تهیه مدل تعیین نشت لحظه‌ای در لوله‌های شبکه توزیع آب با تلفیق مدل هیدرولیکی(WaterGEMS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS)

ضیاءالدین ایدی[۱]، محمدرضا جلیلی قاضی زاده[۲]، ابوالفضل شمسایی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه صنعتی شریف

۲- عضو هیات علمی دانشگاه صنعت آب و برق(شهید عباسپور)

۳- عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شریف

Email: zapwit@yahoo.com

خلاصه

سیستم‌های توزیع برای تامین سطح حداقل فشار در دوره‌های پیک مصرف، زمانی که افت‌های اصطکاکی در بالاترین حد و فشار ورودی در پایین‌ترین مقدار باشد طرح می‌شوند، در نتیجه فشارهای بالاتر از حد نیاز در طول دوره‌های غیر پیک همواره اتفاق می‌افتند، و این امر باعث افزایش نشت در شبکه می‌شود. تغییرات فشار باید به صورتی باشد که در نهایت به یک سطح فشار بهینه مناسب برای سیستم توزیع به شکلی که حقوق قانونی مشترکان و مصرف کنندگان تامین شود و تغییرات و ناپایداری در فشار بوجود نیاید منجر شود. در این مقاله با مدل نمودن بخشی از شبکه آب تهران در منطقه شمیرانات به عنوان مطالعه موردی با استفاده از مدل هیدرولیکی WaterGEMS و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، مدلی از شبکه جهت تعیین میزان نشت آماده و کالیبر شده است سپس الگوی مناسب جهت اعمال تغییرات فشار در طول شبانه روز تعیین شده و با استفاده از اصول FAVAD و Germanopoulos مقادیر نشت هرکدام از لوله‌های شبکه در هر ساعت از شبانه روز برآورد شده است. همچنین با اندازه‌گیری پارامترهای جریان، تغییرات مقادیر حداقل جریان شبانه، مصرف و جریان ورودی با تغییرات فشار برآورد گردیده است.

کلمات کلیدی: مدیریت فشار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، مدل هیدرولیکی، اصول FAVAD، روش Germanopoulos

۱. مقدمه

با توجه به کمبود منابع آب، افزایش جمعیت، افزایش سرانه مصرفی آب و افزایش هزینه‌های تامین آب، استفاده بهینه از منابع آب موجود به یک موضوع حیاتی تبدیل شده است. این مهم در کشورهای در حال توسعه، که مصرف صنعتی آنها نیز رو به افزایش است اهمیت بیشتری دارد. برای مقابله با مشکل کمبود منابع آب آشامیدنی، روشهای سنتی مدیریت منابع آب به تنهایی جوابگو نبوده و باید از روش‌های نوین مدیریت تقاضای آب به عنوان راهی جدید که عملکرد سیستم توزیع آب را بهبود می‌بخشد استفاده به عمل آید. کنترل نشت و مدیریت فشار از جمله روش‌های موثر مدیریت تقاضای آب می‌باشند.

هدف اصلی کاهش نشت و در نتیجه آن کاهش آب به حساب نیامده[۱] یا آب بدون درآمد[۲] در مناطق خشک و نیمه خشک، مقابله با کم آبی به دلیل خشکسالی‌ها و محدودیت منابع آب می‌باشد. اما هدف مهم دیگر مربوط به جنبه‌های اقتصادی آن می‌گردد، بطوریکه با کاهش میزان آب‌های به حساب نیامده، هزینه‌های ناشی از مصرف برق، ذخیره سازی، تصفیه و پمپاژ کاهش یافته و در عوض به دلیل پرداخت آب بها، درآمدی نیز برای شرکت‌های آب و فاضلاب به همراه خواهد داشت. همچنین اگر بتوان با کاهش آب‌های به حساب نیامده به تقاضاهای جدید مشترکین پاسخ داد، در هزینه مربوط به توسعه منابع آب، به عنوان مثال ساخت سد و مخزن جدید، ساخت و تجهیز تصفیه‌خانه‌های جدید و دیگر موارد صرفه‌جویی زیادی خواهد شد.

