



Technical Note

یادداشت فنی

Assessment of Non-revenue Water and
Selection of the Best Reduction Method by
Group Decision Making; Case Studyمحاسبه آب بدون درآمد و انتخاب بهترین روش کاهش
آن با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی؛ مطالعه موردیM. Zarghami¹, M. Sefidi^{2*} and A. Nikjoufar³مهدی ضرغامی^۱، محمدرضا سفیدی^{۲*} و علی نیکجوفار^۳

Abstract

According to the importance of evaluation and control of the non revenue water (NRW), it is essential to provide reduction solutions. However few studies have investigated a real case study from Iran in detail. In this research, a village in Northwestern Iran was selected as a case study. In the first step, the data was collected by extensive surveying (1150 connection meters) and by testing some users and village main water meters (based on Iran 556 code). Then the monthly consumption and the apparent losses were calculated based on IWA standard. Then based on the data, the behavior of the water users was evaluated and their effect on the water loss was assessed. Using the Borda count method for group decision making problem on eight alternative methods, the replacement and calibration of the water meters was selected as the best way to reduce the NRW. The research findings were communicated with the decision makers in rural water sector.

چکیده

با توجه به اهمیت محاسبه و کنترل میزان آب بدون درآمد، ارائه راهکار جهت کاهش آن از اهمیت زیادی برخوردار بوده، ولی با این وجود در کشور ما تحقیقات کاربردی کمتری به صورت مطالعه موردی انجام شده است. لذا در این تحقیق یکی از روستاهای استان آذربایجان شرقی به عنوان منطقه مورد مطالعه برای ارزیابی دقیق انتخاب گردیده است. ابتدا اطلاعات اولیه با پیمایش محلی (۱۱۵۰ کنتور) و نیز تست کنتورهای خانگی و کنتورحجمی اصلی روستا (بر اساس نشریه ۵۵۶) بدست آمده است. همچنین میزان میانگین مصرف آب در هر ماه و خطاهای مربوط به هدررفت ظاهری برای منطقه مورد مطالعه براساس استاندارد انجمن جهانی آب (IWA) محاسبه شده است. سپس با استفاده از نتایج پیمایش محلی، رفتار مشترکین مشخص و تأثیر این رفتار در افزایش میزان هدررفت بررسی گردیده است. در گام بعدی با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی بوردا با سه تصمیم‌گیر و از میان هشت روش مطرح، بهبود کنتورهای مشترکین به عنوان مؤثرترین راهکار برای کاهش میزان آب بدون درآمد به مدیر متولی در صنعت (جهت تعمیم به سایر روستاها) توصیه شده است.

Keywords: Non revenue water, IWA method, Group decision making, Shiramin village, Iran.

کلمات کلیدی: آب بدون درآمد، هدررفت آب، تصمیم‌گیری گروهی، روستای شیرامین.

Received: April 2, 2016

Accepted: July 1, 2016

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۴/۱۱

1- Professor, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran.

2-M.Sc. Graduate, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran,
Email: m.r.sephidi@gmail.com

3-M.Sc. Graduate, Faculty of Civil Engineering, University of Tabriz, Iran.

*- Corresponding Author

۱- استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تبریز

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پاییز ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

آب بدون درآمد عبارت است از تفاوت بین حجم خالص آب ورودی به شبکه و آبی که طی یک مدت زمان مشخص به مصرف می‌رسد. در تعریفی کاملتر آب بدون درآمد بخشی از حجم آب تولیدی می‌باشد که مبلغی بابت آن از مشترکین دریافت نمی‌گردد و شامل آب هدر رفته (ظاهری، واقعی، مصارف مجاز بدون درآمد) می‌باشد. Thornton (2002) در گزارشی خسارت مالی آب بدون درآمد را حدود ۱۴ میلیارد دلار در سال اعلام کرده و طبق استاندارد بانک جهانی در کشورهای در حال توسعه؛ میزان آب بدون درآمد برای سامانه‌های آبرسانی کارآمد به میزان ۱۵٪ تا ۲۰٪ آب تولیدی می‌باشد و این در حالی است که در بیشتر کشورها این مقدار به ۶٪ می‌رسد. گزارش Ambinjah (1998) نشان دهنده کاهش هدررفت آب در سنگاپور از ۱۰/۶٪ در سال ۱۹۸۹ به ۶٪ در سال ۱۹۹۴ و ۵٪ در سال ۲۰۰۰ می‌باشد. اقدامات انجام گرفته شامل کنترل دقیق ورودی و خروجی سیستم، آشنا کردن مشترکین با الگوهای مصرف، کنترل قبوض و کنترل سالیانه نشت و... بوده است.

Morais and Almeida (2007) به این نتیجه رسیدند که مسأله نشت در شبکه یک مسأله پویا بوده و باید همیشه مدنظر قرار گیرد. Xu et al. (2013) با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شبکه توزیع آب را مورد بررسی قرار داده و با جمع‌آوری داده‌های مربوط به بخشی از شبکه توزیع آب پکن و نیز آمار ترکیدگی‌های ایجاد شده در لوله‌ها به تهیه مدلی با استفاده از برنامه‌ریزی ژنتیک جهت تخمین نرخ ترکیدگی لوله‌ها پرداخته و به این ترتیب بهترین زمان تعویض لوله‌ها با قطرهای مختلف به طوری که کمترین هزینه تعمیر ترکیدگی و تعویض لوله بدست آمده است. Schouten and Halim (2010) در زمینه توسعه فرضیه‌های کاهش هدررفت آب و تعریف چارچوب جدید برای آنها و بکارگیری این فرضیه‌ها در کشورهای در حال توسعه (مطالعه موردی اندونزی) مطالعاتی انجام داده‌اند.

