوب تری برخوردارند.

شکل (۴) منحنی میانگین دقت کنتورها را بر اساس نام تجاری نشان می دهد. ملاحظه می گردد که تمام قسمت های منحنی دقت مارک دوریس که بخش اعظم کنتورهای مشترکین شرکت های آب و فاضلاب را به خود اختصاص می دهد، خارج از محدوده استاندارد واقع شده است. همچنین میانگین کل منحنی های دقت نیز خارج از محدوده استاندارد قرار دارد. لذا

مقرون به صرفه است برای بهبود عملکرد کنتورها، ارزیابی مداوم و تهیه فهرست واجدین صلاحیت تولید کنندگان و کنتورهای آب در برنامه شرکت های آب و فاضلاب قرار گیرد.

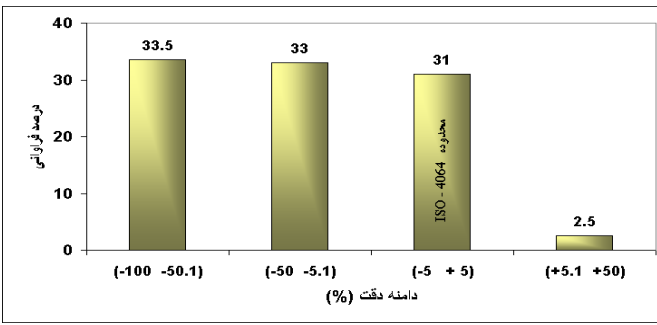


شکل ۳: درصد فراوانی کنتورهای سالم و کنتورهای دارای خطای غیر مجاز

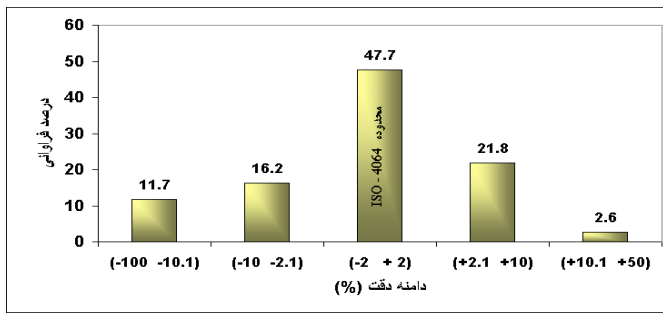


شکل ۴: منحنی میانگین دقت کنتورهای آزمایش شده

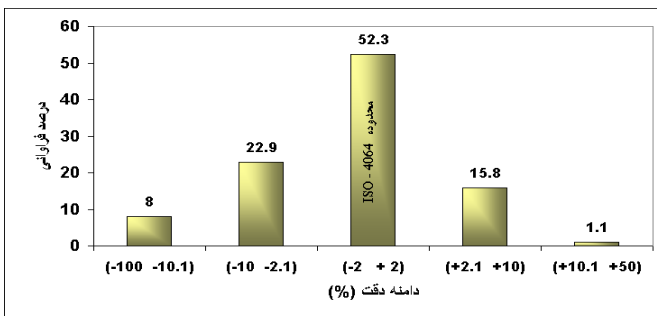
در شکل (۵) درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی حداقل، در شکل (۶) درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی انتقال و در شکل (۷) درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی اسمی منعکس شده‌اند. حدود ۳۱ درصد کنتورها در دبی حداقل، ۴۷/۷ درصد کنتورها در دبی انتقال و ۵۲/۳ درصد کنتورها در دبی اسمی در محدوده استاندارد جهانی قرار دارند. اما فقط ۱۶ درصد کنتورها در هر سه دبی فوق در محدوده استاندارد واقع شده و سالم هستند (شکل ۳ و ۴).