مشکلات ناشی از کمبود منابع آب و لزوم بکارگیری تمهیدات لازم جهت کاهش نشت در کشورهای در حال توسعه اهمیت بیشتری دارد و با وجود آنکه اخیراً کارهای زیادی برای معرفی و حل مشکل آب‌های به حساب نیامده انجام گرفته است، اما تعداد کمی از آنها شرایط کشورهای در حال توسعه

[1] Unaccounted-For Water
[2] Non-Revenue Water

را در نظر گرفته‌اند. از طرف دیگر، تلاش‌ها برای کاهش آب‌های به حساب نیامده در کشورهای در حال توسعه ممکن است توسط عواملی مانند عدم کنترل به موقع نشت، فقدان عملکرد مدیریت موثر، عدم اجرای آیین نامه‌ها و مقررات عمومی و ... به بن بست برسند[۱].

۲. مدیریت فشار

بعد از کار گذاشتن لوله‌های شبکه، در میان تمام عواملی که بر میزان نشت تاثیر می‌گذارند، تنها مدیریت فشار لوله‌هاست که قابل کنترل بوده و از این لحاظ کاهش میزان فشار، راه‌حلی عملی، موثر و کم هزینه در جهت کنترل میزان نشت به تنهایی یا به صورت ترکیبی به همراه سایر روش‌ها همانند تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های هیدرولیکی می‌باشد. ابزار زیادی برای اعمال مدیریت فشار وجود دارد که می‌توان به مواردی از جمله، کنترل پمپ‌ها، کنترل‌های ارتفاعی و نصب شیرهای کاهش فشار یا نگه‌دارنده فشار اشاره کرد. از جمله منافع مدیریت فشار می‌توان به کاهش هزینه تعمیرات، تعمیرات اضطراری کمتر، برنامه‌ریزی بهتر و نارضایتی کمتر مشترکان اشاره نمود[۲].

برای هر نوع نشتی، کاهش فشار سیستم توزیع می‌تواند نرخ اتلاف آب از طریق آن نشت را کاهش دهد. در این زمینه افراد زیادی چون، [3,4],Lambert, 2003, 2004)), ([5],Marunga et al, 2006), ([6],Walski et al, 2006)، (تابش و هومهر، ۱۳۸۶، [۷])، (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵، [۸]) و (جلیلی‌قاضی‌زاده و صالحی، ۱۳۸۶، [۹]) تحقیقاتی انجام داده‌اند. Thornton نشان داد که هم بزرگی نشت و هم رخداد نشت‌های جدید با کاهش و ثبات فشار در سیستم کاهش می‌یابند، او چندین راه را برای مدیریت فشار شبکه پیشنهاد داد. Lambert نشان داد که کاهش فشار نه فقط باعث کاهش میزان نشت از منافذ موجود می‌شود بلکه باعث کاهش نشت‌های جدید نیز می‌شود[۲].

شرکت‌های آب و فاضلاب می‌توانند مبالغ زیادی از راه کنترل نشت صرفه‌جویی نمایند. برای مثال در یک شهر ۲۵۰۰۰ نفری هزینه‌ای در حدود ۱۰۰۰۰۰ دلار در سال، فقط با کاهش ۵ درصد مقدار نشت صرفه‌جویی گزارش شده است[۱۰]. در تحقیقی در ملبرن استرالیا روی ۴۰۰۰ مشترک، مدیریت تقاضا توانست هزینه‌ها را حدود ۲۵ تا ۴۵ درصد کاهش دهد و مدیریت فشار باعث صرفه جویی ۲۰ تا ۵۵ درصد آب شرب مصرفی مجموعه در نواحی مختلف شد[۱۱].

با توجه به نحوه قیمت گذاری آب مصرفی در ایران، کاهش فشار نه تنها باعث کاهش نشت از شبکه می‌شود بلکه باعث کاهش هزینه‌های تامین و توزیع آب برای شرکت‌های آب و فاضلاب می‌گردد. در واقع کاهش فشار موجب کاهش مصارف مرتبط با فشار(در صورت استفاده از فشار مستقیم) و در نتیجه بازیابی و ذخیره منابع می‌شود، لذا کاهش فشار می‌تواند یک راه حل موثر برای کنترل مصارف ناخواسته باشد.

