

## یادداشت فنی

### تعیین هدررفت واقعی آب و شاخص‌های عملکرد نشت در شبکه آبرسانی شهر لار

مسعود نوشادی<sup>۱\*</sup> و مسلم راستی<sup>۲</sup>

#### چکیده

در این پژوهش قسمتی از شبکه توزیع آب شهر لار به‌عنوان محدوده مطالعاتی برای محاسبه مقادیر حجم هدر رفت آب و شاخص‌های عملکرد نشت در شبکه انتخاب شد. با نصب کنتور مغناطیسی و دیتالاگر در ورودی شبکه مورد نظر و نصب فشارسنج‌های دیجیتال فشار و دبی در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه‌ای ثبت شد و شاخص‌های عملکرد نشت شامل TIRL, UBRL, ILI تعیین شدند. براساس نتایج این پژوهش هدررفت واقعی آب بین ۱۸/۷٪-۱۲/۱٪ با میانگین ۱۵/۵٪، TIRL بین ۱۸۸/۵-۹۷/۲ با میانگین ۱۴۷/۵ لیتر در روز به ازای هر انشعاب، UBRL بین ۴۴/۶-۳۴/۲ با میانگین ۴۰/۰ لیتر در روز به ازای هر انشعاب و ILI بین ۴/۲-۲/۸ با میانگین ۳/۶ است که بیانگر وضعیت نامطلوب شبکه آب است. مقدار متوسط نشت قابل بازیافت برای هر انشعاب ۱۰۷/۵ لیتر در روز به ازای هر انشعاب است که با توجه به تعداد انشعاب سرویس (۱۸۱۰۰)، نشت قابل بازیافت در کل شبکه ۷۱۰۱۹۹ مترمکعب در سال است.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص‌های عملکرد نشت، شبکه توزیع آب، شهر لار، هدررفت.

**ارجاع:** نوشادی م. و راستی م. ۱۳۹۳. تعیین هدررفت واقعی آب و شاخص‌های عملکرد نشت در شبکه آبرسانی شهر لار. مجله پژوهش آب ایران. ۲۳۲-۲۲۹: (۱۴)۸.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲- کارشناس ارشد مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده عمران محیط‌زیست، بندرعباس.

\* نویسنده مسئول: [noshadi@shirazu.ac.ir](mailto:noshadi@shirazu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۳۰

## مقدمه

برای مقابله با مشکل کمبود منابع آب روش‌های سنتی مدیریت منابع آب جواب‌گو نبوده و باید از روش‌های نوین مدیریت تقاضای آب به‌عنوان راهی جدید که عملکرد سیستم توزیع آب را بهبود می‌بخشد استفاده شود. کنترل نشت و مدیریت فشار از جمله روش‌های مؤثر مدیریت تقاضای آب است (علیزاده و سادات‌رفیعی، ۱۳۸۵ و وزارت نیرو، ۱۳۸۶).

موضوع‌های کلیدی در برآورد میزان هدررفت شامل این موارد می‌شوند: تقسیم نشت کلی به دو بخش نشت‌های واقعی و ظاهری، تأثیر فشار بر روی نشت، و استفاده از تحلیل جز به جز برای تعیین نشت از یک حداقل جریان شبانه (مکنزی و جیگو، ۲۰۰۵).

برای دستیابی به ابزاری مناسب برای مدیریت نشت در شبکه‌های آب، انجمن بین‌المللی آب<sup>۱</sup> (IWA) شاخص‌های عملکرد نشت را به سه سطح ۱، ۲ و ۳ تقسیم کرده است (لامبرت و همکاران، ۱۹۹۹ و فانتوزی و همکاران، ۲۰۰۶) که در این پژوهش از سطح‌های ۲ و ۳ استفاده شده است.

شاخص تکنیکی تلفات واقعی (TIRL)<sup>۲</sup>

این شاخص بیانگر نشت موجود شبکه بوده و مدت زمانی که سیستم تحت فشار است را مدنظر قرار می‌دهد. این شاخص بر حسب لیتر به ازای هر انشعاب سرویس در روز در زمانی که سیستم تحت فشار<sup>۳</sup> است (liters/ con/day) است (شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۸۵). انجمن بین‌المللی آب مقدار TIRL را برای ۲۷ سیستم آبرسانی از ۲۰ کشور جهان محاسبه کرده که میانگین آن ۲۷۷ لیتر با ازای هر انشعاب سرویس در روز است.

