

Determination of Value and Location of the Leakage in Water Distribution Networks Using Calibration (Case Study: The Water Distribution Network of Golbahar, Khorasan Razavi)

M. Sabet¹, A. Nasirian², M. Mohtasham³, M. Ahrari⁴

1. MSc Student of Civil Engineering and Water Resources, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Birjand University, Birjand, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Birjand University, Birjand, Iran
(Corresponding Author) a.nasirian@birjand.ac.ir
3. MSc in Water Resources Engineering, Khorasan Razavi Water and Wastewater Co., Mashhad, Iran
4. MSc Student of Civil, Water and Hydraulic Structures, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Birjand University, Birjand, Iran

(Received Dec. 15, 2017 Accepted May 14, 2018)

To cite this article:

Sabet, M., Nasirian, A., Mohtasham, M., Ahrari, M., 2019, "Determination of value and location of the leakage in water distribution networks using calibration (Case Study: The water distribution network of Golbahar, Khorasan Razavi)." Journal of Water and Wastewater, 30(6), 119-125. Doi: 10.22093/wwj.2018.69610.2300. (In Persian)

Abstract

Nan-revenue water (NRW) is one of the most important problems in water distribution networks (WDN). A different method is presented for detection and reduction of NRW. In this paper demands is calibrated using ant colony optimization (ACO). The results show the value and location of NRW and big leakages positions. Then, NRW components in different zones are separated with combined MNFA and demand calibration. This method is applied on the WDN of Golbahar. This method has shown the value of background leakage, big leakage and apparent losses. The results showed that the main factor in NRW water loss is physical leakage and pipe fracture. Big leakage, background leakage and apparent losses are 57, 32 and 11 percent of NRW, respectively. Also, the big leaks are located in the zones 1, 5 and 7.

Keywords: Leak Detection, Calibration, Ant Colony Optimization, Apparent Water Loss, Real Water Loss, Optimization.



مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۶، صفحه: ۱۲۵-۱۱۹

تعیین مقدار و موقعیت نشت در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از کالیبراسیون (مطالعه موردی: شبکه توزیع آب شهر گلپهار، خراسان رضوی)

مسعود ثابت^۱، علی نصیریان^۲، محسن محتشم^۳، مرضیه احراری^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی و مدیریت منابع آب، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 ۲- استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
 (نویسنده مسئول) a.nasirian@birjand.ac.ir
 ۳- کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، شرکت آب و فاضلاب خراسان رضوی، مشهد، ایران
 ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران- مهندسی آب و سازه‌های هیدرولیکی، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

دریافت ۹۶۹/۲۷ پذیرش ۹۷/۵/۷

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

ثابت، م.، نصیریان، ع.، محتشم، م.، احراری، م.، ۱۳۹۸، "تعیین مقدار و موقعیت نشت در شبکه‌های توزیع آب با استفاده از کالیبراسیون (مطالعه موردی: شبکه توزیع آب شهر گلپهار، خراسان رضوی)" مجله آب و فاضلاب، ۳۰(۶)، ۱۱۹-۱۲۵. Doi: 10.22093/wwj.2018.69610.2300

چکیده

آب بدون درآمد یکی از مهم‌ترین مسائل مرتبط با شبکه‌های توزیع آب است که برای شناسایی و کاهش آن راهکارهای مختلفی ارائه شده است. در این پژوهش با استفاده از کالیبراسیون شبکه به روش الگوریتم مورچگان، مقدار و موقعیت آب بدون درآمد و موقعیت نشت‌های بزرگ شناسایی شد. سپس با تلفیق نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون و حداقل جریان شبانه، مؤلفه‌های آب بدون درآمد به تفکیک ناحیه محاسبه شد. این روش بر روی شبکه توزیع آب گلپهار به کار برده شد و با کاربرد آن، مقادیر نشت زمینه، نشت بزرگ و تلفات ظاهری شناسایی شد. نتایج نشان داد که بیشترین سهم تلفات آب مربوط به تلفات فیزیکی ناشی از شکستگی در لوله‌ها است. تلفات فیزیکی ناشی از شکستگی در لوله‌ها، نشت زمینه و تلفات ظاهری به ترتیب ۵۷، ۳۲ و ۱۱ درصد آب بدون درآمد است. همچنین موقعیت نشت‌های بزرگ در ناحیه ۱، ۵ و ناحیه ۷ واقع شده است.