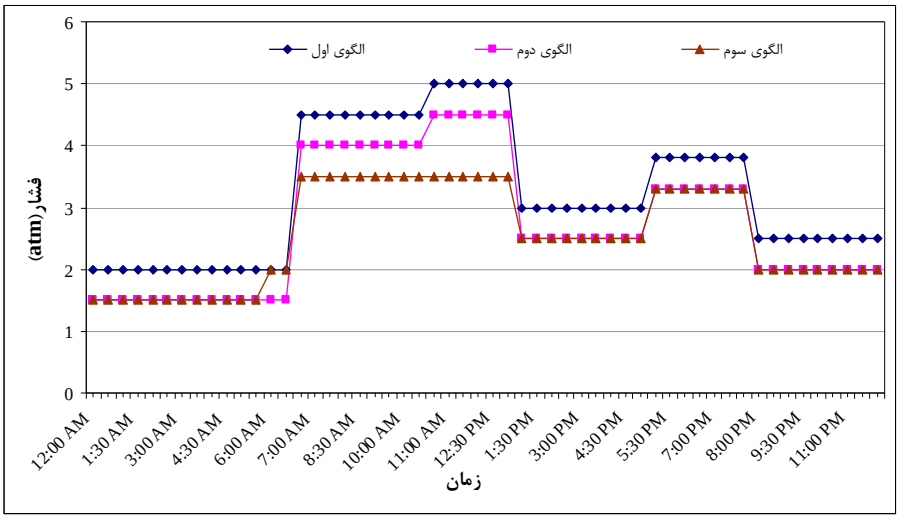
۳. مشخصات ناحیه مورد مطالعه

بعد از بررسی‌های مبسوط انجام گرفته، محدوده آب و فاضلاب ناحیه ۲ از منطقه ۱(شمیرانات) که شامل خیابان‌های شهید خداوردی و شهید زینعلی می‌شود برای انجام مطالعات انتخاب گردید. این محدوده توسط مخزن ۲۹ تهران تغذیه می‌شود.

بعد از ایزولاسیون ناحیه، در محل ورود جریان به ایزوله(بالادست خیابان خداوردی)، علاوه بر نصب شیر فشارشکن(شکل شماره ۱)، یک عدد کنترل‌گر فشار همراه با لاگر فشار برای اعمال الگوهای تغییر فشار روی شیر فشارشکن نصب شد. همچنین از دبی‌سنج التراسونیک جهت اندازه‌گیری جریان ورودی در محل ورود جریان استفاده بعمل آمد. این دبی‌سنج مقادیر دبی ورودی به ایزوله را در فواصل ۱۰ دقیقه‌ای در مدت انجام مطالعات ثبت می‌نمود.

بعد از تکمیل و آماده‌سازی ایزوله و نصب تجهیزات، مطالعات برای دبی ورودی و قرائت مصرف مشترکان در فشارهای مختلف انجام گرفت. مراحل مختلف اندازه‌گیری هرکدام به مدت یک هفته انجام می‌گرفت. در هر مرحله خروجی شیر فشارشکن بر روی فشار مورد نظر تنظیم و دبی ورودی به شبکه در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه ثبت می‌شد، برای هر مرحله از تنظیم فشار خروجی شیر فشارشکن، یک هفته عملیات اندازه‌گیری ادامه داشت. لازم به ذکر است که فشار خروجی شیر فشارشکن در دو حالت خروجی ثابت و متغیر تنظیم شد که فشار متغیر به صورت الگوی توزیع فشار برای الگوی مصرف در نقطه بحرانی تعیین گردید. این الگوها در شکل شماره ۲ نشان داده شده‌اند.

شکل ۱- عکس ماهواره‌ایی منطقه مورد مطالعه، خطوط زرد(شبکه توزیع)، خطوط سفید(محدوده ناحیه)



شکل ۲- الگوهای اول، دوم و سوم تنظیم فشار خروجی شیر فشارشکن

مراحل و شرایط مختلف اندازه‌گیری و توضیحات آنها در جدول شماره ۱ نمایش داده شده است. جهت مقایسه بهتر الگوهای ذکر شده(شکل شماره ۲)، مقدار میانگین تغییرات فشار اعمالی در طول ۲۴ ساعت نیز در جدول ذکر شده است.

جدول ۱- شرایط مختلف فشار خروجی شیر فشارشکن

هدف	حالت	از تاریخ	تا تاریخ	فشار خروجی شیر فشارشکن	ملاحظات
اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه، دبی ورودی و مصرف	۱	۸۶/۷/۷	۸۶/۷/۱۴	۳۰ متر ثابت	ماه رمضان
	۲	۸۶/۷/۱۴	۸۶/۷/۲۱	۵۰ متر ثابت	ماه رمضان
	۳	۸۶/۷/۲۱	۸۶/۷/۲۸	۵۰ متر ثابت	-
	۴	۸۶/۷/۲۸	۸۶/۸/۵	الگوی اول(میانگین ۳۱.۹۴ متر)	-
	۵	۸۶/۸/۵	۸۶/۸/۱۲	الگوی دوم(میانگین ۲۶.۹۴ متر)	-
اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه	۶	۸۶/۱۰/۱۲	۸۶/۱۰/۱۹	۴۰ متر ثابت	زمستان ۱۳۸۶
	۷	۸۶/۱۰/۱۹	۸۶/۱۰/۲۶	۳۳ متر ثابت	زمستان ۱۳۸۶
	۸	۸۶/۱۰/۲۶	۸۶/۱۱/۳	الگوی سوم(میانگین ۲۵.۲۷ متر)	زمستان ۱۳۸۶