شاخص نشت زمینه اجتناب‌ناپذیر (UBRL)<sup>۴</sup>

به مقدار نشت شبکه که کاهش آن به سطح پایین‌تر از آن امکان عملیاتی نداشته باشد، نشت اجتناب‌ناپذیر گویند (شریف‌زاده صوفیانی و جلیلی قاضی‌زاده، ۱۳۸۷).

$$UBRL = (9.6 / DC + 0.6 + 16L_p / N_c) \times P \quad (1)$$

در این معادله DC تراکم انشعابات بر کیلومتر از خط اصلی،  $L_p$  مجموع فاصله خط از کنتور انشعاب بر حسب کیلومتر،  $N_c$  تعداد انشعابات و  $P$  فشار متوسط ناحیه بر حسب متر است.

## شاخص نشت زیر ساخت (ILI)

این شاخص یکی از کارآمدترین رابطه‌ها در تعیین کارایی و عملکرد شبکه‌های توزیع آب در سراسر دنیا است.

$$ILI = \frac{TIRL}{UBRL} \quad (2)$$

در این معادله TIRL مقدار هدررفت واقعی موجود و UBRL مقدار هدررفت اجتناب‌ناپذیر است.

میزان شاخص ILI در ۲۷ سیستم آبرسانی از ۲۰ کشور جهان ۴/۳۸ است (لامبرت و همکاران، ۱۹۹۹). سیستم‌هایی با ILI بین ۱ تا ۲/۷ سیستم‌های با مدیریت نشت مناسب و سیستم‌های با مقدار ILI بیشتر از ۲/۹ معمولاً دارای مشکلاتی در مدیریت و رفع نشت بوده و معمولاً تجهیزات آن‌ها فرسوده هستند.

## مواد و روش‌ها

در ابتدا قسمتی از شبکه توزیع آب شهرلار به‌عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شد. در این محدوده طول شبکه اصلی توزیع آب ۴۵۰۰ متر، تعداد مشترکین ۲۳۶، تعداد انشعاب ۱۹۴ و متوسط طول لوله‌های انشعاب مشترکین ۸ متر است.

پس از انتخاب محل محدوده طرح، یک دستگاه کنتور مغناطیسی ۱۵۰ میلی‌متری دارای دیتالاگر بر روی خط انتقال آب ورودی و چهار دستگاه فشارسنج دیجیتال دیکسون<sup>۵</sup> در نقطه‌های مختلف شبکه نصب شدند. تنظیمات دیتالاگر به‌صورتی بود که به‌صورت شبانه‌روزی و در فاصله‌های ۱۵ دقیقه‌ای فشار و دبی عبوری را ثبت می‌کرد. اندازه‌گیری‌ها در فاصله‌های یک هفته‌ای و به مدت سه هفته انجام شدند.

در مرحله بعد تعداد مشترکین کنتور خراب، بدون کنتور و موردهای قطع انشعاب مشخص شد و نسبت به نصب کنتور در محل‌های بدون کنتور (۱ مورد) و تعویض کنتورهای خراب مشترکین (۳ مورد) اقدام شد. سپس قرائت کنتور مشترکین در فواصل زمانی یک هفته‌ای (از یکشنبه تا یکشنبه) در عصر هر روز (به‌دلیل حضور افراد در منزل و امکان قرائت کنتور) با سرعت و دقت بالا انجام شد و شاخص‌های عملکرد نشت شامل ILI, TIR, UBRL محاسبه و تجزیه و تحلیل شدند.

1- International Water Association (IWA)

2- Technical Indicator of Real Losses

3- liters/service connection/day W.S.P

4- Unavoidable Background Real Losses (UBRL)

## نتایج و بحث

بررسی مقادیر ثبت شده فشار و دبی و تعیین حداقل جریان شبانه

حداقل مقدار جریان اندازه‌گیری شده در یک منطقه با شبکه ایزوله شده در هنگام شب و در فاصله زمانی حداقل تقاضای مشترکین (به طور معمول بین ساعت ۲ تا ۴ بامداد)، حداقل جریان شبانه<sup>۱</sup> (MNF) نام دارد و شامل مصرف‌های شبانه و نشت زمینه و شکستگی‌ها است (اریک، ۲۰۰۶).