شکل ۵: درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی حداقل

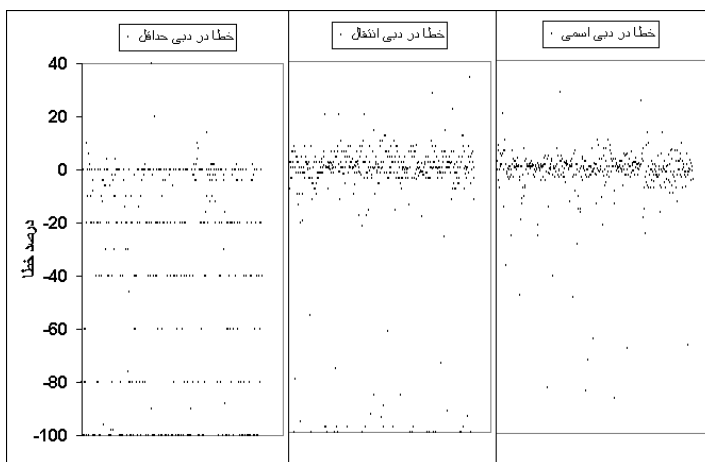


شکل ۶: درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی انتقال

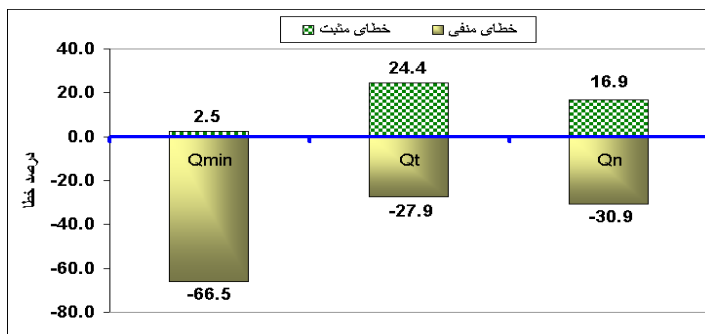


شکل ۷: درصد فراوانی دقت کنتورها در دبی اسمی

شکل (۸) پراکندگی دقت کنتورها و شکل (۹) درصد خطای مثبت و منفی کنتورها را در دبی حداقل، دبی انتقال و دبی اسمی نشان می‌دهند. ملاحظه می‌گردد که ۶۶/۵ درصد کنتورها در دبی حداقل، ۲۷/۹ درصد در دبی انتقال و ۳۰/۹ درصد در دبی اسمی دارای خطای منفی هستند. همچنین ۲/۵ درصد کنتورها در دبی حداقل، ۲۴/۴ درصد در دبی انتقال و ۱۶/۹ درصد در دبی اسمی دارای خطای مثبت هستند. در مجموع میانگین خطای منفی کنتورها بیش از خطای مثبت آن‌ها است.



شکل ۸: پراکندگی دقت کنتورها در دبی حدافل، دبی انتقال و دبی اسمی



شکل ۹: درصد خطای مثبت و منفی کنتورها در خارج از محدوده ی استاندارد

### ۱-۲-۲- تحلیل اقتصادی کنتورهای خانگی

برای محاسبه آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورها، ابتدا متوسط ضریب تصحیح وزنی ناشی از خطای کنتورها را از رابطه (۲) بدست می آوریم:

$$C_T = n_1.C_{Q_{min}} + n_2.C_{Q_t} + n_3.C_{Q_n} \quad (2)$$

که در آن  $C_T$  متوسط ضریب تصحیح وزنی،  $C_{Q_{min}}$  ضریب تصحیح در دبی حدافل،  $C_{Q_t}$  ضریب تصحیح در دبی انتقال،  $C_{Q_n}$  ضریب تصحیح در دبی اسمی،  $n_1$  درصد مصرف مشترک در محدوده دبی حدافل،  $n_2$  درصد مصرف مشترک در محدوده دبی انتقال و  $n_3$  درصد مصرف مشترک در محدوده دبی اسمی هستند.



# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب



1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

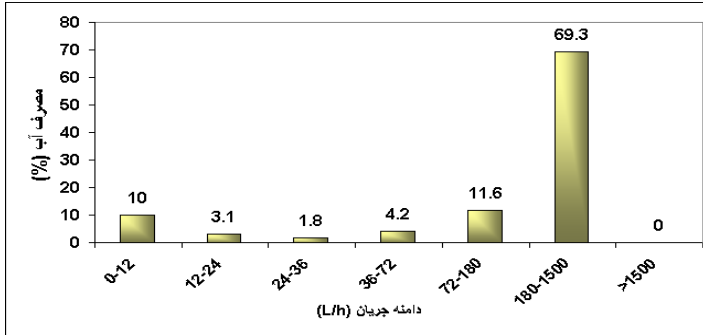
۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶

برای تعیین متوسط ضریب تصحیح وزنی با استفاده از نتایج حاصل از تست کنتورها جدول (۱)، ابتدا میانگین خطاها را برای دبی حداقل، دبی انتقال و دبی اسمی بدست آورده و سپس ضریب تصحیح هر کدام را محاسبه می‌نماییم. همچنین درصد وزنی مصرف مشترکین در دبی‌های مورد آزمایش را از روی الگوی مصرف خانگی شکل (۱۰) استخراج و با جانمایی ارقام بدست آمده در رابطه (۲)، متوسط ضریب تصحیح وزنی برای کل کنتورها را بدست می‌آوریم.