Asian Development Bank (2007) با انجام یک پروژه موفقیت‌آمیز در مانیل میزان هدررفت آب در طی ۱۰ سال از ۶۳٪ به ۳۰٪ کاهش یافت که نتیجه آن اتصال ۱۴۸۰۰۰ شهروند جدید به شبکه و بهره‌مندی آنان از شبکه توزیع آب بود. Wyatt (2010) مدلی اقتصادی جهت مدیریت بهینه آب بدون درآمد در کشورهای در حال توسعه ارائه داد که بدون نیاز به جمع‌آوری داده‌های زیاد می‌تواند راه حل‌های مفیدی برای کاهش آب بدون

درآمد در اختیار قرار دهد. Mons (2010) نیز تحقیقی در مورد آب بدون درآمد در دانشگاه کرانفیلد انجام داد که نشان داد نداشتن مدیریت کارآمد همانند نداشتن تجهیزات و ابزار دقیق برای کنترل شبکه، می‌تواند آب بدون درآمد را افزایش دهد. Xu et al. (2014) روشهای مختلف کاهش نشت و اثرات زیست‌محیطی آن را مورد توجه قرار دادند. افزایش توانایی و ظرفیت کشف نشتی شبکه با استفاده از مدل‌های کامپیوتری تخمین نشت، استفاده از ابزار پایش شبکه، بهینه‌سازی نحوه نگهداری از تأسیسات شبکه، گسترش سیستم‌های تنظیم کننده فشار آب، ابداع روشهای کم‌هزینه کشف نشتی و در نهایت استفاده از سیستم‌های به‌روز تصمیم‌گیری به عنوان روشهای اساسی کاهش نشتی در شبکه عنوان کرده‌اند. Kingdom et al. (2006) به این نتیجه رسیدند که با تلاش انجام گرفته در کشورهای در حال توسعه چه در زمینه افزایش درآمد و چه کاهش هزینه سالانه مبلغی در حدود ۲/۹ بیلیون دلار صرفه جویی مالی شده است، ضمن اینکه جمعیتی که از خدمات شبکه‌های توزیع آب استفاده می‌کنند به ۲۹۰ میلیون نفر افزایش یافته است.

Francis et al. (2014) با ابداع مدلی دانش‌بنیان سیستمی هوشمند جهت آنالیز شبکه توزیع آب و تخمین احتمال ترکیدگی لوله را در آنالانتیک میانی آمریکا مورد بررسی قرار دادند. مدل ارائه شده با استفاده از روشهایی همچون ایجاد قیود شرطی، امتیازدهی و روشهای هیبریدی رفتار شبکه توزیع آب را پیش بینی کرده و نتایج نشان‌دهنده رفتار بهتر مدل در مقایسه با مدل‌های ارائه شده قبلی می‌باشد. مزیت اصلی این روش نیاز بسیار کم آن به جمع‌آوری داده‌های خود شبکه می‌باشد. Galván et al. (2010) به ارزیابی هزینه‌های ناشی از نشت در شبکه آب شهری با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی پرداختند. استفاده از این روش منجر به در نظر گرفتن هزینه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی نشت علاوه بر هزینه آب هدررفته شده و در نتیجه افزایش حساسیت جهت کاهش نشتی‌های موجود در شبکه شده است. Britton et al. (2013) به بررسی نحوه اندازه‌گیری موثر و سریع نشتی شبکه پرداخته و میزان تاثیر آگاهی‌های عمومی و تعمیر نشتی‌های موجود در کاهش میزان نشتی کل شبکه را مورد توجه قرار داده و نتایج نشان‌دهنده کاهش ۸۹ درصدی میزان نشت در مناطق مسکونی در صورت دادن آگاهی‌های عمومی می‌باشد. ۷۰ درصد نشتی‌ها با هزینه کمتر از ۲۰۰ دلار و ۵۰ درصد نشتی‌ها با هزینه کمتر از ۱۰۰ دلار توسط خود افراد و مشترکین تعمیر شده است.

۲- مواد و روشها

۲-۱- پیمایش منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق شبکه توزیع آب روستای شیرامین با جمعیت ۳۲۸۰ نفر در استان آذربایجان شرقی با ۱۱۵۰ انشعاب آب به عنوان منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. در گام اول با پیمایش روستا به بررسی وضعیت موجود مخزن و شبکه توزیع، قرائت کنتورهای مشترکین به صورت خانه به خانه و تکمیل پرسشنامه‌های مورد اشاره در بخش قبل پرداخته شده است. براساس داده‌های تولید و مصرف و قرائتهای انجام گرفته مقادیر مصرف در ماههای مختلف سال ۱۳۹۰ استخراج و در شکل ۱ نشان داده شده که با توجه به این شکل حداکثر مصرف در دوره سوم (مرداد و شهریور) و حداقل مصرف در دوره پنجم (آذر و دی) می‌باشد. از علل بالا رفتن محسوس مصرف در دوره‌های دوم و سوم می‌توان به شروع فصل کشاورزی و نیاز به آبیاری فضای سبز خانه‌ها و همچنین گرم شدن هوا، کم‌آبی و استفاده احتمالی از آب شبکه جهت مصرف دام و طیور اشاره کرد.