حداقل جریان شبانه زمانی اتفاق می‌افتد که مصرف‌های مشترکین حداقل و میزان نشت به دلیل بالا بودن فشار حداکثر باشد. مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط دبی شبکه به ترتیب ۵/۵۳، ۰/۴۷ و ۲/۷۳ لیتر در ثانیه بوده که فشار متناظر دبی حداکثر ۳/۷ اتمسفر در ساعت ۱۱:۲۹ و فشار متناظر دبی حداقل ۵/۵ اتمسفر و مربوط به ساعت ۳:۱۲ بامداد بوده است. بنابراین مقدار حداقل جریان شبانه (MNF) ۰/۴۷ لیتر در ثانیه است.

میزان هدررفت واقعی آب<sup>۲</sup> (RL)

با توجه به ارقام ثبت شده توسط دیتالاگر کنتور مغناطیسی میزان هدررفت واقعی آب در هفته اول تا سوم به ترتیب ۲۵۶ مترمکعب (۱۸/۷٪)، ۱۳۲ مترمکعب (۱۲/۱٪) و ۲۱۳ مترمکعب (۱۵/۷٪) است. بنابراین میزان هدررفت واقعی آب بین ۱۲/۱٪ تا ۱۸/۷٪ با میانگین ۱۵/۵٪ است.

## شاخص تکنیکی تلفات واقعی (TIRL)

با توجه به حجم هدررفت واقعی آب و تعداد مشترکین یا  $N_c$  (۱۹۴) مقدار TIRL در هفته اول تا سوم به ترتیب ۱۸۸/۵، ۹۷/۲ و ۱۵۶/۸ با میانگین ۱۴۷/۵ لیتر در روز به ازای هر انشعاب سرویس است. بنابراین مقادیر TIRL محاسبه شده در این پژوهش، کمتر از متوسط TIRL ارائه شده توسط انجمن بین‌المللی آب (۲۷۷ لیتر به ازای هر انشعاب سرویس در روز) بوده است.

## شاخص نشت سالانه اجتناب‌ناپذیر (UBRL)

داده‌های اولیه لازم برای محاسبه این شاخص عبارتند از: فشار متوسط سیستم (در هفته اول تا سوم به ترتیب ۴۷، ۳۶ و ۴۳ متر)، متوسط طول لوله موجود از مرز مشترک تا کنتور مشترک یا  $L_1$  (۸ متر)، تعداد انشعابات سرویس (۱۹۴ انشعاب) و طول کل شبکه اصلی یا ( $L_2$  ۴/۵)

کیلومتر). مجموع فاصله خط از کنتور انشعاب ( $L_p$ ) برابر است با:

$$L_p = N_c \times L_1 \quad (3)$$

طبق این معادله مقدار  $L_p$  برابر ۱/۵ کیلومتر است. تراکم انشعابات بر هر کیلومتر از خط اصلی (DC) طبق معادله زیر ۴۳ انشعاب در هر کیلومتر است.

$$DC = \frac{N_c}{L_2} \quad (4)$$

بنابراین شاخص نشت زمینه اجتناب‌ناپذیر (UBRL) در هفته اول تا سوم به ترتیب ۴۴/۶، ۳۴/۲ و ۴۱/۲ با میانگین ۴۰/۰ لیتر در روز به ازای هر انشعاب است.

## شاخص نشت زیر ساخت (ILI)

در هفته اول تا سوم به ترتیب ۴/۲، ۲/۸ و ۳/۸ با میانگین ۳/۶ است.

در هفته اول به دلیل قرار گرفتن مخزن ۱۵۰۰۰ مترمکعبی شهر لار در مدار تأمین آب که ۱۰ متر بالاتر از مخزن ۵۰۰۰ مترمکعبی قرار دارد، میزان متوسط فشار بیشترین مقدار (۴۷ متر) را نسبت به دو هفته دیگر داشته و در نتیجه هدررفت واقعی (۱۸/۷ درصد) و ILI (۴/۲) بیشترین مقدار را داشته است (جدول ۱).