واژه‌های کلیدی: نشت‌یابی، کالیبراسیون، الگوریتم مورچگان، تلفات واقعی، تلفات ظاهری، بهینه‌یابی

۱- مقدمه

کاهش میزان بارندگی و محدودیت منابع در کنار رشد جمعیت، سبب افزایش تقاضای آب در کشور شده است. در این راستا مدیریت تقاضا و اصلاح الگوی مصرف بیشتر از قبل ضروری است. از مهم‌ترین روش‌های مدیریت مصرف، کاهش آب بدون درآمد و کاهش تلفات در شبکه‌های توزیع است (Tabesh, 2013). روش‌های بهینه‌یابی ابتکاری جهت حل مسائل کالیبراسیون و رسی نشت در شبکه‌های توزیع آب به صورت گسترده مورد

مقدار تلفات غیرمجاز در زمان اوج مصرف، بیشینه مقدار خود را دارد. از یک منظر دیگر می‌توان دسته اول که ناشی از خروج آب از شبکه در اثر وجود روزنه در شبکه و ارتباط آن با فشار است را تلفات غیرهوشمند دانست. بر این اساس آبی که از شبکه خارج می‌شود اما به صورت کنترل شده و توسط شیرهای برداشت آب انجام می‌شود، تلفات هوشمند نامگذاری می‌شوند.

با توجه به مطالب ذکر شده، مؤلفه‌های مختلف آب بدون درآمد برای اولین بار در این پژوهش به دو دسته تلفات هوشمند و غیرهوشمند تقسیم شدند. بر این اساس تلفات هوشمند شامل مصارف غیرمجاز و مصارف مجاز اندازه‌گیری نشده می‌باشد که توسط مصرف‌کننده هوشمند استفاده شده و از الگوی مصرف مشخصی تبعیت می‌کند. همچنین تلفات غیرهوشمند ناشی از فرار فیزیکی آب از شبکه توزیع از طریق شکستگی و روزنه است که بدون دخالت انسان رخ می‌دهد. یکی از خطاهایی که قبلاً به آن پرداخته نشده، خطا در تعیین دقیق ضرایب مصرفی ساعتی و روزانه است. با توجه به نوع عملکرد این خطا، اثرات این عدم دقت نیز در تلفات هوشمند مشاهده خواهد شد.

در این پژوهش دبی کنتور ورودی به شبکه به‌عنوان یکی از داده‌های اندازه‌گیری شده در نظر گرفته شد و در کالیبراسیون مصارف گره‌ای مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که بررسی عدم قطعیت در داده‌های ورودی موضوع این پژوهش نمی‌باشد، از خطاهای اندازه‌گیری فشارسنجی و دبی‌سنجی صرف نظر شد. همچنین با توجه به این که محل اندازه‌گیری جریان ورودی به‌منظور محاسبه آب بدون درآمد در خروجی مخازن و تلمبه‌خانه است، تلفات ناشی از سرریز و نشت مخازن و تلمبه‌خانه منظور نشد.

روش حاضر از تلفیق نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون و حداقل جریان شبانه حاصل شده است که در ادامه تشریح می‌شود. برای کالیبراسیون شبکه، باید اختلاف بین فشار مشاهداتی و محاسباتی در نقاط منتخب کمینه شود (Shamir and Howard, 1968).

روش کلونی مورچه‌ها در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت. از تفاوت‌های روش به‌کار گرفته شده در این پژوهش با کارهای قبلی، تعیین پارامتری به‌عنوان نسبت مجموع نشت زمینه و تلفات ظاهری به کل آب بدون درآمد است که با انجام تحلیل‌های مختلف و رسیدن به بهترین برازندگی تعیین شد.