جدول ۱: محاسبه متوسط ضریب تصحیح کنتورها براساس خطاهای اندازه‌گیری

دبی آزمایش (L/h)	میانگین خطاها (%)	ضریب تصحیح	درصد وزنی مصرف در دبی آزمایش
۳۰	-۳۹/۰۶	۱/۶۴۷۸	۱۴/۹
۱۲۰	-۷/۵۴	۱/۰۸۱۵	۱۵/۸
۱۵۰۰	-۲/۵۵	۱/۰۲۶۲	۶۹/۳
متوسط ضریب تصحیح وزنی		۱/۱۲۸	

لازم به توضیح است که تحقیق یا مطالعه‌ای در ایران در خصوص الگوی مصرف آب مشترکین بر اساس دامنه مصارف (کم، متوسط و زیاد) انجام نشده است؛ بنابراین از نتایج مطالعه‌ای که در کشور اسپانیا انجام شده استفاده می‌کنیم. در تحقیق مذکور که نتایج آن منتج به شکل (۱۰) شده است؛ برای تعیین نمونه الگوی مصرف آب، مصارف مختلف ۵۸ خانوار شهری از طبقات مختلف ارزیابی شده‌اند. تجهیزاتی که برای این کار میدانی استفاده شده است شامل دیتا لاگرهای (Data Loggers) قابل حمل و کنتورهای حجمی کلاس C طبق استاندارد ISO-4064 بوده‌اند. این وسایل قادر بودند حتی جریان پایین تر از یک لیتر در ساعت (که مهم‌ترین بخش برای تخمین آب اندازه‌گیری نشده است) را بدقت اندازه‌گیری نمایند. کار میدانی در مارس ۲۰۰۱ شروع و در مه ۲۰۰۳ تمام شده است و تقریباً ۹۰۰ روز داده‌ها اندازه‌گیری شده‌اند [۵]. اگر چه در الگوی مصرف آب کشورهای اروپایی و ارقام پیشنهادی سازمان بهداشت جهانی برای منطقه‌ی مدیترانه شرقی هیچگونه مصرفی برای کولر و تهویه مطبوع در مصرف سرانه پیش‌بینی نشده است، در صورتی که این رقم در ایران حدود ۳ الی ۴ درصد مصرف سرانه است [۶]، با این وجود می‌توان از نتایج تحقیق فوق برای ایران نیز استفاده نمود.



شکل ۱۰: الگوی مصرف آب خانگی با اطمینان ۹۰ درصد [۵]





# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



## جدول ۲: مصارف مجاز آب با درآمد خانگی - شهری) در سال ۱۳۹۵ بر حسب مترمکعب

۸۱۵۷۰۰۰۰	خراسان رضوی
۳۴۴۸۰۰۰۰۰	کشور

با توجه به متوسط ضریب تصحیح وزنی و اطلاعات جدول (۲)، از طریق رابطه (۳) آب بدون درآمد ناشی از خطای کنتورها در سال ۱۳۹۵ برای خراسان رضوی ۱۰۴۴۰۹۶۰ مترمکعب و برای کل کشور ۴۴۱۳۴۴۰۰۰ مترمکعب برآورد می‌گردد که با اعمال ۱۱۴۳۱ ریال به ازای هر مترمکعب، زیان ناشی از عدم دقت کنتورها برای خراسان رضوی معادل ۱۱۹٫۴ میلیارد ریال و برای کل کشور ۵۰۴۵ میلیارد ریال تخمین زده می‌شود.

اگر بهاء هر دستگاه کنتور ۱/۲ اینچ را ۷۵۰۰۰۰ ریال در نظر بگیریم؛ از محل مدیریت عملکرد کنتورها و استفاده از کنتورهای دقیق، امکان خرید حدود ۶/۷ میلیون دستگاه کنتور مهیا شده و در چرخه تعویض کنتورهای مشترکین شرکت‌ها قرار می‌گیرد. بدین ترتیب پیش‌بینی می‌گردد که طی مدت ۳ الی ۴ سال تمام کنتورهای مشترکین تعویض شده و ضمن تحقق مدیریت تقاضا و مصرف آب، درآمد قابل ملاحظه‌ای نیز نصیب شرکت‌های آب و فاضلاب می‌گردد.

$$Q_{NRW} = Q_m \cdot (c_T - 1) \quad (3)$$

که در آن  $Q_{NRW}$  آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورها ( $m^3/y$ ) و  $Q_m$  مصارف مجاز با درآمد ( $m^3/y$ ) هستند.