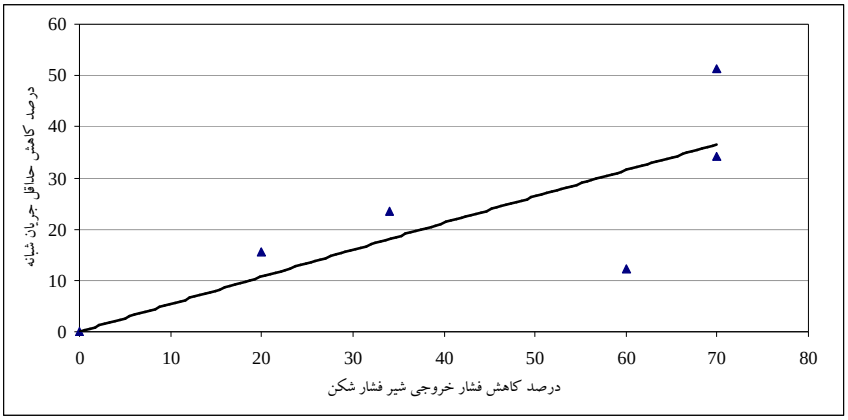
۴. تغییرات حداقل جریان شبانه در مقابل تغییرات فشار

با توجه به اینکه اندازه‌گیری مستقیم میزان نشت شبکه بسیار دشوار است، برای برآورد میزان نشت شبکه، تغییرات حداقل جریان شبانه مورد بررسی قرار گرفته است. حداقل جریان شبانه از مجموع نشت‌های شبکه و مصارف شبانه مشترکین تشکیل شده است. با توجه به اینکه میزان حداقل مصرف شبانه مشترکین قابل برآورد می‌باشد، حداقل جریان شبانه می‌تواند شاخص مناسبی برای تخمین میزان نشت شبکه باشد. حداقل جریان شبانه در ساعت‌های نیمه شب و معمولاً بین ساعات ۱۲ شب تا ۵ صبح اتفاق می‌افتد. در جدول شماره ۲ نتایج اندازه‌گیری حداقل جریان شبانه در هفته‌های مختلف اندازه‌گیری نشان داده شده است. در این جدول میزان فشار خروجی شیر فشارشکن و همچنین مقدار حداقل دبی شبانه در طول هفته نیز نشان داده شده است.

جدول ۲- تغییرات حداقل جریان شبانه با فشار برای ایزوله مورد مطالعه

حالت	فشار خروجی شیر فشارشکن در زمان جریان شبانه (متر)	حداقل جریان شبانه (متر مکعب بر ساعت)
۳	۵۰	۲۱.۹۶
۴	۲۰	۱۹.۲۶
۵	۱۵	۱۰.۶۹
۶	۴۰	۱۸.۵۵
۷	۳۳	۱۶.۷۹
۸	۱۵	۱۴.۴۴

چنانچه نتایج جدول شماره ۲ نشان می‌دهد با کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن میزان حداقل جریان شبانه کاهش می‌یابد. در شکل شماره ۳، درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن در حالت‌های مختلف با درصد کاهش حداقل جریان شبانه نشان داده شده است. در این شکل مبناء مقایسه خروجی شیر فشارشکن در حالت ۵۰ متر(حالت ۳) بوده است. لازم به توضیح است که حداقل جریان شبانه در ماه رمضان به علت مصرف مشترکین در شب قابل اعتماد نبوده و نتایج آن در جدول شماره ۲ و شکل شماره ۳ ارائه نشده است.



شکل ۳- درصد کاهش حداقل جریان شبانه در مقابل درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن(نسبت به حالت ۳)

در شکل شماره ۳ نتایج نقاط اندازه‌گیری شده توسط یک منحنی برازش داده شده است. یکی از علل پراکندگی نقاط در شکل ۳ وجود فصل سرما در زمان‌های اندازه‌گیری حالات شماره ۶ و ۷ و ۸ بوده است. به علت سرمای شدید زمستان سال ۱۳۸۶، ممکن است برخی مشترکین به علت جلوگیری از یخزدگی لوله‌ها، بعضی از شیرها را در طول شب باز گذاشته و در نتیجه مصرف شبانه افزایش یافته است، اما در حالت کلی روند کاهش مقدار حداقل جریان شبانه با کاهش فشار ملاحظه می‌گردد.