استفاده قرار گرفته است (Izquierdo et al., 2008, Behzadian et al., 2009, Nasirian and Maghrebi, 2014).

یکی از پرکاربردترین روش‌ها در حل مسائل مرتبط با شبکه‌ها روش کلونی مورچه‌ها^۱ است. نصیریان و مغربی دقت نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون را در دو شبکه فرضی و آزمایشگاهی به روش کلونی مورچه‌ها مورد بررسی قرار دادند (Nasirian and Maghrebi, 2014).

همچنین برتری این روش نسبت به روش الگوریتم ژنتیک^۲ توسط فغفور مغربی و همکاران بر روی شبکه‌های فرضی نشان داده شده است (Maghrebi et al., 2011). مزیت این روش وجود عاملی به نام راهنمای کاوشی است.

روش حداقل جریان شبانه یکی از روش‌های ارزیابی میزان آب بدون درآمد است. این روش بر پایه اندازه‌گیری حداقل جریان ورودی به یک منطقه مجزا شده در زمان وقوع حداقل مصرف مشترکان استوار است (Tabesh, 2013).

در پژوهش حاضر با تلفیق روش حداقل جریان شبانه و روش نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون به‌طور هم‌زمان مقدار و موقعیت نشت‌های شبکه و مؤلفه‌های اصلی آب بدون درآمد شامل تلفات ظاهری و واقعی تعیین شد. همچنین با تفکیک نشت زمینه و نشت‌های بزرگ، موقعیت و مقدار هر یک از آن‌ها تعیین شد.

۲- مواد و روش‌ها

آب بدون درآمد میزان آبی است که مصرف می‌شود ولی هزینه‌ای بابت آن پرداخت نمی‌شود. آب بدون درآمد در شبکه‌های توزیع طبق نشریه ۵۵۶ (Tabesh, 2013) به دو دسته تلفات واقعی و ظاهری تقسیم می‌شوند.

دو جزء مهم از این تلفات، نشت از شبکه و مصرف‌کنندگان غیرمجاز می‌باشند. نشت در شبکه ارتباط مستقیمی با فشار دارد. بر این اساس مقدار نشت در ساعت حداقل مصرف که فشار به بیشترین مقدار خود می‌رسد، نمود بیشتری پیدا می‌کند. از طرفی مصرف‌کننده غیرمجاز، شبیه مصرف‌کننده مجاز است و تنها تفاوت آن در عدم پرداخت هزینه بابت آب مصرفی است. بنابراین دارای الگوی مصرفی مشابه مصرف‌کنندگان مجاز خواهد بود. از این رو

¹ Ants Colony

² Genetic Algorithm (GA)

موقعیت‌های مکانی شبکه می‌باشند. با نصب فشارسنج در ۳۵ نقطه از شهر، فشارهای مشاهداتی به صورت ۲۴ ساعته به فاصله زمانی حدود نیم ساعته اندازه‌گیری می‌شود. متوسط جریان ورودی به شبکه در بازه ۷ روزه ۵۳/۶ لیتر بر ثانیه و حداقل جریان شبانه برابر ۴۲/۷۸ لیتر بر ثانیه است (Fazel, 2009).

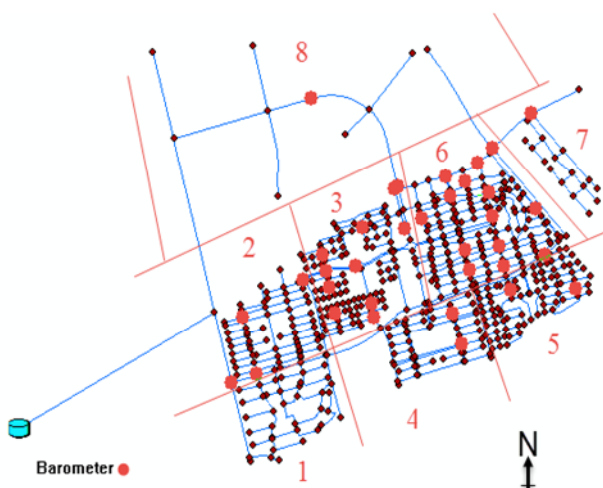


Fig. 1. Distribution network of Golbahar and location of barometer nodes (Fazel, 2009)