۲-۲- محاسبه مقدار کل هدررفت ظاهری و تشکیل جدول

بیان آبی

مقدار هدررفت ظاهری آب ناشی از عوامل خطای مدیریتی، خطای انسانی، انواع خطاهای مربوط به ابزار اندازه‌گیری (کنتورها) و مصارف مجاز دولتی برای هر ۱۲ ماه سال ۱۳۹۰ براساس نشریه ۵۵۶ محاسبه شده است که نتایج آن در شکل ۱ نشان داده شده است. در جداول محاسباتی هدررفت ظاهری، مقدار دبی شروع به حرکت کنتورها ۲۰ لیتر بر ساعت فرض شده است که مقدار آن برای کنتورهای تازه عددی مابین ۱۰ تا ۱۵ لیتر بر ساعت می‌باشد. توضیح اینکه با توجه به زمان در نظر گرفته شده برای تست کنتورها و نیز مدل دستگاه تست تعیین دبی شروع کنتورها مقدور نبوده و مقداری بیشتر از مقادیر پیشنهادی به علت کهنه بودن کنتورها در نظر گرفته شده است. از آنجایی که بیشتر کنتورهای خانگی روستای مورد مطالعه کار کرده و قدیمی بودند مجموع خطای انسانی نیز ۰/۶ درصد مصرف ماهانه فرض شده است که این مقدار با توجه به پیمایش انجام گرفته حداقل مقدار ممکن می‌باشد.

با توجه به نمودار شکل ۱ بیشترین هدررفت، ناشی از خطای مربوط به کنتورهای خراب بوده و کمترین آن مربوط به خطای انسانی می‌باشد. خطای بده شروع به کار کنتورها و خطای بده حداکثر نیز در هدررفت ظاهری آب سهمی بیشتر از سایر موارد دارند.

در ایران نیز تلاشهایی برای بررسی و کنترل آب بدون درآمد صورت گرفته است. در تحقیق Tabesh and Asadiani Yekta (2006) شاخصهای عملکرد نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری مورد بررسی قرار گرفته و به این نکته اشاره گردیده که در کشور ما شاخص عملکرد نشت به صورت درصدی از حجم آب ورودی در نظر گرفته می‌شود که در مقایسه با سایر شاخصها از درجه اهمیت پایین‌تر برخوردار می‌باشد. در تحقیق دیگری توسط این مؤلفین (2010) یک مدل تلفیقی جامع جهت محاسبه و مدیریت نشت در شبکه‌های توزیع آب شهری معرفی شده و در ادامه با استفاده از نتایج به دست آمده از یک مطالعه موردی در استان ایلام، قابلیت‌های مدل ارائه شده ارزیابی شده است. (Mehrdadi et al. (2008 نیز یک پایلوت ۶۰۰۰ اشتراک در شهرستان ورامین را که ۴۵۰۰ کنتور در آن وجود داشت، مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که در کشور ایران معیار خرابی کنتور توقف کامل آن می‌باشد و این در حالی است که یک کنتور خراب می‌تواند برای دوره‌های طولانی مقادیر بسیار پایین‌تری از کارکرد واقعی را ثبت کند.

عمده تحقیقات انجام گرفته در سطوح داخلی و بین‌المللی مربوط به شهرهای بزرگ می‌باشد که با توجه به تفاوت‌های فرهنگی موجود مابین روستا و شهر، انجام مطالعه آب بدون درآمد در سطح روستا و بیان مشکلات خاص مناطق روستایی ضروری به نظر می‌رسد. همچنین دستورالعمل‌های ذکر شده در نشریه ۵۵۶ (Management and Planning Organization of Iran, 2012) نیز عمدتاً بر اساس نتایج مطالعات شهری می‌باشد که براساس این تحقیق چگونگی عملکرد این دستورالعمل‌ها در مناطق روستایی باید مورد بازبینی قرار گیرد. در تحقیق پیش رو با تکمیل پرسش‌نامه‌های موجود در پیوست ۶ نشریه شماره ۵۵۶ با عنوان کاربرگ‌های پیمایش اماکن و گزارش روزانه شامل پرسش‌نامه وضعیت ملک، انشعاب مشترکین، وضعیت و مشخصات کنتور؛ اطلاعات تولید-مصرف عوامل مربوط به هدررفت ظاهری آب به صورت دقیق مشخص و محاسبه شده و براساس آن میزان هدررفت واقعی تخمین زده شده است، که این خود یک روش کم‌هزینه جهت محاسبه هدررفت واقعی می‌باشد. استفاده از روشهای تصمیم‌گیری گروهی و نیز محاسبه نسبت سود به هزینه راهکارهای مختلف کاهش آب بدون درآمد جهت انتخاب بهترین روش نیز به عنوان یک نوآوری در این تحقیق محسوب می‌گردد.