۵. تاثیر تغییرات فشار بر میزان جریان ورودی

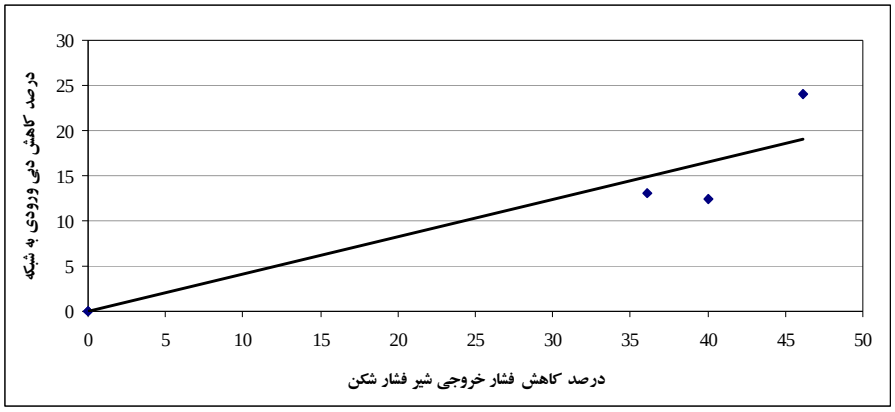
در مدت انجام اندازه‌گیری‌ها، مقادیر دبی ورودی به ایزوله توسط یک عدد دبی‌سنج التراسونیک که در بالادست شیر فشارشکن نصب بود ثبت می گردید.

نتایج حاصله به طور خلاصه در جدول شماره ۳ ارائه شده است. مقادیر ذکر شده برای میانگین دبی ورودی روزانه در طول یک هفته اندازه‌گیری بوده است.

جدول ۳- کاهش دبی ورودی حاصله در نتیجه تغییرات فشار اعمال شده

حالت	ملاحظات	فشار خروجی شیر فشارشکن	متوسط دبی روزانه ورودی به شبکه در طول هفته(متر مکعب در روز)	درصد کاهش دبی ورودی به شبکه
۱	ماه رمضان	۳۰ متر ثابت	۹۱۰.۴۲	۱۲.۴
۲	ماه رمضان	۵۰ متر ثابت	۱۰۷۹.۳۱	۰
۳	بعد از ماه رمضان	۵۰ متر ثابت	۹۹۹.۹۷	۰
۴	بعد از ماه رمضان	الگوی اول(میانگین ۳۱/۹۴ متر)	۹۰۴.۱	۱۳
۵	بعد از ماه رمضان	الگوی دوم(میانگین ۲۶/۹۴ متر)	۷۹۰.۳	۲۴

در جدول شماره ۳، میزان درصد کاهش دبی ورودی روزانه به شبکه، نسبت به میزان دبی ورودی به شبکه در حالت فشار خروجی شیر فشارشکن ۵۰ متر محاسبه شده است(متوسط حالت‌های ۲ و ۳). در شکل شماره ۴ تغییرات درصد کاهش دبی ورودی به شبکه، نسبت به درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن نشان داده شده است. همچنین در شکل شماره ۴ روند این تغییرات به صورت یک خط، با نتایج بدست آمده برازش داده شده است.



شکل ٤- درصد کاهش دبی ورودی در مقابل درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن

نتایج شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که بدون نارضایتی مشترکین، با کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن، کاهش دبی ورودی به شبکه تا حدود ۲۰ درصد حاصل شده است. کاهش دبی ورودی به شبکه به معنای کاهش مصرف مشترکین بعلاوه کاهش نشت شبکه می‌باشد که کاهش هر دو پارامتر در راستای مدیریت تقاضا شبکه آبرسانی می‌باشد.