شکل ۱- شبکه توزیع گل‌بهار و جانمایی نقاط فشارسنجی (Fazel, 2009)

۳- نتایج و بحث

نشت یابی در شبکه گل‌بهار مشهود و تعیین نقاط نشت و مؤلفه‌های آب بدون درآمد در شبکه براساس کالیبراسیون و با استفاده از روابط حداقل جریان شبانه صورت گرفت.

۱-۳- تعیین مؤلفه‌های آب بدون درآمد با استفاده از روابط حداقل جریان شبانه

در این بخش با استفاده از روابط حداقل جریان شبانه، به تفکیک نشت زمینه، نشت‌های بزرگ و تلفات ظاهری پرداخته شد. جدول ۱ مقادیر مصرف و نشت را در زمان حداقل جریان شبانه و متوسط جریان شبانه نشان می‌دهد.

در این جدول ردیف ۱ جریان ورودی به شبکه و ردیف ۲ میزان مصارف مشترکان است. مصارف مشترکان در زمان متوسط جریان شبانه از متوسط مصرف ۲۴ ساعته شبکه که بر اساس قرائت دوره‌ای کنتورهای مشترکان محاسبه شده است، برابر ۲۳/۹۸ لیتر

۱-۲- تعیین مؤلفه‌های نشت با استفاده از حداقل جریان شبانه
 میزان جریان اندازه‌گیری شده در یک شبکه مجزا در شب و در بازه زمانی حداقل مصرف مشترکان را حداقل جریان شبانه گویند (Fazel, 2009). معادله ۱ نشت زمینه از خطوط اصلی و معادله ۲ نشت زمینه از انشعابات را بیان می‌کند (Tabesh, 2013).

$$leak_{for} = Q_{Leak} \times \left(\frac{P_{av}}{50}\right)^k \times L \quad (1)$$

$$leak_{fsp} = Q_{Leak} \times \left(\frac{P_{av}}{50}\right)^k \times n \quad (2)$$

که در این معادلات

L طول خط لوله اصلی بر حسب کیلومتر، k توان فشار برای شکستگی‌های زمینه که عددی بین ۰/۵ تا ۲ است. توان فشار با داشتن فشار متوسط شبکه در شرایط فشاری متفاوت $\left(\frac{P_1}{P_0}\right)$ و نیز مقدار RFVL (نسبت تعداد منافذ نشت با سطح مقطع ثابت به تعداد منافذ نشت با سطح مقطع متغیر) با استفاده از نمودار FAVAD قابل محاسبه است. لازم به ذکر است با توجه به بررسی‌های اتفاقات شبکه مقدار RFVL برابر ۰/۵ بوده و دامنه تغییرات توان فشار با توجه به نمودار FAVAD و RFVL مقدار ۰/۹ تا ۱/۲ به دست آمده است (Tabesh, 2013). P_{av} متوسط فشار شبکه بر حسب متر، عدد ۵۰ فشار استاندارد برای نرخ نشت و Q_{Leak} مقدار نشت بر حسب لیتر بر کیلومتر بر ساعت است. n مقدار نشت از انشعابات بر حسب لیتر بر انشعابات بر ساعت و تعداد انشعابات است. حداقل مصرف شبانه نیز بر اساس نشریه ۵۵۶ قابل تعیین است (Tabesh, 2013).