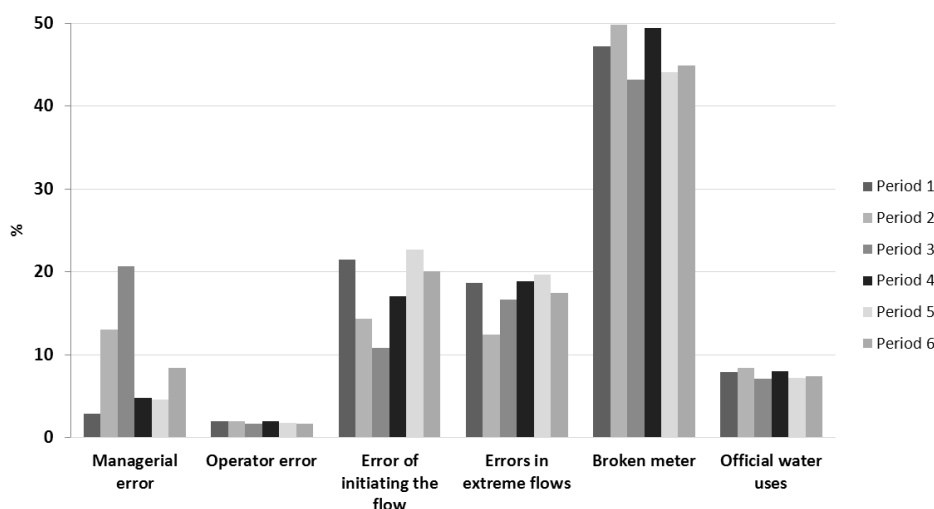


Fig. 1. The percent of different factors on apparent loss of water in Shiramin Village for six periods in April (Iranian Year) 2011 to March 2012

شکل ۱- درصد تأثیر عوامل مختلف روی هدررفت ظاهری آب در روستای شیرامین برای ۶ دوره سال ۱۳۹۰

همچنین میزان هدررفت واقعی و ظاهری براساس داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به تولید و مصرف روستای مورد مطالعه در سال ۱۳۹۰ در جدول ۲ محاسبه و نشان داده شده است. با توجه به هدررفت ظاهری محاسبه شده میزان متوسط آن در سال ۱۳۹۰ برای این روستا ۱۸٪ می‌باشد لذا میزان هدررفت واقعی با کسر مجموع هدررفت ظاهری (۱۸٪) از هدررفت کل (۳۸٪) برابر ۲۰٪ می‌باشد.

با توجه به شکل ۲ نمودار تولید و مصرف در سالهای مختلف دارای رفتار مشابه می‌باشد که یکی از علل آن تبدیل مصرف هر دوره به صورت ماهانه و بر اساس درصد تولید بوده ولی علت اصلی آن متناسب بودن عرضه و تقاضا می‌باشد. در شکل ۲ با مقایسه منحنی‌های تولید-مصرف سالهای ۸۹ و ۹۰ این نتیجه مهم گرفته می‌شود که میزان تولید در سال ۹۰ به غیر از دوره اول کمتر از سال ۸۹ می‌باشد اما میزان مصرف سال ۹۰ در دوره‌های اول، دوم، سوم بیشتر و در دوره‌های بعد کمتر از سال ۸۹ می‌باشد. در نتیجه میزان هدررفت در سال ۹۰ نسبت به سال ۸۹ کاهش یافته است که میزان این کاهش طبق محاسبات ۲٪ می‌باشد. همچنین میزان هدررفت کل در سال ۸۹، ۴۰٪ (۱۳۲۰۰۰ مترمکعب) و میزان هدررفت کل در سال ۹۰، ۳۸٪ (۱۱۲۰۰۰ مترمکعب) می‌باشد. این در حالی است که تعداد مشترکین در سال ۹۰ افزایش یافته است که نشان‌دهنده کاهش آب بدون درآمد و مؤثر بودن فعالیتهای از قبیل تعویض قسمتی از خط اصلی انتقال آب از مخزن مجتمع به روستا می‌باشد.

چنانکه مشاهده می‌گردد در دوره سوم خطای ناشی از مدیریت به صورت محسوسی افزایش یافته که این مسأله ناشی از افزایش تعداد کنتورهای با قرائت صفر مترمکعب می‌باشد. لازم به ذکر است که با انجام عملیات تست کنتورها که از تعداد ۳۰ کنتور (تقریباً ۳٪ کل کنتورها) در نواحی مختلف روستا به عمل آمده، خطای میانگین دبی حداکثر و انتقالی ۵/۹۲٪ تعیین گردیده است. توضیح اینکه تعداد نمونه‌های آماری و محل آنها بر اساس روشهای آماری (نشریه ۵۵۶) مشخص گردیده است.

۱- بعد از تهیه داده‌های مربوط به آب ورودی به مخزن روستا در سال ۹۰ که بر اساس داده‌های تولید کل مجتمع مشخص گردیده است و مشخص بودن میزان مصرف هر دوره و محاسبات مربوط به هدررفت ظاهری مقدمات لازم جهت تشکیل جدول بیلان آبی سال ۹۰ فراهم آمده است (جدول ۱). مصارف مجاز ثبت شده عبارتند از: مجموع مصارف ثبت شده در صورت حساب ۶ دوره سال ۹۰ که از امور مشترکین گرفته شده است. مصارف مجاز ثبت نشده در صورت حساب از دو قسمت اندازه‌گیری شده (شامل مصارف مربوط به مساجد) و اندازه‌گیری نشده (مصارف مربوط به آتش نشانی، فضای سبز، ارگانهای دولتی، شستشوی مخازن و ...) تشکیل شده که با توجه به نوع کاربری مصرف یکساله مساجد (۱۸۲ مترمکعب) تعیین گردیده است. اجزای هدررفت ظاهری در این جدول شامل مصارف مجاز ثبت نشده در صورت حساب اعم از اندازه‌گیری شده و نشده و نیز هدررفت ظاهری می‌باشد.