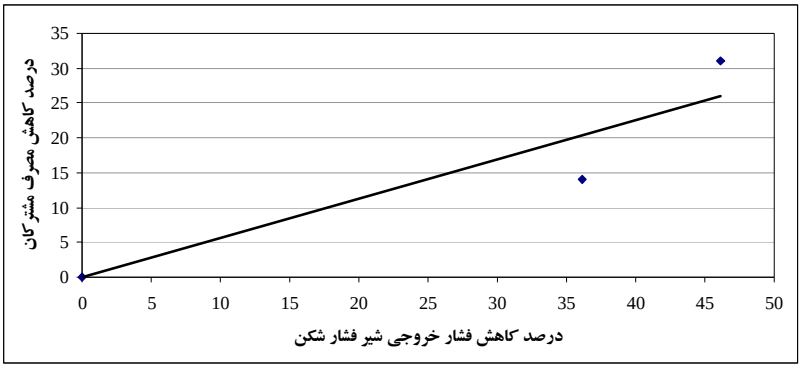
۶. تاثیر کاهش فشار بر میزان مصرف مشترکان

جهت بررسی تأثیر مدیریت فشار بر میزان کاهش مصرف مشترکین، قرائت هفتگی مصرف مشترکین همزمان با تغییرات خروجی فشار در شیر فشارشکن انجام گردید. در این تحقیق کنتور مشترکین داخل پایلوت به صورت هفتگی قرائت گردید. نتایج قرائت هفتگی کنتور مشترکین همزمان با تغییرات خروجی شیر فشارشکن برای حالت‌های ۳ و ۴ و ۵ در جدول شماره ۴ آورده شده است. درصد صرفه‌جویی در مصرف که در جدول شماره ۴ ارائه شده در مقایسه با حالت ۳ بوده است.

جدول ٤- کاهش مصرف مشترکان و درصد صرفه‌جویی حاصله در مصرف به علت تغییرات فشار خروجی شیر فشارشکن

حالت	فشار	میزان مصرف هفتگی مشترکان(متر مکعب)	درصد صرفه‌جویی در مصرف
۳	۵۰ متر ثابت	۱۴۱۹	۰
۴	الگوی اول(میانگین ۳۱/۹۴ متر)	۱۲۲۲	۱۴
۵	الگوی دوم(میانگین ۲۶/۹۴ متر)	۹۸۵	۳۱

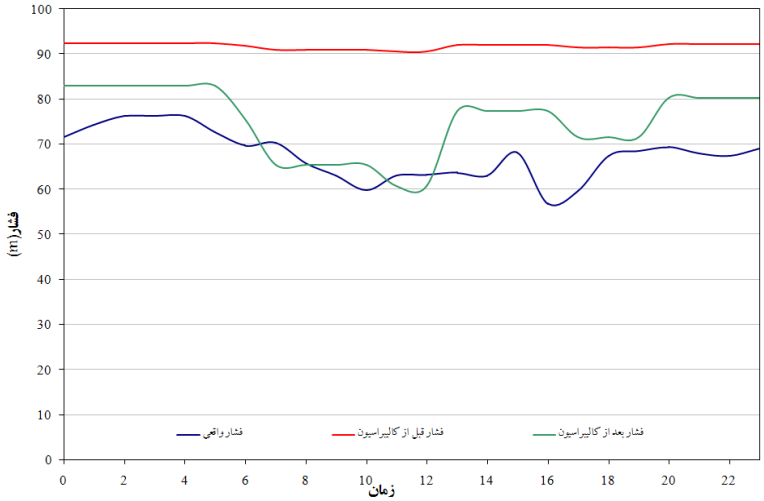
در شکل شماره ۵ درصد کاهش مصرف هفتگی مشترکین در مقابل درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن ترسیم شده است. چنانکه نتایج این شکل نشان می‌دهد در پروژه حاضر با کاهش میانگین فشار خروجی شیر فشارشکن میزان مصرف نیز کاهش یافته است. چنانچه از نتایج این شکل ملاحظه می‌شود با مدیریت فشار اعمال شده مصرف بیش از ۲۵ درصد کاهش یافته است بدون اینکه احساس نارضایتی از مشترکین گزارش شده باشد. لازم به توضیح است که در شکل شماره ۵ نتایج مربوط به حالت‌های ۶، ۷ و ۸ ارائه و مقایسه نشده است. علت این موضوع سرما و یخبندان کم سابقه زمستان سال ۱۳۸۶ می‌باشد که مصرف مشترکین به صورت قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. موضوع افزایش مصرف در این فصل نه تنها در پایلوت مورد مطالعه به روشنی تجربه شد، بلکه در شهرهای دیگر کشور و در بخش‌های دیگر از شهر تهران نیز این افزایش مصرف گزارش شده است. علت این افزایش می‌تواند به علت باز نگه داشتن شیرهای آب به منظور جلوگیری از یخزدگی لوله و همچنین افزایش تعداد حوادث و اتفاقات باشد. با توجه به این شرایط نتایج مصرف مشترکین در فصل زمستان در این تحقیق، تحلیل و مقایسه ارائه نشد.