۲-۲- معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر جدید گل‌بهار در حاشیه شهر مشهد و از شهرهای در حال توسعه است. شبکه آبرسانی شهر دارای ۵۹۷ گره و ۷۰۲ لوله جمعاً به طول ۹۵ کیلومتر است. شکل ۱ شبکه توزیع آب شهر گل‌بهار را نشان می‌دهد و در آن ناحیه‌بندی‌ها و همچنین نقاط فشارسنجی مناطق مختلف مشخص شده‌اند. زبری لوله‌ها در این شبکه بر اساس بررسی‌های میدانی انجام شده در نظر گرفته شد (Fazel, 2009). در شکل ۱ نقاط علامت‌گذاری شده، جانمایی فشارسنج‌ها در

جدول ۱- میزان مصرف آب و اجزای آب بدون درآمد

Table 1. Water consumption and the NRW components

	Subject	MNF	Average network flow
1	Inflow(l/s)	42.78	53.6
2	Consumption(l/s)	5.52	23.98
3	Apparent losses (l/s)	2.2	9.42
4	Background leakage (l/s)	5.9	3.4
5	Big leakages (l/s)	29.16	16.8
6	Average pressure(m)	41.33	25.27

بر ثانیه محاسبه شد و مجموع نشت زمینه ۵/۹ لیتر بر ثانیه به دست آمد. با توجه به اینکه نشت زمینه متأثر از فشار شبکه است، می توان نشت زمینه را برای متوسط جریان شبکه به دست آورد. با توجه به نشت زمینه در حداقل جریان شبانه و متوسط فشار شبکه در زمان میانگین مصرف، نشت زمینه در این حالت مقدار ۳/۴ لیتر بر ثانیه به دست آمد.

ردیف ۳ معرف تلفات ظاهری است. تلفات ظاهری، درصدی از مصرف مشترکان مجاز در نظر گرفته می شود. در ابتدا فرض شد که تلفات ظاهری معادل ۴۰ درصد مصارف اندازه گیری شده باشد. میزان تلفات ظاهری در زمان حداقل شبانه ۲/۲ لیتر بر ثانیه بود. لذا کل تلفات واقعی برابر ۳۵/۰۶ لیتر بر ثانیه برآورد شد. با توجه به این که نشت زمینه در حداقل جریان شبانه ۵/۹ لیتر بر ثانیه می باشد، میزان نشت های بزرگ ۲۹/۱۶ لیتر بر ثانیه به دست آمد. ردیف ۵ جدول تلفات ناشی از نشت های بزرگ را نشان می دهد.

متوسط فشار شبکه از ۴۱/۳۳ متر در شب به ۲۵/۲۷ متر در زمان متوسط مصرف کاهش می یابد. در نتیجه میزان تلفات واقعی از ۳۵/۰۶ به ۲۰/۲ لیتر بر ثانیه کاهش خواهد یافت. بر این اساس تلفات ظاهری در متوسط مصرف ۹/۴۲ لیتر بر ثانیه است. در متوسط مصرف، میزان مصرف مجاز ۲۳/۹۸ لیتر بر ثانیه است. با توجه به فرض اولیه برای درصد تلفات ظاهری، میزان تلفات ظاهری در این زمان ۹/۶ لیتر بر ثانیه محاسبه شد که به میزان ۹/۴۲ لیتر بر ثانیه به دست آمده، تا حد قابل قبولی نزدیک است. بنابراین فرض صورت گرفته برای تعیین مقدار تلفات ظاهری در ابتدا صحیح بوده است.

۲-۳- کالیبراسیون مصارف گره ای

شکل ۲ مقادیر مصرف را قبل و بعد از کالیبراسیون در گره های مختلف، در بهترین پاسخ نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، خطوط نقطه چین نشان دهنده مصرف پایه قبل از کالیبراسیون و خطوط پررنگ نشان دهنده مصرف تنظیم شده بعد از کالیبراسیون است. اختلاف این خطوط نشان دهنده آب بدون درآمد است که شامل تلفات ظاهری، نشت های بزرگ و نشت زمینه است. میزان مصرف بعد از کالیبراسیون در تمامی گره ها افزایش یافته است. این افزایش ناشی از نشت زمینه و تلفات ظاهری هستند که به مصرف پایه اضافه