Table 1. The elements of the water balance and the Non-Revenue Water (NRW) in Shiramin village, Iran, in April 2011 to March 2012 (Iranian Year) by IWA method (m³/year)

جدول ۱- جدول بیلان آبی روستای شیرامین در سال ۱۳۹۰ به روش IWA (مترمکعب در سال)

Water entering the system: 292343 m ³	Allowed uses	Allowed uses with income	Measured: 180286 m ³	Water with income: 180286 m ³
			Not measured: -	
	Total losses	Allowed uses without income	Measured: 182 m ³	Water without income: 112057 m ³
			Not measured: 22218 m ³	
		Apparent loss	31188 m ³	
		Actual losses	58469 m ³	

Table 2. The amounts of water production, consumption, real losses, and apparent losses in the case study; April 2011 to March 2012 (Iranian Year)

جدول ۲- جدول میزان تولید، مصرف و درصد هدررفت واقعی و ظاهری روستای مورد مطالعه- سال ۹۰

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Production, m ³	19155	17475	18745	19828	32450	26055	34726	32859	29499	22404	18670	20477
Consumption, m ³	10142	11135	11944	9462	15485	16637	22173	22322	20040	16420	13684	10842
Real losses, %	19	23	22	19	12	22	17	23	25	21	25	17
Apparent losses, %	19	15	16	19	26	16	21	15	13	17	13	21

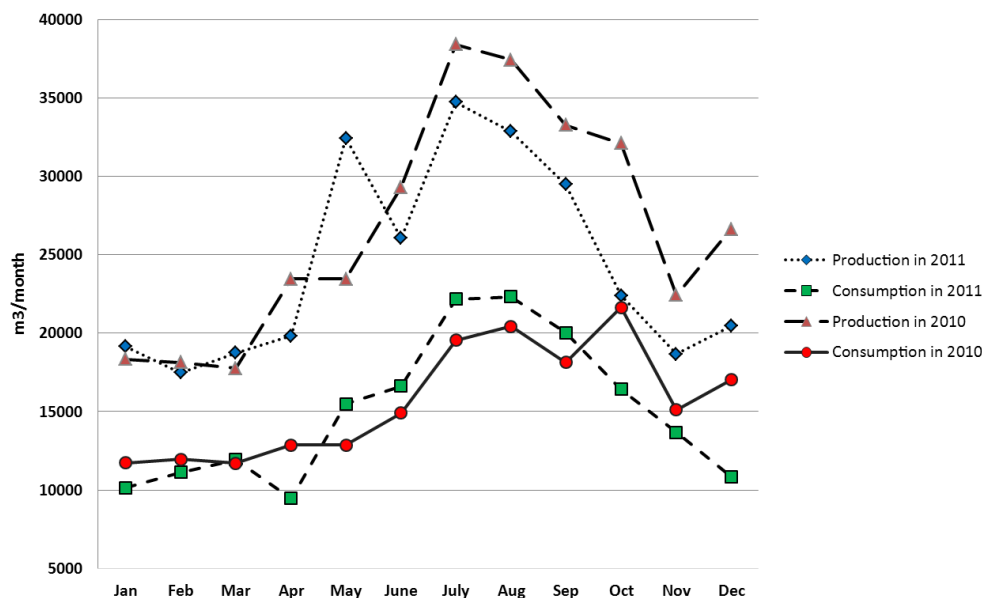


Fig. 2. Water consumption and production in period of April 2010 to March 2012 (the Iranian year) in cubic meter per month

شکل ۲- تولید و مصرف آب در سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ بر حسب متر مکعب در ماه

در این شکل مشاهده می‌گردد منحنی هدررفت واقعی رفتاری مشابه منحنی تولید دارد که این نشان‌دهنده وابستگی میزان هدررفت به میزان تولید می‌باشد و علت آن محاسبه هدررفت بر اساس درصدی از تولید می‌باشد. یک روش پیشنهادی جهت محاسبه هدررفت

۳-۲- بررسی منحنی‌های هدررفت ظاهری و واقعی سال ۹۰
محاسبه مقدار عددی هدررفت واقعی در ماههای مختلف براساس درصدی از تولید بوده که در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد. چنانکه

کیفیت در محیط‌های دارای گرد و غبار و همچنین قابلیت قرائت از راه دور از ویژگی‌های اساسی این کنتورها می‌باشد.