شکل ٥- درصد کاهش مصرف در مقابل درصد کاهش فشار خروجی شیر فشارشکن

۷. مدلسازی هیدرولیکی شبکه

شبکه لوله‌ها و اتصالات شبکه پایلوت در محیط مدل هیدرولیکی WaterGEMS مدلسازی شد. جهت کالیبراسیون مدل، در سه نقطه از شبکه عملیات فشارسنجی در طول یک شبانه روز انجام گردید. داده‌های واقعی حاصل شده به محیط نرم‌افزار انتقال داده شد و جهت انجام کالیبراسیون با روش الگوریتم ژنتیک که در خود مدل دیده شده و با تغییر مقادیر ضریب هیزن ویلیامز لوله‌ها، مورد استفاده قرار گرفت. در شکل ۶ مقادیر فشار واقعی، فشار مدل قبل از کالیبراسیون و فشار مدل بعد از کالیبراسیون برای یکی از گره‌های شبکه نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود فشار گره بعد از کالیبراسیون به مقادیر واقعی نزدیک‌تر شده است.

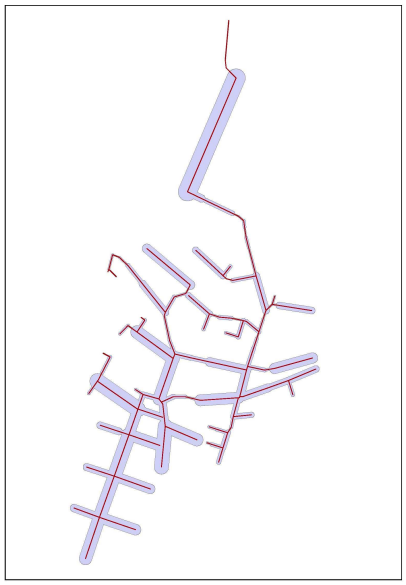


شکل ٦- تغییر فشار در یکی از گره‌های شبکه با انجام کالیبراسیون

مقادیر فشار هر یک از گره‌های شبکه جهت محاسبات مربوط به نشت به سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS انتقال داده شد. مدلسازی ناحیه در محیط ArcGIS با تعریف یک geodatabase و ساخت چهار لایه درون آن انجام گرفته است. این لایه‌ها عبارتند از: لایه لوله‌ها(با فرمت خط)، لایه تقاطع‌ها(با فرمت نقطه) که شامل شیرهای آتش‌نشانی، شیر فشار شکن و مخزن می‌باشد، لایه مصرف‌کنندگان(با فرمت پلیگون) و لایه تصویر هوایی(با فرمت رستر).

عملیات محاسبه نشت در محیط این نرم‌افزار انجام می‌گیرد. در این مطالعه از دو روش FAVAD و Germanopoulos جهت محاسبه نشت در شبکه استفاده شد. در ابتدا از روش FAVAD برای محاسبه کل نشت شبکه و مقایسه آن با نشت واقعی اندازه‌گیری شده استفاده بعمل آمد و سپس از روش Germanopoulos میزان نشت هر کدام از لوله‌های شبکه در هر ساعت شبانه روز تعیین شد. لازم به ذکر است که محاسبات تنها برای حالت ۶ انجام گرفت که نتایج آن در ادامه ارائه می‌گردد.

در نهایت جهت نمایش شماتیک میزان نشت هر لوله و مقایسه آن با سایر نقاط شبکه در محیط GIS می‌توان از ابزار Buffer استفاده نمود از این ابزار می‌توان برای تعیین سطوح نشت مختلف و تعیین لوله‌هایی که باید در اولویت نشت‌یابی قرار گیرند استفاده نمود. شکل ۷ تصویری از انجام این عملیات در محیط GIS می‌باشد. در این شکل لوله‌های با نشت بالا با ضخامت بیشتر نمایش داده شده‌اند. همچنین می‌توان با استفاده از امکانات این نرم‌افزار لوله‌های دارای رنج‌های مختلف نشت را در شبکه معین نمود. این عمل ابزار مفیدی در مدیریت نشت شبکه می‌باشد.