نتایج نشان می‌دهد که با انجام کنترل‌های لازم در خصوص کاهش فشار و کنترل نشت می‌توان هدررفت واقعی سیستم را تا حد زیادی کاهش داد بدون آنکه در تأمین نیازهای مشترکین خللی وارد شود.

شاخص تکنیکی تلفات واقعی (TIRL) و نشت سالانه اجتناب‌ناپذیر (UBRL) نیز در هفته اول بیشترین مقدار را داشته و به ترتیب ۱۸۸/۵ و ۴۴/۶ لیتر در هر انشعاب در روز بوده‌اند. بیشترین مقدار ILI نیز در هفته اول و ۴/۲ است و به طور کلی می‌توان گفت این عدد نشان دهنده وضعیت نامطلوب شبکه از نظر نشت بوده و نشت شبکه با توجه به مقدار ILI محاسبه شده در هفته اول در حدود ۴ برابر حداقل نشتی است که در شرایط ایده‌آل از لحاظ فنی در سیستم می‌تواند وجود داشته باشد.

روش تخمین میزان نشت برای هر انشعاب در این پژوهش محاسبه اختلاف بین TIRI و UBRL است که به طور متوسط در طول مدت اندازه‌گیری ۱۰۷/۵ لیتر در هر انشعاب در روز است. تعداد مشترکین اداره آب و فاضلاب لار ۲۰۱۰۰ مشترک است که با ۱۸۱۰۰ انشعاب سرویس‌دهی می‌شود. بنابراین کل نشت قابل بازیافت با

1-Minimum Night Flow(MNF)

2-Real Losses(RL)

اعمال طرح‌های کنترل نشت و فشار ۷۱۰۱۹۹ مترمکعب در سال است.

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده فشار و شاخص‌های هدررفت واقعی

| زمان     | متوسط فشار شبکه (متر) | RL(%) | TIRL<br>(Liters/con/day) | UBRL<br>(Liters/con/day) | ILI |
|----------|-----------------------|-------|--------------------------|--------------------------|-----|
| هفته اول | ۴۷                    | ۱۸/۷  | ۱۸۸/۵                    | ۴۴/۶                     | ۴/۲ |
| هفته دوم | ۳۶                    | ۱۲/۱  | ۹۷/۲                     | ۳۴/۲                     | ۲/۸ |
| هفته سوم | ۴۳                    | ۱۵/۷  | ۱۵۶/۸                    | ۴۱/۲                     | ۳/۸ |
| میانگین  | ۴۲                    | ۱۵/۵  | ۱۴۷/۵                    | ۴۰/۰                     | ۳/۶ |

## منابع

۱. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. ۱۳۸۵. راهنمای بالانسینگ آب. معاونت نظارت و بهره‌برداری. دفتر نظارت بر مدیریت و کاهش آب بدون درآمد. ۱۵۱ صفحه.
۲. شریف‌زاده صوفیانی ا. و جلیلی قاضی‌زاده م. ۱۳۸۷. مدیریت فشار در شبکه‌های آبرسانی شهری. چهارمین کنگره مهندسی عمران.
۳. جلیلی قاضی‌زاده م. ۱۳۸۷. کنترل و مدیریت تلفات آب. شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. معاونت برنامه‌ریزی و توسعه.
۴. علیزاده ر. و سادات‌رفیعی غ. ۱۳۸۵. شاخص‌های عملکرد شرکت‌های توزیع آب. انتشارات کوشا مهر. ۳۷۹ ص.
۵. وزارت نیرو. ۱۳۸۶. دستورالعمل شناخت و نحوه مطالعه عوامل مؤثر در آب به حساب نیامده و راهکارهای کاهش آن. استاندارد مهندسی آب. نشریه شماره ۳۰۸-الف. ۱۷۹ ص.
6. Erick J. 2006. The ultimate solution for leak detection and control in water distribution systems. GIS Article management, Broomfield, Pub IWA, Colorado USA.
7. Fantozzi M. Lalonde A. and Waldron T. 2006. Some international experiences in Promoting the recent advances in Partial leakage management. Water Practice and Technology 1(2): doi10.2166/wpt. 2006.026
8. Lambert A. Brown T. and Takizawa M. 1999. A review of Performance indicators for real losses from water supply systems. AQUA. 227-237.
9. Mckenzie R. and Jeago C. 2005. Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. Water Science and Technology. 5(1):33-40.