۳- انتخاب مناسب‌ترین روش جهت کاهش آب بدون درآمد با استفاده از روشهای تصمیم‌گیری گروهی

آب بدون درآمد و روش‌های کاهش آن را می‌توان به دو بخش فیزیکی و غیرفیزیکی تقسیم کرد. فعالیتهای فیزیکی بیشتر بر جنبه‌های مهندسی و سخت‌افزاری پروژه‌های انتقال آب و آبرسانی متمرکز می‌باشد؛ در حالی که فعالیتهای غیرفیزیکی بیشتر به جنبه‌های نظارتی و فرهنگی تکیه دارند. در مجموع عمده فعالیتهای امکان‌پذیر برای این روستا در جدول ۳ ذکر شده‌اند. از آنجا که هدف از سرمایه‌گذاری و صرف بودجه در طرح‌های عمرانی، تأمین نیازها و خواسته‌های متقاضیان می‌باشد، منافع ملی ایجاب می‌کند که تعیین اولویت اجرای طرح‌ها برای تخصیص منابع لازم، بخصوص در شرایط وجود محدودیت، براساس نظرات ذینفعان متعدد انجام شود. Sadighi and Zarghami (2010) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که یکی از مهمترین مسائل مطرح در انتخاب و توسعه مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رسیدن به اهداف مورد نظر داشتن اطلاعات دقیق در مورد معیارهای مختلف می‌باشد. ولی در اغلب مسائل واقعی این اطلاعات وجود نداشته و یا تهیه آنها بسیار مشکل و حساس می‌باشد. لذا یکی از روشهای که در این‌گونه مسائل کاربرد دارد روش انتخاب اجتماعی می‌باشد که فقط نیازمند رتبه هر طرح از دید هر ذینفع بوده و در نهایت رتبه هر طرح را به صورت کلی ارائه می‌نماید.

استفاده از واحد مترمکعب به جای درصد و در نظر گرفتن عوامل مؤثر در هدررفت نظیر تعداد مشترکین می‌باشد. با توجه به اینکه در محاسبات هدررفت ظاهری مقدار تولید مؤثر نمی‌باشد و تنها دو پارامتر آن بر اساس میزان مصرف تعیین می‌شود لذا منحنی هدررفت ظاهری رفتاری تقریباً مشابه رفتار منحنی مصرف دارد. همچنین با توجه به شکل ۳ موارد ذیل مشخص می‌گردد: بیشترین میزان تولید در دوره دوم (تیر ماه) و کمترین آن در دوره ششم (بهمن ماه) و بیشترین میزان مصرف در دوره دوم (تیر ماه) و کمترین آن در دوره پنجم (دی ماه) می‌باشد. همچنین بیشترین میزان هدررفت در دوره اول اردیبهشت ماه و کمترین آن در دوره چهارم (آبان ماه) و بیشترین میزان هدررفت ظاهری در دوره سوم (شهریورماه) و کمترین آن در دوره پنجم (آذر ماه) می‌باشد که مشابه این رفتار در داده‌های تولید-مصرف سال ۸۹ مربوط به کل مجتمع نیز مشاهده می‌شود.

بنابراین با توجه به مقدار بالای هدررفت ظاهری، رسیدگی به وضعیت کنتورها، کنترل دوره‌ای عملیات قرائت و اصلاح روش قرائت موجود جهت کاهش قرائتهای صفر و یا منفی، از روشهای مؤثر در کاهش هدررفت ظاهری می‌باشد. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از تست کنتور حجمی روستای مورد مطالعه تعویض موقعیت نصب کنتور و استفاده از کنتورهای نسل جدید جهت ثبت دقیق میزان تولید مجتمع ضروری به نظر می‌رسد. لازم به ذکر است که کنتورهای نسل جدید الکترومغناطیسی بوده و انرژی خود را از عبور جریان آب تأمین می‌کنند. دقت اندازه‌گیری بسیار بالا، عدم افت

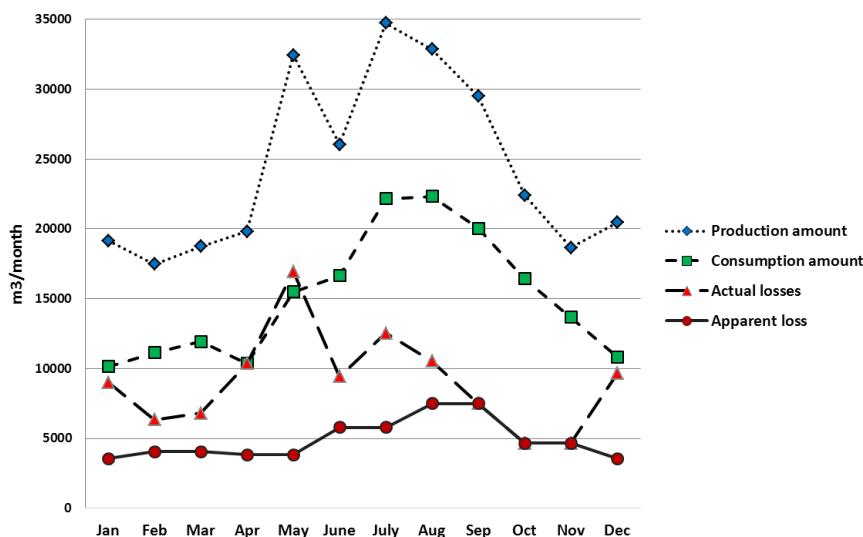


Fig. 3. The actual and apparent losses in Shiramin village in period of April 2010 to March 2012 (the Iranian year) in cubic meter per month

شکل ۳- هدررفت واقعی و ظاهری در روستای شیرامین بر حسب متر مکعب در ماه (۱۳۹۰)

Table 3. Ranking NRW reduction methods in the village under study
جدول ۳- رتبه‌بندی فعالیت‌های مربوط به کاهش آب بدون درآمد در روستای مورد مطالعه