شکل ۷- مقایسه میزان نشت در لوله‌های شبکه(متوسط ٢٤ ساعته)

۸. نتایج

در مطالعه حاضر نتایج اعمال مدیریت فشار در یک شبکه ایزوله شده نمونه مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق تاثیر مدیریت فشار بر حداقل جریان شبانه بررسی شد، نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با کاهش فشار بالادست شبکه، میزان حداقل جریان شبانه کاهش می‌یابد. کاهش فشار بالادست شبکه توانست میزان جریان شبانه را در شبکه مورد نظر بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش دهد. با توجه به اینکه جریان شبانه از مجموع میزان نشت شبکه و مصرف مشترکین در شب بدست می‌آید نتیجه بدست آمده نشان می‌دهد که با کاهش فشار شبکه، نشت شبکه نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

در مقاله حاضر تاثیر کاهش فشار بر میزان مصرف مشترکین و جریان ورودی به شبکه نیز مورد بررسی قرار گرفت. تنظیم فشار شبکه توانست میزان جریان ورودی به شبکه را تا ۲۵ درصد کاهش دهد. با توجه به اینکه جریان ورودی به شبکه معرف مصرف مشترکین در شبانه‌روز و همچنین نشت شبکه می‌باشد می‌توان نتیجه گرفت که مدیریت فشار شبکه می‌تواند علاوه بر نشت شبکه، باعث کاهش مصرف اضافی مشترکین گردد. این موضوع در راستای مدیریت تقاضای آب قابل توجه می‌باشد. همچنین با اعمال الگوهای مناسب مدیریت فشار، میزان مصرف مشترکان داخل پایلوت حدود ۲۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد.

همچنین با استفاده از مدل طراحی شده در محیط دو نرم‌افزار WaterGEMS و ArcGIS می‌توان به راحتی گزینه‌های مختلف مدیریت فشار را قبل از اعمال به شبکه واقعی روی مدل تست کرد و نتیجه را مشاهده نمود.

در نهایت می‌توان گفت این بررسی نشان داد که پتانسیل قابل توجهی برای کاهش نشت و مصرف مشترکین در شبکه‌های آبرسانی می‌تواند وجود داشته باشد.

۹. تشکر و قدردانی

نویسندگان از مسئولین محترم شرکت آب و فاضلاب ناحیه دو منطقه یک(شمیرانات) به خاطر همکاری در اجرای این تحقیق کمال سپاسگذاری را دارند.

۱۰. مراجع

1. Chowdhury, M.A.I.,Ahmed, M.F., Bhuiyan, M.A., Rahman, M.H. (1997). "*Uncounted-for water management states in Bangladesh*", Journal of water supply-AQUA, Vol. 46.
2. Thornton, J., Lambert, A. (2006). "*Managing pressure to reduce new breaks*", water 21, Issue DEC., Pages 24-26.
3. Lambert, A. (2003)."What *do we know about pressure-leakage relationships in distribution systems?*", IWA Conference.
4. Lambert, A. (2004)." *Water losses management and techniques*", International Report on Water Loss Management and Techniques.
5. Marunga, A., Hoko, Z., Kaseke, E. (2006)."*Pressure management as a leakage reduction and water demand management tool: the case study of the city of Mutare, Zimbabwe*", ELSEVIER, Available online.
6. Walski, T., Bezts, W., Posluszny, E. T., Weir, M., Whitman, B. E. (2006)." *Modeling leakage reduction through pressure control*", American Water Works Association, Journal AWWA, Vol. 98, No.4.
۷. تابش، مسعود و هومهر، سیاوش، (۱۳۸۶)، "مدیریت نشت در شبکه‌های آبرسانی به وسیله بهینه سازی تنظیم شیرهای فشارشکن با استفاده از الگوریتم ژنتیک"، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۸. کارآموز، محمد و تابش، مسعود و نظیف، سارا و مریدی، علی، (۱۳۸۵)، " مدل مدیریت فشار در شبکه توزیع آب شهری"، هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
۹. جلیلی قاضی‌زاده، محمدرضا و صالحی، ستار، (۱۳۸۶)، " مدیریت فشار در شبکه‌های شاخه‌ای با استفاده از لوله‌های موازی"، ششمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
10. Zimmerman, R., Maixh, F., Pantumsinchai, P. (1987). "*Rational to control unaccounted-for water*", Public Works, Volume 118, Issue 7.
11. Burn, L. S., Silva, D. De., Shipton, R. J. (2002). "*Effect of demand management and system operation on potable water infrastructure coasts*", Sciencedirect, Urban Water, Volume 4, Issue 3.