در ثانیه به دست آمد. همچنین محاسبه حداقل مصرف شبانه از جمع مصرف شبانه خانگی عادی و مصرف شبانه غیر خانگی حاصل می شود. مصرف شبانه خانگی عادی شبکه با توجه به جمعیت ۱۱۲۷۵ نفر و ۶ درصد (Tabesh, 2013) به عنوان جمعیت فعال در شب و سرانه مصرف شبانه ۱۰ لیتر بر ساعت (Tabesh, 2013) برابر ۱/۸۸ لیتر بر ثانیه خواهد بود (Sabet, 2017). مصرف شبانه غیر خانگی با توجه به تعداد مشترکان با کاربری های غیر مسکونی به میزان ۳/۶۴ لیتر بر ثانیه محاسبه شد (Sabet, 2017). بنابراین میزان کل حداقل مصرف شبانه برابر با ۵/۵۲ لیتر بر ثانیه می باشد. بر این اساس میزان آب بدون درآمد در زمان حداقل شبانه ۳۷/۲۶ لیتر بر ثانیه می باشد.

ردیف ۶ متوسط فشار شبکه را نشان می دهد که بر اساس فشارسنجی گره های شبکه برای متوسط و حداکثر فشار، به ترتیب مقدار ۲۵/۲۷ و ۴۱/۳۳ متر به دست آمده است (Sabet et al., 2015).

در تحلیل ها نخست مقدار نشت در زمان حداقل جریان شبانه محاسبه و سپس با توجه به رابطه فشار و نشت، مقدار نشت برای زمان متوسط مصرف محاسبه شد. بنابراین برای استفاده از نمودار FAVAD مقدار ۴۱/۳۳ متر مقدار P_0 و ۲۵/۲۷ متر برابر P_1 بود و توان فشار ۱/۱۲ به دست آمد.

ردیف ۴ نشان دهنده نشت زمینه است. برای محاسبه نشت زمینه در زمان حداقل جریان شبانه از معادلات ۱ و ۲ استفاده شد. بر اساس معادله ۱، میزان کل نشت زمینه خطوط اصلی در شبکه ۱/۱ لیتر بر ثانیه محاسبه شد. میزان نشت زمینه از انشعابات مشترکان بر اساس معادله ۲ و با توجه به تعداد ۴۴۷۳ مشترک در شرایط زیربنایی بد و فشار متوسط ۴۱/۳۳ متر، معادل ۴/۸ لیتر

۳-۳- تعیین مولفه‌های آب بدون درآمد بر اساس کالیبراسیون
 در این بخش بر اساس کالیبراسیون به تفکیک نشت زمینه، نشت‌های بزرگ و تلفات ظاهری پرداخته می‌شود. در این پژوهش ۱۰ مورد از پاسخ‌ها با بهترین برازندگی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار برازندگی این پاسخ‌ها در بازه ۱۷۸ تا ۱۸۴ به دست آمد. جدول ۲ مقادیر مصرف قبل و بعد از کالیبراسیون را به تفکیک ناحیه بر اساس میانگین ۱۰ پاسخ با بهترین برازندگی نشان می‌دهد. در جدول ۲، مصارف و آب بدون درآمد تفکیک شده‌اند و به صورت جداگانه در هر ناحیه میزان آن‌ها محاسبه شده است. ستون شماره ۱ شماره ناحیه، ستون ۲ مصرف پایه در زمان حداقل شبانه بر اساس نشریه ۵۵۶، ستون ۳ مصرف بعد از کالیبراسیون و ستون ۴ نشت‌های بزرگ در یک ناحیه است. این نشت‌ها از اختلاف مصارف بعد از کالیبراسیون با مصارف پایه به صورت میانگین از ۱۰ تحلیل به دست آمده است. این نتایج به خوبی موقعیت نشت بزرگ در شبکه را شناسایی می‌نماید. ستون ۵ با کسر ستون‌های ۲ و ۴ از ستون ۳ به دست آمده است و مقدار نشت زمینه و تلفات ظاهری در نواحی مختلف را نشان می‌دهد. این میزان به طور تقریبی معادل ۲۰ درصد کل آب بدون درآمد است. با توجه به نتایج، میزان تلفات ظاهری ۴۰ درصد از مصرف پایه به دست آمد که در ستون ۶ ارائه شده است. ستون ۷ نشت زمینه را نشان می‌دهد که از تفاضل ستون ۵ و ۶ به دست آمده است.