Methods	First expert	Second expert	Third expert	Sum of the ranks
Test and replace the meters	1	1	1	3
Leakage detection	5	2	6	13
Promoting legal water use	4	3	4	11
Reward for the employees	3	6	3	12
Pressure Management	7	4	8	19
Rerouting the pipelines and spill control of the tanks	8	7	7	22
Negotiate with other organizations to more agricultural water supply (instead of using faucets)	6	5	2	13
Recording the authorized consumption which are unbilled	2	8	5	15

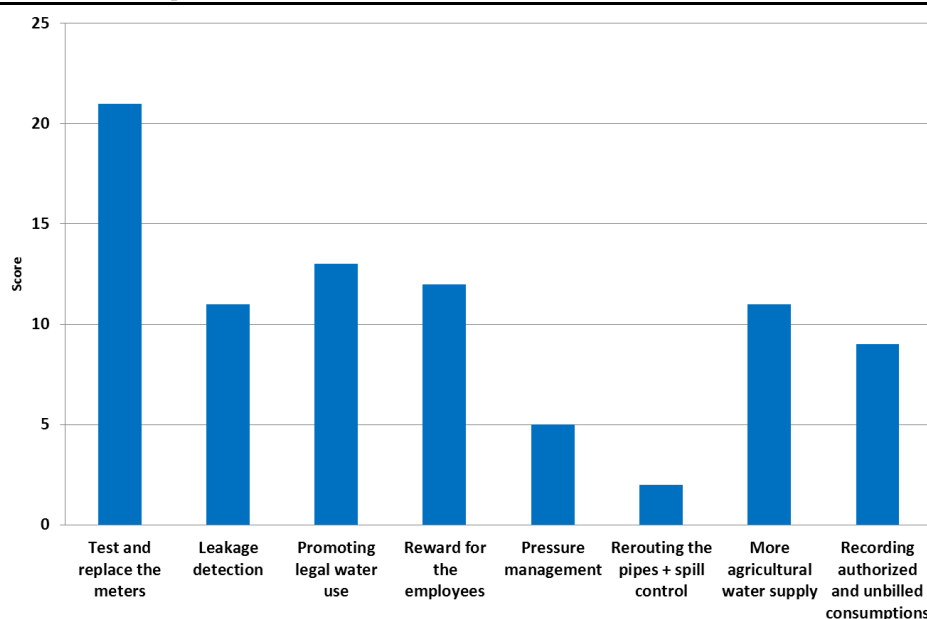


Fig 4. Score of each NRW reduction method based on Borda method

شکل ۴- امتیاز هر یک از راهکارهای اصلاحی مورد بررسی برای روستای مورد مطالعه بر اساس روش بورد

مشاهده می‌باشد. با توجه به این نمودار روش تست و تعویض کنتورهای خانگی و کنتورهای حجمی نصب شده در مخازن تأمین آب به عنوان مؤثرترین روش کاهش آب بدون درآمد در منطقه مطالعاتی انتخاب شده است. در ادامه با استفاده از محاسبات سود-هزینه و نیز با مراجعه به شکل ۱ که نشان‌دهنده بیشتر بودن میزان خطای ناشی از کنتورها نسبت به سایر خطاها می‌باشد؛ صحت انتخاب این گزینه بیشتر مشخص می‌شود.

۴- تجزیه و تحلیل نتایج

هدف این تحقیق ارائه راهکارهای عملی جهت ارتقاء بهره‌وری در سطح شرکت با رویکرد کاهش آب بدون درآمد می‌باشد. لذا در گام نخست؛ بر مبنای نتایج حاصل از پیمایش منطقه مورد مطالعه مقدار

روشهای انتخاب اجتماعی هرچند که تمامی شرایط و فرضیات مطرح شده را برآورده نمی‌کنند، ولی در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری گروهی بکار رفته‌اند.

در تحقیق حاضر رتبه‌بندی گزینه‌ها توسط سه کارشناس مستقل از هم انجام گرفته که نتیجه آن در جدول ۳ ارائه گردیده است. توضیح اینکه در صورت استفاده از روش شمارش بورد گزینه‌ای که مجموع رتبه‌های آن حداقل باشد گزینه برتر خواهد بود.

در صورتی که جمع رتبه‌های داده شده به هر یک از فعالیت‌ها از عدد ۲۴ (حاصل جمع ۳ پاسخ دهنده در ۸ گزینه) کم شود؛ امتیاز مثبت هر گزینه بدست خواهد آمد که این امتیازبندی در شکل ۴ قابل

قرار گرفت. نتایج نشانگر اهمیت کالیبراسیون منظم و تعویض به موقع کنتورهای خانگی و حجمی در شبکه توزیع آب می‌باشد.

۶- تشکر و قدردانی

از شرکت آب و فاضلاب روستایی استان آذربایجان شرقی به‌خاطر حمایت فنی و مالی از طرح پژوهشی و از آقایان ابراهیم عباسپور، محمدرضا مقنی، محمد حسین احمدی، شهاب حسن‌پور و رامتین اعظمی به‌خاطر همکاری در جمع‌آوری داده‌ها و بررسی میدانی تشکر به‌عمل می‌آید.