## ۲- نتیجه گیری

از این تحقیق موارد زیر را می‌توان نتیجه‌گیری نمود:

- کنتورهای با مارک تجاری دوریس نسبت به سایر مارک‌ها بیشترین کاربرد و کمترین دقت را در شرکت‌های آب و فاضلاب داشته‌اند.
- به طور میانگین حدود ۱۶ درصد کنتورها در هر سه دبی اندازه‌گیری در محدوده استاندارد جهانی واقع شده و سالم هستند و مابقی آن‌ها دارای خطای غیر مجاز بوده و ایجاد هدررفت ظاهری می‌نمایند.
- خطای کنتورها در دبی‌های حداقل (کمتر از ۳۰ لیتر در ساعت) بیش از سایر دبی‌ها است.
- خطای منفی کنتورهای آب خانگی خیلی بیشتر از خطای مثبت آن‌ها است.
- آب بدون درآمد ناشی از عدم دقت کنتورها ۱۲/۸ درصد مصارف مجاز با درآمد است.
- با توجه به خطای زیاد کنتورهای کلاس B، مقرون به صرفه است نسبت به جایگزینی کنتورهای دقیق تر به جای کنتورهای فعلی اقدام شود.
- توصیه می‌گردد به منظور بهبود عملکرد کنتورها، ارزیابی مداوم و تهیه فهرست واجدین صلاحیت تولید کنندگان کنتورهای آب در برنامه شرکت‌های آب و فاضلاب قرار گیرد.





# اولین همایش ملی مدیریت مصرف و هدررفت آب

1<sup>st</sup> National Conference on Water Loss & Consumption Management

۲۸ و ۲۹ آذرماه ۱۳۹۶



- توصیه می‌گردد با روش نمونه‌برداری خوشه‌ای، کنتورهای مناطق مختلف به صورت دوره‌ای مورد آزمایش دقت قرار گرفته و در صورتی که خطای آن‌ها خارج از محدوده خطای استاندارد باشد با کنتور سالم تعویض شوند.  
- همچنین لزوم انجام تحقیق در خصوص الگوی مصرف آب مشترکین بر اساس دامنه مصارف خیلی کم، کم، متوسط و زیاد در ایران مشهود است.

### ۳- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاران ارجمند آقای مهندس کریمی مدیر وقت دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد که نظرات ارزشمندی ارائه نمودند و رابطین آب بدون درآمد شهرهای تابعه بخاطر تهیه نمونه‌های خوشه‌ای و ارسال آن به کارگاه تست دقت کنتور مستقر در انبار ستاد و اپراتور دستگاه تست دقت کنتور آقای عباس اصغری تقدیر و تشکر می‌گردد.

### ۴- مراجع

[۱] دفتر مدیریت مصرف و کاهش آب بدون درآمد (۱۳۸۷) "راهنمای بالانسینگ سیستم تولید و توزیع آب"، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور.

[۲] مهرداد، ن.، جلالی امین، ف.، حق الهی، ع. (۱۳۸۷) "بررسی آب بحساب نیامده ناشی از عدم دقت کنتورهای مشترکین" ، مجله محیط شناسی، شماره ۴۸، صفحات ۱۳ تا ۲۰.

[3] Arregui, F., Cabrera, J. E., Cobacho, R., García-Serra, J., "Key factors affecting water meter accuracy", Leakage - Conference Proceedings, 2005.

[4] International organization for standardization, ISO-4064/1 "Measurement of water flow in fully charged closed conduits - Meters for cold potable water and hot water", third Ed., 2005.

[5] Arregui, F.J., Palau, C.V., Gascón, L., Peris, O., "Evaluating domestic water meter accuracy. A case study", 2004.

[۶] فنادی، م. (۱۳۷۷) "الگوی مصرف آب در ایران با تأکید بر مصرف خانگی و مقایسه آن با سایر کشورهای جهان"، برنامه ی عملیاتی کمیته ی اطلاع رسانی مصرف آب، جلد اول، دفتر روابط عمومی و بین الملل وزارت نیرو.