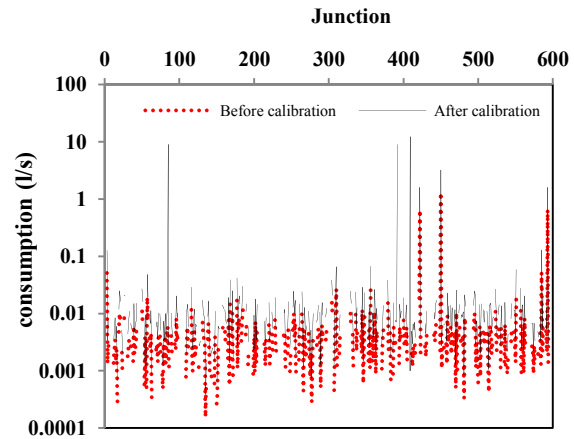


Fig. 2. Nodal demand before and after calibration
 شکل ۲- مصرف گره‌ای قبل و بعد از کالیبراسیون

شده‌اند. در بعضی از گره‌ها این افزایش زیاد است که نشان‌دهنده نشت بزرگ در این نواحی است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، گره‌های ۸۵، ۳۹۲ و ۴۰۹ دارای نشت بزرگ می‌باشند. لازم به ذکر است که گره‌های ۸۵ و ۳۹۲ در ناحیه ۵ و گره ۴۰۹ در ناحیه ۱ واقع شده‌اند. همچنین در گره‌های ۴۲۲، ۴۵۰ و ۵۹۳ با توجه به شکل ۲، میزان مصرف پایه بالاست. در این گره‌ها پس از اعمال نشت زمینه و تلفات ظاهری، مصرف بعد از کالیبراسیون بالا می‌رود اما این نشان‌دهنده وجود نشت بزرگ نخواهد بود.

جدول ۲- مصارف ناحیه‌ها قبل و بعد از کالیبراسیون

Table 2. Demands in different zone before and after calibration

Zone	Consumption		NRW			
	Base demand (l/s)	After calibration (l/s)	Big loss (l/s)	Background & apparent loss (l/s)	Apparent loss (l/s)	Background loss (l/s)
1	2.66	18.17	12	3.51	1.06	2.45
2	1.32	3.01		1.69	0.53	1.16
3	0.33	0.75		0.42	0.13	0.29
4	0.26	0.59		0.33	0.10	0.23
5	0.36	14.93	14.1	0.47	0.14	0.33
6	0.58	1.32		0.74	0.23	0.51
7	0.02	4.00	3.9	0.09	0.01	0.08
8	0.00	0.00		0.00	0.0	0.0
Total	5.52	42.78	30	7.25	2.2	5.05