۷- مراجع

- Ambinjah A (1998) A review of water demand management practices in Kaduna City, Nigeria. MSc. Thesis, WEDC, Loughborough University, UK
- Asian Development Bank (2007) Curbing Asia's non-revenue water: Water brief; <http://www.adb.org/water>
- Britton TC, Stewart RA, O'Halloran KR (2013) Smart metering: enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. *Journal of Cleaner Production* 54:166-176
- Francis RD, Guikema S, Henneman L (2014) Bayesian belief networks for predicting drinking water distribution system pipe breaks. *Journal of Reliability Engineering and System Safety* 130:1-11
- Galván XD, García RF, Izquierdo J, Rodríguez JM (2010) An analytic hierarchy process for assessing externalities in water leakage management. *Journal of Mathematical and Computer Modelling* 52:1194-1202
- Kingdom B, Liemberger R, Marin P (2006) The challenge of reducing non-revenue water (NRW) in developing countries. *Water Supply and Sanitation Sector Board, Discussion Paper Series Paper*
- Mehrdadi N, Jalali F, Haghollahi A (2008) Discussion of unaccounted water due to errors caused by meters. *Journal of Environmental Studies* 34(48): 13-20 (in Persian)
- Mons J (2010) Strategies for non-revenue water management in developing countries: A case study of Kampala, MSc. Thesis, Cranfield University, UK
- Moraise DC, Almeida TD (2007) Group decision-making for leakage management strategy of water

هدررفت ظاهری آب محاسبه شده و با تکمیل کاربرگهای پیمایش و بررسی کنتورهای مخازن؛ نتایج و موارد ذیل پیشنهاد می‌گردد:

- کالیبراسیون منظم و تعویض به موقع کنتورهای خانگی و حجمی که این گزینه به عنوان مؤثرترین راهکار در این روستا؛ جهت کاهش هدررفت ظاهری آب ضروری می‌باشد.
- استفاده از کنتورهای نسل جدید در محل مخازن و منابع تأمین آب و نیز ثبت صحیح حجم آب ورودی به شبکه توزیع روستا ضروری می‌باشد.
- خط اصلی انتقال آب از مخزن مجتمع به علت شیب تند و طولانی و نیز عبور از بستر سنگی شاهد آمار بالای حادثه می‌باشد که این مساله خود یکی از علل بالا بودن میزان هدررفت واقعی می‌باشد.
- با توجه به کمبود منابع آب کشاورزی منطقه به خصوص در فصل گرما، مذاکره با سایر ارگانهای ذینفع مانند سازمان جهاد کشاورزی جهت تأمین آب مورد نیاز کشاورزی یکی از بهترین روشها جهت جلوگیری از استفاده غیرمجاز آب شرب در این منطقه می‌باشد.
- تکمیل و تنظیم پرونده مشترکین به همراه اطلاعات مربوط به خانوار (طبق کاربرگهای ارائه شده) به خصوص مشترکین قدیمی که لیست آنها توسط شورای روستا تهیه شده و فقط نام آنها ثبت گردیده است.
- کنترل دوره‌ای عملکرد آبدارها، تشویق آنها در صورت نیاز و تهیه کاربرگهایی به این منظور. همچنین تهیه کاربرگهایی جهت قرائت و یادداشت عدد کنتور توسط خود مشترکین در صورت عدم حضور در منزل به هنگام مراجعه متصدی مربوطه ضروری می‌باشد.
- اجرای فعالیتهای فرهنگی در سطح مدارس و مساجد و نیز اجرای برنامه‌های آموزشی در سطح آبدارهای منطقه.
- راهنمای ۵۶۶ تنها شبکه‌های آب شهری را معیار قرار داده در حالی که در صد قابل توجهی از هدررفت در شبکه‌های آب روستایی وجود دارد و لذا بررسی این راهنما از دید مدیریت آب روستایی لازم است.

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق عوامل مؤثر در آب به‌حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن در محاسبه آب بدون درآمد (بر اساس نشریه ۵۵۶ نظام فنی) برای یکی از روستاهای استان آذربایجان شرقی مورد بررسی

- Management and Planning Organization of Iran (2012) Guideline for determining effective parameters on unaccounted water and water losses reduction schemes. No.556 (in Persian).
- Thornton J (2002) Water losses manual. McGraw Hill
- Wyatt S (2010) Non-revenue water: Financial model for optimal management in developing countries. RTI Press Publication MR-0018-1006
- Xu Q, Chen Q, Ma J, Blanckaert K (2013) Optimal pipe replacement strategy based on break rate prediction through genetic programming for water distribution network. *Journal of Hydro-Environment Research* 7:134-140
- Xu Q, Liu R, Chen Q, Li R (2014) Review on water leakage control in distribution networks and the associated environmental benefits. *Journal of Environmental Sciences* 26:955-961
- network. *Journal of Resources Conservation and Recycling* 52:441-459
- Sadighi C, Zarghami M (2010) Selecting best method for flood management in Tabriz Mehranerud by using decision group methods. In: Proc. National Conference on Urban Flood Management. University of Tehran (in Persian)
- Schouten M, Halim RD (2010) Resolving strategy paradoxes of water loss reduction: A synthesis in Jakarta. *Journal of Resources Conservation and Recycling* 54:1322-1330
- Tabesh M, Asadiani Yekta AH (2006) A comprehensive model for managing the leakage in water network distributions. *Journal of Civil and Surveying Engineering* 44(1):1-12 (in Persian)
- Tabesh M, Asadiani Yekta AH (2010) Performance evaluation of leakage in water network distributions. In: 7th International Civil Eng. Conference, Tarbiat Modarress University, Iran (in Persian)