با توجه به نتایج جدول ۲ و شکل ۲، موقعیت نشت‌های بزرگ در ناحیه ۵ و محدوده گره‌های ۸۵ و ۳۹۲ و در ناحیه ۱ در محدوده گره ۴۰۹ و ناحیه ۷ شناسایی شد. این نتایج توانست موقعیت نشت‌های بزرگ در شبکه را با دقت بیشتری نسبت به پژوهش‌های پیشین شناسایی نماید. همچنین میزان آب بدون درآمد به تفکیک مؤلفه‌های مختلف آن در نواحی مختلف مشخص شد.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با اعمال و تعیین ضریبی به‌عنوان نشت زمینه و تلفات ظاهری و اختصاص مقادیری به‌عنوان نشت گره‌ای، مقادیر نشت زمینه و تلفات ظاهری به تفکیک ناحیه و موقعیت دقیق نشت‌های بزرگ به تفکیک گره در شبکه محاسبه شد. در ادامه با ادغام روش‌های نشت‌یابی مبتنی بر کالیبراسیون و حداقل جریان شبانه، مؤلفه‌های مختلف آب بدون درآمد شامل تلفات ظاهری، نشت زمینه و نشت ناشی از نشت‌های بزرگ به تفکیک ناحیه محاسبه شد. همچنین بر اساس نتایج این روش، اولویت مناطق مختلف برای نشت‌یابی تعیین شد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده اولویت‌ها برای نشت‌یابی محلی به ترتیب مناطق ۵، ۱ و ۷ می‌باشند. همچنین بررسی‌های میدانی نشان می‌دهند که دو ناحیه ۱ و ۵ به دلیل قدمت لوله‌ها و کیفیت پایین آن‌ها دارای بیشترین اتفاقات بوده‌اند. در گزارش اتفاقات شبکه گلپهار از مجموع ۹۱ مورد ترکیدگی در سال مورد مطالعه، تعداد ۴۴ مورد در منطقه ۱ و ۳۳ مورد در منطقه ۵ رخ داده است (Fazel, 2009). بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل‌های صورت گرفته در این پژوهش و گزارش اتفاقات شبکه گلپهار می‌توان به خوبی صحت نتایج به‌دست آمده را تأیید کرد. مقدار به‌دست آمده برای نشت‌های بزرگ از روش‌های کالیبراسیون و حداقل جریان شبانه به ترتیب ۳۰ و ۲۹/۱۶ لیتر بر ثانیه به‌دست آمد که صحت نتایج را نشان می‌دهد. این نتایج می‌تواند موقعیت و مقدار ناشی از نشت‌های بزرگ را به خوبی تعیین نماید. در ادامه، نتایج این پژوهش با نتایج فاضل و مغربی مقایسه شد. ایشان نیز نشت‌های بزرگی را در نواحی ۱ و ۵ شناسایی کرده‌اند و در مجموع این دو ناحیه اکثر نشت شبکه را به خود اختصاص داده‌اند (Fazel, 2009).

References

- Behzadian, K., Kapelan, Z., Savic, D. & Ardeshtir, A. 2009. Stochastic sampling design using a multi-objective genetic algorithm and adaptive neural networks. *Journal of Environmental Modelling and Software*, 24(4), 530-541.
- Fazel, B. 2009. *Using pressure measurements for leak detection in water-supply network (Case study: Golbahar)*. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian)
- Izquierdo, J., Montalvo, I., Pérez, R. & Fuertes, V. S. 2008. Design optimization of wastewater collection networks by PSO. *Journal of Computers and Mathematics with Applications*, 56(3), 777-784.
- Maghrebi, M. F., Hasanzadeh, Y. & Yazdani, S. 2011. Calibration of water supply systems based on ant colony optimization. *Journal of Water and Wastewater*, 24(1), 101-111. (In Persian)
- Nasirian, A. & Maghrebi, M. 2014. Performance evaluation of optimization models for calibration and leakage detection of water distribution network using laboratorial model. *Journal of Water and Wastewater*, 25(2), 36- 47. (In Persian)
- Sabet, M. 2017. *Leakage detection in water distribution networks using calibration of nodal pressures*. MSc Thesis, University of Birjand, Iran. (In Persian)
- Sabet, M., Rostamipor, M. R. & Nasirian, A. 2015. NRW evaluation of spatial distribution in urban water distribution network based on pressure calibration nodal (Case study: Golbahar city of Mashhad). *National Conference on Water Crisis and its Management in Arid Zones of Iran*, Yazd University, Yazd, Iran. (In Persian)
- Shamir, U. Y. & Howard, C. D. 1968. Water distribution systems analysis. *Journal of the Hydraulics Division*, 94(1), 219-234.
- Tabesh, M. 2013. *Guide to understanding and factors not accounted water and its solutions*. Publication No. 556, Planning and Strategic Supervision Department of the Presidential Administration. (In Persian)
- Tabesh, M. & Beige S. 2017. Water pricing as an economic justification for reducing non-revenue water (NRW) projects. *Journal of Water and Wastewater*, 28(1), 113-125. (In Persian)